



# REVISTA Ecuador

XVI  
Simpósio Brasileiro  
de Geografia Física Aplicada

Revista do Programa de Pós-Graduação em  
Geografia da Universidade Federal do Piauí

VOL. 04, Nº 03, Ano 2015  
Edição Especial 02



ISSN - 2317-3491

Apoio:



## **EDITORIAL**

A Coordenação Geral do XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada tem a satisfação de disponibilizar aos palestrantes, simposistas e aos leitores em geral, a Edição Especial da Revista Equador Vol.04, Nº 03, Ano 2015.

Nesta Edição constam os artigos enviados por palestrantes do evento e ainda artigos de simposistas selecionados por uma subcomissão de 03 docentes integrantes da Comissão Organizadora do Evento.

Os artigos apresentam/discutem resultados de pesquisas realizadas pelos vários segmentos da Geografia Física (hidrografia, geomorfologia, climatologia, cartografia, biogeografia, ensino de geografia física, etc.) nas diferentes regiões do território brasileiro, enfatizando suas potencialidades, vulnerabilidades e limitações.

É uma honra para a Revista Equador (ISSN - 2317-3491) vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGGEO/UFPI, divulgar trabalhos de um evento de tamanha importância e de reconhecido valor como o Simpósio Brasileiro de Geografia Física e Aplicada.

Ressaltamos que os dados e informações constantes nos artigos são de inteira responsabilidade dos autores.

Desejamos a todos uma excelente leitura!

**PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. CLÁUDIA MARIA SABÓIA DE AQUINO**  
**COORDENADORA GERAL DO XVI SBGFA**  
**EDITORA CHEFE DA REVISTA EQUADOR**  
TERESINA, AGOSTO DE 2015.

## SUMÁRIO

	Pag.
<b>ANÁLISE ESPACIAL E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA GEOGRAFIA</b> <i>EDUARDO RODRIGUES VIANA DE LIMA</i>	29
<b>BASES CONCEITUAIS PARA ENTENDER GEODIVERSIDADE, PATRIMÔNIO GEOLÓGICO, GEOCONSERVAÇÃO E GEOTURISMO</b> <i>MARCOS ANTONIO LEITE DO NASCIMENTO</i> <i>KÁTIA LEITE MANSUR</i> <i>JASMINE CARDOZO MOREIRA</i>	48
<b>CLIMA URBANO: CONCEPÇÕES TEÓRICAS, METODOLOGIAS, APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS</b> <i>MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM</i>	69
<b>DESERTIFICAÇÃO NO BRASIL: DESAFIOS E AVANÇOS TEÓRICO - METODOLÓGICOS</b> <i>BARTOLOMEU ISRAEL DE SOUZA</i>	86
<b>O GEÓGRAFO-CLIMATOLOGISTA E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA</b> <i>FABIO DE OLIVEIRA SANCHES</i>	101
<b>O DIAGNÓSTICO AMBIENTAL A PARTIR DE UMA VISÃO GEOSISTÊMICA</b> <i>JOSÉ MANUEL MATEO RODRIGUEZ</i>	118
<b>PALEOSUPERFÍCIES E PERFIS DE ALTERAÇÃO ASSOCIADOS: POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES NA RECONSTITUIÇÃO DE PALEOPAISAGENS</b> <i>FRANCISCO SERGIO BERNARDES LADEIRA</i>	134
<b>PLANEJAMENTO PARTICIPATIVO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: ações em desenvolvimento na UGRH Paranapanema - Brasil</b> <i>ANTONIO CEZAR LEAL</i>	146
<b>MAPEAMENTO DE SISTEMAS AMBIENTAIS E APLICAÇÕES PRÁTICAS PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E O ORDENAMENTO TERRITORIAL</b> <i>MARCOS JOSÉ NOGUEIRA DE SOUZA</i>	161
<b>ANÁLISE DE FEIÇÕES DO RELEVO EM TRÊS COMPARTIMENTAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL/BRASIL</b> <i>TARCÍSIO OLIVEIRA DA COSTA</i> <i>AMANDA COMASSETTO LENSSE</i>	174

- ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE FUSÃO DE IMAGENS ALOS E CBERS PARA MAPEAMENTO DE CICATRIZ DE MOVIMENTO DE MASS** 182  
*GRAZIELA MAZIERO PINHEIRO BINI*  
*SELMA REGINA ARANHA RIBEIRO*
- GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE E MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO-TO** 191  
*AION ANGELU FERRAZ SILVA*
- IMPACTOS OBLÍQUOS E A GÊNESE DA ASSIMETRIA GEOMORFOLÓGICA DA CRATERA DE COLÔNIA (SÃO PAULO-SP) A PARTIR DE MORFOMETRIA E DADOS GEOFÍSICOS** 199  
*ANDRÉ HENRIQUE BEZERRA DOS SANTOS*  
*DÉBORAH DE OLIVEIRA*
- MORFOCARACTERÍSTICAS NA FAIXA DE TRANSIÇÃO CUESTA-DEPRESSÃO PERIFÉRICA: ESTUDO DE CASO DE ANALÂNDIA (SP)** 207  
*ESTÊVÃO BOTURA STEFANUTO*  
*CENIRA MARIA LUPINACCI DA CUNHA*
- MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DO ARQUIPÉLAGO DO EMBAUBAL, FOZ DO RIO XINGU – AMAZÔNIA ORIENTAL** 2015  
*EDER MILENO SILVA DE PAULA*  
*ADRYANE GORAYEB*
- ASPECTOS HIDROSEDIMENTAR DO RIO PARAGUAI ENTRE A BAÍA DO PONTO CERTO À FOZ DO CÓRREGO JACOBINA CÁCERES – MATO GROSSO** 222  
*THALES ERNILDO DE LIMA*  
*CRISTIANE DA SILVA*  
*EVANIL ROCHA*  
*JONATHAN ANDERSON DE PAULA*  
*CÉLIA ALVES DE SOUZA*
- GÊNESE MORFOLÓGICA DA BARRA FLUVIAL ENTRE AS ILHAS DO MASSANGANO E DO MAROTO, SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO** 229  
*LUIZ HENRIQUE DE BARROS LYRA*  
*HÉLIO MÁRIO DE ARAÚJO*  
*CRISTIANO APRIGIO DOS SANTOS*  
*LUCAS COSTA DE SOUZA CAVALCANTI*
- ANÁLISE COMPARATIVA DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DE DUAS BACIAS DE PEQUENO PORTE NO ALTO PARANAÍBA – MG** 236  
*RENATO EMANUEL SILVA*  
*SILVIO CARLOS RODRIGUES*
- ANÁLISE DA DISSECAÇÃO DO RELEVO EM ÁREAS DE EXPANSÃO** 244

- URBANA: O CASO DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO (BAURU-SP)**  
*LEONARDO DA SILVA THOMAZINI*  
*CENIRA MARIA LUPINACCI DA CUNHA*
- AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO LAMINAR NA BACIA DO RIO UBERABINHA/MG** 252  
*LÍSIA MOREIRA CRUZ*  
*JOSÉ FERNANDO PINESE JÚNIOR*
- IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS SUSCETÍVEIS A ESCORREGAMENTOS ROTACIONAIS NA FOLHA PAULISTA (1:25:000) – REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE/PE** 260  
*EDMÁRIO MARQUES DE MENEZES JÚNIOR*  
*MARCELO RICARDO BEZERRA DE MIRANDA*  
*OSVALDO GIRÃO DA SILVA*
- ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS SOLOS EM ÁREAS DEGRADADAS POR VOÇOROCAMENTO NA ILHA DO MARANHÃO** 268  
*PAULA RAMOS DE SOUSA*  
*TAIZE CRISTINA RAMOS COSTA*  
*THIAGO PEREIRA SILVA*  
*JOSÉ FERNANDO RODRIGUES BEZERRA*
- O PAPEL DOS DOBRAMENTOS DE FUNDO NA EVOLUÇÃO DO RELEVO DA REGIÃO SERRANA DO ESPÍRITO SANTO: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BENEVENTE** 276  
*ROBERTO JOSÉ HEZER MOREIRA VERVLOET*
- MAPEAMENTO PEDOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE SORRISO-MT** 285  
*TIÉLE LOPES CABRAL*  
*LUIS EUARDO DE SOUZA ROBAINA*  
*IVANIZA DE LOURDES LAZZAROTTO CABRAL*  
*MARCIA ELENA DE MELLO CARDIAS*
- CONCENTRAÇÕES DE MERCÚRIO EM SOLO SOB DIFERENTES USOS E COBERTURA DA TERRA NO INTERFLÚVIO PACIÁ-PURUS-IPP, LÁBREA, SUL DO AMAZONAS** 292  
*JOIADA MOREIRA DA SILVA LINHARES*  
*SEBASTIÃO WARLISON MEDEIROS DE LIMA*  
*DÉBORA PEREIRA LINHARES DA SILVA*  
*WANDERLEY RODRIGUES BASTOS*
- DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE NÍVEIS DEPOSICIONAIS FLUVIAIS COMO EVIDÊNCIA DA FORMAÇÃO DE UM HEMIGRÁBEN NA BACIA DO RIBEIRÃO DO CHIQUEIRO, DEPRESSÃO DE GOUVEIA, SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL/MG** 299  
*PATRÍCIA GARCIA COSTA*  
*GABRIELA FREITAS AVELINO*  
*MARCOS ANTÔNIO ALMEIDA RODRIGUES*  
*MATHEUS DA CRUZ ARMOND*



**ESTRATIGRAFIA E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DAS CAMADAS DE MASSARÁ E SEIXOS EM TERESINA-PI 306**

*BARTIRA ARAÚJO DA SILVA VIANA  
CRISTIANE VALÉRIA DE OLIVEIRA  
IRACILDE MARIA DE MOURA FÉ LIMA  
CARLA IAMARA DE PASSOS VIEIRA*

**A ERODIBILIDADE DOS SOLOS NO MÉDIO E BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MATEUS NUNES (PARATY, RJ) 314**

*SARA REGINA DE ARAÚJO NEVES  
ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA GUERRA  
GABRIEL FINOTTI DOS REIS NUNES  
MARCELO AURELIO PEREIRA DA SILVA*

**EXTRAÇÃO DE LINEAMENTOS PARA A IDENTIFICAÇÃO DE CONTROLES ESTRUTURAIS NO MUNICÍPIO DE MAUÁ DA SERRA – PR 322**

*KARINE BUENO VARGAS  
MICHAEL VINICIUS DE SORDI  
EDIVANDO VÍTOR DO COUTO  
EDISON FORTES*

**MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA FOLHA SC-24-Z-B-IV - ARACAJU, ATRAVÉS DE APLICAÇÕES GEOTECNOLÓGICAS 329**

*RICLAUDIO SILVA SANTOS  
CHARDSON SANTOS MACHADO  
CRISTIANO APRÍGIO DOS SANTOS  
DANIEL RODRIGUES DE LIRA*

**RECONSTITUIÇÃO DE PALEOSUPERFÍCIES DE MAUÁ DA SERRA – PR ATRAVÉS DA TÉCNICA DE SEPPÔMEN 336**

*KARINE BUENO VARGAS  
MICHAEL VINICIUS DE SORDI  
EDIVANDO VÍTOR DO COUTO  
EDISON FORTES*

**CONTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS DE BAIXA INTENSIDADE NOS PROCESSOS EROSIVOS SUPERFICIAIS EM AMBIENTE DEGRADADO 343**

*LEONARDO DOS SANTOS PEREIRA  
MARIA DO CARMO OLIVEIRA JORGE  
ALINE MUNIZ RODRIGUES  
ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA GUERRA*

**TÉCNICAS PEDOMÉTRICAS PARA O MAPEAMENTO DIGITAL PRELIMINAR DE SOLOS DA RESERVA NATURAL SERRA DO ITAQUI, GUARAQUEÇABA, PARANÁ 351**

*MAURIELLE FELIX DA SILVA  
RICARDO MICHAEL PINHEIRO SILVEIRA  
CLAUDINEI TABORDA DA SILVEIRA*

*EDUARDO VEDOR DE PAULA*

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE SOLO DE TALUDES DEGRADADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARANDUBA, UBATUBA/SP** 359

*ALINE MUNIZ RODRIGUES  
LEONARDO DOS SANTOS PEREIRA  
MARIA DO CARMO OLIVEIRA JORGE  
ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA GUERRA*

**NATUREZA DA COBERTURA SUPERFICIAL AO LONGO DE PATAMARES DISSECADOS ENTRE SERRA DA FARTURA (PR/SC) E RIO CHAPECÓ (ABELARDO LUZ/SC) – PLANALTO DAS ARAUCÁRIAS: PRIMEIRA APROXIMAÇÃO** 366

*MARGA ELIZ PONTELLI  
LEONEL MANFREDINI  
DANIELLA ROSA MARQUES DE OLIVEIRA  
ALANA JAQUELINE CAVAZINI*

**UTILIZAÇÃO DE ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS NA ELABORAÇÃO DE UM MAPA PREDITIVO DE SOLOS NA SUB-BACIA DO RIO CORVO – NOROESTE DO ESTADO DO PARANÁ** 372

*JOSÉ GUILHERME DE OLIVEIRA  
ALEXEI NOWATZKI  
LEONARDO JOSÉ CORDEIRO DOS SANTOS*

**MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AREAL GRANDE, CACEQUI / RS.** 379

*IVANIZA DE LOURDES LAZZAROTTO CABRAL  
TIÉLE LOPES CABRAL*

**DELIMITAÇÃO DAS APP'S DE TOPO DE MORROS DA BACIA DO RIO TAGAÇABA (GUARAQUEÇABA-PR) CONFORME DIFERENTES** 386

*AMANDA MACHADO DE ALMEIDA  
EDUARDO VEDOR DE PAULA*

**DINÂMICA HIDROGEOMORFOLÓGICA EM BACIA DE DRENAGEM DE VEREDA – MG** 394

*WALTER VIANA NEVES  
CRISTINA HELENA RIBEIRO ROCHA AUGUSTIN  
FÁBIO SOARES DE OLIVEIRA  
PAULO ROBERTO ANTUNES ARANHA*

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MORFODINÂMICO DO BORDO LESTE DO COMPARTIMENTO NORTE DO TABULEIRO DE FEIRA DE SANTANA-BA** 402

*JOBABE LIRA LOPES LEITE DE SOUZA  
ROSÂNGELA LEAL SANTOS*

**INFILTRAÇÃO DE ÁGUA DE ESCOAMENTO EM SOLOS ARENOSOS COMO CONTRIBUIÇÃO PARA O ENTENDIMENTO DA DINÂMICA** 410

**HIDROLÓGICA EM ÁREAS DE VEREDAS, PERUAÇU-MG**

*RENZO BUTTERS VIOTTI*

*CRISTINA HELENA RIBEIRO ROCHA AUGUSTIN*

**RIO PARNAÍBA: DINÂMICA E MORFOLOGIA DO CANAL FLUVIAL NO TRECHO DO MÉDIO CURSO** 418

*IRACILDE MARIA DE MOURA FÉ LIMA*

*CRISTINA HELENA RIBEIRO ROCHA AUGUSTIN*

**VARIAÇÃO TEMPORAL A SUCCÃO NO DOMÍNIO DA RIZOSFERA EM ENCOSTAS SOB DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA VEGETAL: SUBSÍDIOS AO ESTUDO DOS MOVIMENTOS DE MASSA** 425

*MARIA CLARA DE OLIVEIRA MARQUES*

*ANA LUIZA COELHO NETTO*

*ANDERSON MULULO SATO*

**ORIGEM DA MATÉRIA ORGÂNICA EM SOLOS DA PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO PARDO (SP) ATRAVÉS DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS DE CARBONO E NITROGÊNIO** 432

*ANDRÉ LUIZ DE SOUZA CELARINO*

*FRANCISCO SÉRGIO BERNARDES LADEIRA*

**PEDOGÊNESE DE SOLOS ANTRÓPICOS: AS TERRAS PRETAS E TERRA MULATA DO BAIXO AMAZONAS** 440

*JUCILENE AMORIM COSTA*

*MARCONDES LIMA DA COSTA*

*DIRSE CLARA KERN*

*CELINA MARQUES DO ESPÍRITO SANTO*

**AVALIAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL E DA PERDA DE SOLO SOB DIFERENTES COBERTURAS E DECLIVIDADES EM SILVA JARDIM, RJ** 448

*HUGO M. RODRIGUES*

*GUSTAVO M. VASQUES*

*MARCELO W. LEMES*

*REINER O ROSAS*



## ANÁLISE ESPACIAL E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA GEOGRAFIA

**EDUARDO RODRIGUES VIANA DE LIMA**

Professor Associado do Departamento de Geociências  
e dos Programas de Pós-Graduação em Geografia e em  
Desenvolvimento e Meio Ambiente da  
Universidade Federal da Paraíba  
Pesquisador CNPq – Nível 2  
eduavianalima@gmail.com  
<http://lattes.cnpq.br/2941361024141417>

**Resumo:** Neste artigo faz-se uma abordagem teórica sobre o uso da análise espacial como principal recurso disponível nos sistemas de informação geográfica, e sua aplicabilidade nos estudos dos fenômenos geográficos. São considerados os pressupostos teóricos da análise espacial no âmbito da ciência geográfica, assim como as técnicas de análise espacial que devem ser apreendidas, não como uma aplicação mecânica, mas que permitam mensurar propriedades e relacionamentos que possam explicar como ocorrem os fenômenos geográficos e identificar as formas espaciais complexas existentes na atualidade. Nessa perspectiva, considera-se que os procedimentos de análise espacial só poderão ser aplicados quando se busca enfatizar o arranjo geométrico de padrões de fenômenos. Diante dessa afirmativa, são feitas considerações sobre o uso da análise espacial, através dos sistemas de informações geográficas, nos estudos da paisagem e no ordenamento territorial. As considerações finais são feitas no sentido de destacar que, devido à diversidade de abordagens de como pesquisar o objeto de estudo da Geografia, cabe ao pesquisador definir como e onde poderá fazer uso da análise espacial com os SIG's, para não incorrer em equívocos de interpretação dos fenômenos. Deve-se levar em consideração que a oferta cada vez maior de pacotes computacionais para o tratamento da informação geográfica, pode induzir ao seu uso inadequado, caso não existam os cuidados necessários com as bases teóricas e metodológicas da análise espacial aplicáveis na Geografia.

Palavras chave: Análise espacial; SIG; Geografia; Paisagem; Ordenamento territorial.

## SPACE ANALYSIS AND INFORMATION SYSTEMS GEOGRAPHICAL IN GEOGRAPHY

**Abstract:** This article makes a theoretical approach to the use of spatial analysis as the main resource available in geographic information systems, and its applicability in the study of geographic phenomena. The theoretical assumptions of spatial analysis are considered in the context of geographical science, and spatial analysis techniques that should be seized, not as a mechanical application, but allow to measure properties and relationships that might explain how geographic phenomena occur and identify complex spatial forms existing today. From this perspective, it is considered that the spatial analysis procedures can only be applied when seeking to emphasize the geometric arrangement of phenomena standards. Given this statement, we discuss the use of spatial analysis, through geographic information systems, landscape studies and territorial planning. The final considerations are made to highlight that due to the diversity of approaches to searching the geography of the subject matter, it is up to the researcher to define how and where you can make use of spatial analysis with SIG's, not

to incur misunderstandings interpretation of phenomena. One should take into consideration that the increasing supply of computer packages for the treatment of geographic information, can lead to their misuse, in the absence of the necessary care with the theoretical and methodological bases of spatial analysis to be used in geography.

Key words: Spatial analysis; GIS; Geography; Landscape; Land use planning.

## ANÁLISIS ESPACIAL Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN GEOGRAFÍA

**Resumen:** En este artículo se hace una aproximación teórica a la utilización de análisis espacial como el principal recurso disponible en los sistemas de información geográfica, y su aplicabilidad en el estudio de los fenómenos geográficos. Los supuestos teóricos de análisis espacial se consideran en el contexto de la ciencia geográfica y técnicas de análisis espacial que deben ser aprovechadas, no como una aplicación mecánica, pero permiten medir las propiedades y relaciones que podrían explicar cómo se producen los fenómenos geográficos e identificar formas espaciales complejas existentes en la actualidad. Desde esta perspectiva, se considera que los procedimientos de análisis espacial sólo se pueden aplicar cuando se trata de enfatizar la disposición geométrica de los padrones de fenómenos. Teniendo en cuenta esta declaración, se discute el uso de análisis espacial, a través de sistemas de información geográfica, estudio del paisaje y planificación territorial. Se formulan las consideraciones finales de destacar que, debido a la diversidad de enfoques para la búsqueda de la geografía de la materia, corresponde al investigador para definir cómo y dónde se puede hacer uso del análisis espacial con SIG`s, para no incurrir en malentendida interpretación de los fenómenos. Debe tener en cuenta que el aumento de la oferta de paquetes informáticos para el tratamiento de la información geográfica, puede conducir a su mal uso, en ausencia de los cuidados necesarios con las bases teóricas y metodológicas de análisis espacial que se utilizará en la geografía.

Palabras clave: Análisis espacial; SIG; Geografía; Paisaje; Ordenamiento territorial.

## PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DA ANÁLISE ESPACIAL NA GEOGRAFIA

A indagação inicial a ser feita neste texto, é a de como estão sendo explorados os recursos da análise espacial disponíveis dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG`s), considerando que a Geografia tem princípios teóricos e metodológicos estabelecidos e diferenciados sobre como se comportam e podem ser estudados os fenômenos geográficos.

Diante das diversificadas formas de como os SIG`s podem ser utilizados, e também da afirmativa anterior, serão considerados, nas reflexões que serão feitas posteriormente, os aspectos relacionados com os conceitos e paradigmas da análise espacial, como sendo o principal recurso disponível nesses sistemas para o estudo desses fenômenos.

Sendo assim, é importante, inicialmente, conceituar e entender o que é análise espacial e como a mesma se efetua no âmbito da Geografia, através dos SIG`s.

Existem diversos conceitos de análise espacial, tanto oriundos da Geografia como de outras áreas do conhecimento que utilizam dados espaciais. Numa perspectiva geográfica, e nos primórdios da escola locacional, Hagerstrand (1968) considerou a análise espacial como sendo “um tipo de análise quantitativa recentemente incorporada à Geografia, baseada em um estudo aprofundado dos padrões de pontos, linhas, áreas e superfícies, dispostos em mapas e definidos por coordenadas geográficas”.

Vários anos depois, Bavoux (2010) considerou que “o objetivo da análise espacial é estudar as sociedades através de suas dimensões espaciais, levando em consideração o conjunto das interações homem/espço”.

Estas concepções estão, na realidade, fundadas na tradição geométrica ou espacial da Geografia anglo-saxônica do século XX, já mencionada por Ferreira (2007). Ainda segundo Ferreira (2007), que se fundamentou em Sack (1974), esta abordagem está ancorada na escola espacial, que “ênfatiza o arranjo geométrico de padrões de fenômenos”, com um apelo nitidamente nomotético e cartográfico, diferentemente do que preceitua a escola corológica, que “ênfatiza a natureza e as relações entre lugares ou regiões específicas”, desta feita com um apelo ideográfico, utilizado para estudos de diferenciação e integração areal. O autor destaca ainda que, embora possam ser concepções antagônicas, o são complementares, vistas como teses e antíteses em uma dialética geográfica.

O que preceitua esta escola do pensamento geográfico, na realidade, é que se deve focar o arranjo espacial dos fenômenos espaciais e não o fenômeno em si (Sack, 1974), destacando a importância do geométrico na análise dos fenômenos geográficos, revelando que a distribuição espacial dos fenômenos é o objetivo central da escola espacial (Ferreira, 2007).

Ferreira (2014) comenta que “na escola locacional reúnem-se disciplinas geográficas cujo conhecimento baseia-se em paradigmas geométricos, como é o caso da cartografia e da análise geoespacial”. Dessa forma, ainda segundo Ferreira (2014), “o mapa é um exemplo de generalização e de modelo espacial, e as relações entre dados espaciais organizados em mapas seriam regidas por modelos geométricos e leis estatísticas convertidos em comandos de um SIG”.

Na perspectiva de quem trabalha com a nova Ciência da Informação Geográfica, da qual os SIG`s são sistemas que operacionalizam a modelagem geográfica de fenômenos (Matos, 2008), e não necessariamente com Geografia, a análise espacial “inclui todas as transformações, manipulações e métodos que podem ser aplicados aos dados geográficos para adicionar valor a eles, para apoiar decisões e para revelar padrões e anomalias que não são

óbvios à primeira vista” (Longley et al., 2013). Ainda segundo Longley et al. (2013), “a análise espacial pode revelar coisas que, de outro modo, seriam invisíveis – ela pode tornar explícito o que está implícito”.

Na realidade, o que se percebe é que os SIG`s são sistemas que permitem a manipulação de entidades geométricas que possuem, por sua vez, uma conotação geográfica, permitindo que se realizem operações geométricas e estatístico-matemáticas para identificar diferentes fenômenos geográficos.

Na Geografia, essa forma de encarar os fenômenos que ocorrem no espaço geográfico pode ser encarada de forma natural, quando são considerados apenas aspectos do meio físico, entretanto quando são abordados aspectos da sociedade, torna-se de difícil aceitação a explicação dos fenômenos na perspectiva da escola espacial, ou seja, privilegiando-se o geométrico, a localização, e não o fenômeno.

Isso ocorre de forma mais exacerbada em algumas correntes do pensamento geográfico, que abordam questões da fenomenologia, do marxismo, da história, etc. Busca-se estudar o fenômeno em si e, quando possível, representá-lo, através de documentos cartográficos. Nesses casos, os recursos da análise espacial disponíveis nos SIG`s não são utilizados, uma vez que não são capazes dar as respostas necessárias para a compreensão dos fenômenos, que algumas vezes não têm expressão espacial.

Esses aspectos são reconhecidos mesmo por pesquisadores que utilizam os SIG`s e não são geógrafos, quando visualizam a estreita vinculação desses sistemas com as bases teóricas e epistemológicas da Geografia (Câmara, Monteiro e Medeiros, 2001). Sendo assim, reconhecem as diferentes concepções de espaço geográfico adotadas pela Geografia Regional, pela Geografia Quantitativa, pelo que chamaram de Geografia do Tempo e pela Geografia Crítica.

Câmara et al. (2004), inclusive, mencionam Milton Santos, que considera que o espaço é composto de formas e funções e estruturas e processos. Nessa perspectiva, a análise espacial possibilita que se caracterizem as formas de organização espacial, mas não as funções, e se identifiquem as estruturas e não os processos. É outra forma de dizer que o que se busca é a identificação do arranjo espacial dos fenômenos espaciais e não o fenômeno em si. “A relação entre estrutura e processo poderá ser resolvida quando da combinação entre as técnicas analíticas (que descrevem a estrutura de organização do espaço) e o especialista (que compreende o processo).

Nesse sentido, a contribuição do geógrafo é fundamental para utilizar os recursos da análise espacial disponíveis nos SIG`s e aplicá-los adequadamente nos estudos dos fenômenos geográficos, uma vez que tem o conhecimento de ambos.

Mas diante do que foi exposto sobre as dificuldades de utilizar a análise espacial em algumas concepções de espaço existentes na Geografia, cabe identificar onde poderá ser adequadamente aplicada e onde poderá dar importantes contribuições.

## **ANÁLISE ESPACIAL E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA**

Para que se possa falar do uso de técnicas e métodos de análise espacial nos estudos dos fenômenos geográficos através dos SIG`s, é importante lembrar que as bases do pensamento espacial na Geografia foram determinantes para o desenvolvimento das ferramentas de análise espacial disponíveis nesses sistemas. Conforme destaca Ferreira (2014), “é sempre oportuno lembrarmos mais uma vez que muitos dos algoritmos de análise geoespacial para SIG baseiam-se em paradigmas da escola espacial da Geografia anglo-saxônica dos meados do século XX”.

Portanto, deve-se ter em mente que a utilização de SIG`s para estudos de diferentes temáticas que possuem uma expressão espacial, não significa simplesmente a aplicação mecânica de uma ou outra técnica, mas, muito, além disso, a busca pela mensuração de propriedades e relacionamentos que possam explicar como ocorrem os fenômenos geográficos e como identificar as formas espaciais complexas existentes na atualidade. E, além disso, e o que talvez seja o mais importante, como salienta Ferreira (2014), “não basta saber apenas como usar os comandos do sistema, mas saber o que cada comando faria se ele não estivesse no computador”.

Provavelmente, devido o uso ter sido realizado sem que esses cuidados tenham sido observados, e haver uma predisposição pela não aceitação dos princípios epistemológicos da escola espacial na Geografia, é que tenha ocorrido uma interpretação equivocada da análise espacial realizada através dos SIG`s, proporcionando reações negativas da comunidade geográfica brasileira. Por um lado, segundo Ferreira (2014), houve uma evasão parcial de pesquisadores no uso de SIG`s na pesquisa geográfica, e por outro, um desinteresse pelo uso, pelo fato de não serem considerados relevantes os resultados obtidos com a aplicação da análise espacial nos estudos geográficos. Quando muito, esses pesquisadores enxergam nos SIG`s apenas novas possibilidades de representar e armazenar dados espaciais.

Dessa forma, mais do que mencionar e enumerar técnicas de análise espacial, é importante contextualizá-la em relação a grandes temas, aos quais vão estar relacionadas essas técnicas, conforme fizeram Gatrell (1983), Ferreira (2014) e Longley et al. (2013).

Sendo assim, Gatrell (1983) definiu três temas fundamentais, quais sejam: arranjo espacial, processos espaço-tempo e predição ou modelagem espacial.

Ferreira (2014) agrupou os temas considerando a distribuição e o arranjo espacial de pontos e áreas, a interação espacial, as superfícies geográficas e a modelagem.

Longley et al. (2013), por sua vez, agruparam o que denominam de métodos, em análise geográfica e modelagem. Os métodos de análise geográfica são considerados como de análise de dados espaciais e de análise espacial e inferência. No primeiro caso são definidos em torno dos conceitos de localização, distância e área, e no segundo, em torno dos conceitos de área, centralidade, superfície, design e inferência estatística.

Sejam quais forem as formas de agrupamento em temas, os princípios da análise espacial são basicamente os mesmos desde que surgiram, e podem diferenciar em função dos recursos disponíveis nos SIG's.

Cientes de quais princípios teóricos e epistemológicos estão sendo considerados nos estudos geográficos, que vão fundamentar e justificar os resultados a serem obtidos e as conclusões a serem atingidas, é importante embasar o correto uso dos princípios da análise espacial.

Então, para um adequado e justificado uso das técnicas de análise espacial, o pesquisador deve ter algumas habilidades, que foram mencionadas por Nyerges e Golledge (1987) e por Ferreira (2014):

- dominar conceitos espaciais básicos como distribuição, localização, padrão, associação, hierarquia, redes e forma;
- orientar espacialmente o pensamento, com o objetivo de intuir, observar, definir, associar, comparar e interpolar eventos espaciais;
- entender de que maneira os eventos espaciais ocorrem ou arranjam-se no espaço;
- decifrar as relações espaciais existentes entre pessoas, lugares e ambientes.

Essas habilidades podem e devem ser utilizadas em estudos de fenômenos geográficos que possibilitam o uso dos princípios teóricos mencionados anteriormente. Embora existam muitas situações nas quais a análise espacial possa ser aplicada, neste trabalho serão considerados os estudos da paisagem e do ordenamento territorial.



## **ANÁLISE ESPACIAL NOS ESTUDOS DA PAISAGEM**

Neste tópico serão abordados alguns aspectos relacionados com a possibilidade de uso da análise espacial nos estudos da paisagem.

### **CARTOGRAFIA AMBIENTAL**

Inicialmente cabe destacar a necessidade de uso das representações cartográficas nesses estudos. Zacharias (2010) chama a atenção de que “a representação cartográfica tem suma importância no processo de planejamento ambiental”, uma vez que possibilita fornecer uma ideia integradora do estado e da situação espacial da paisagem.

Essas representações cartográficas podem ser consideradas em duas situações: como o produto parcial ou final de um trabalho, quando as unidades integradas de paisagem foram identificadas no campo e/ou em produtos do sensoriamento remoto; como dados espaciais (mapas analíticos) que podem ser submetidos a técnicas de análise espacial, possibilitando que o produto a ser gerado (mapa síntese das unidades de paisagem) a partir dessas, seja ele parcial ou final, resulte do processamento que foi realizado sobre os dados espaciais.

É com base nisso que Cavalcanti (2014) comenta sobre as diferentes formas de representação das paisagens. Entre essas representações, menciona que existem as seções-tipo, os quadros de correlação, a cartografia baseada em dados de campo, a cartografia por interpretação de dados temáticos e imagens e a modelagem cartográfica.

Evidentemente não é em todos os estudos da paisagem que a modelagem cartográfica (análise espacial) pode ser convenientemente utilizada.

Entre as situações nas quais as técnicas de análise espacial são utilizadas, está a definição de unidades ambientais homogêneas, preconizadas nos zoneamentos ambientais e no planejamento ambiental.

Reforçando isso, Zacharias (2010) afirma que “o zoneamento ambiental constitui uma técnica caracterizada pelo ordenamento, em áreas homogêneas, das zonas que possuem um potencial de uso ambiental e o que determina esse potencial é a análise integrada dos elementos da paisagem”.

Santos (2004) menciona que nas abordagens qualitativas, o método mais usual de integração de dados, entre os quais os elementos da paisagem, é o de sobreposição de mapas

através de um SIG. Com esse método é possível gerar um mapa-síntese, que vai representar unidades territoriais ou zonas ambientais.

Fidalgo (2003) comenta que há muitos métodos de análise espacial sendo utilizados no planejamento ambiental, entre os quais o de sobreposição de mapas. Esse método tem sido aplicado em estudos de qualidade ambiental, planos de conservação, mas, sobretudo na elaboração de zoneamentos dos tipos agroecológico, geoambiental, ambiental e ecológico-econômico.

Conforme foi tratado inicialmente sobre as bases teóricas e epistemológicas do espaço geográfico e a sua relação com a análise espacial, é importante buscar também as bases teóricas para o estudo da paisagem nos zoneamentos ambientais. Nesse aspecto, Zacharias (2010) destaca as abordagens da teoria geral dos sistemas, dos geossistemas, da fisiologia da paisagem e da ecologia da paisagem. Um aspecto comum nessas abordagens é o fato de que todas utilizam a representação cartográfica para espacializar a paisagem e, portanto, são passíveis da aplicação das técnicas de análise espacial.

Entretanto, embora o apelo dessas teorias e paradigmas seja por uma cartografia integradora (a cartografia das paisagens), Zacharias (2010) verifica que a representação gráfica das paisagens se dá de forma analítica, fragmentada e, às vezes, exaustiva, não permitindo que a espacialização e a análise conjunta da dinâmica processual no espaço geográfico seja imediata, de fácil apreensão.

Embora a técnica da sobreposição de mapas consiga solucionar o problema da exaustividade de informações, possibilitando definir unidades espaciais integradoras no mapa-síntese das paisagens, ainda assim incorre no problema de que as unidades de paisagem são definidas pela simples justaposição de produtos cartográficos analíticos. Nesse aspecto, perde-se de vista o fato de que as unidades de paisagem são resultado da integração dinâmica dos elementos naturais e produzidos pelo homem, representando mais do que a soma de partes fragmentadas.

Essa limitação perdurará devido aos princípios inerentes da sobreposição de mapas em SIG's, seja através da álgebra booleana ou da álgebra tradicional.

Uma alternativa a esse problema foi adotada por Crepani et al. (2001), quando fez uma proposição metodológica para o uso dos SIG's no Zoneamento Ecológico-Econômico. A proposta é a definição do que se denominou de Unidade Territorial Básica (UTB), como unidade espacial integradora. Segundo os autores, "as unidades de paisagem natural, enquanto unidades territoriais básicas passíveis de georreferenciamento contém uma porção do terreno

onde se inscreve uma combinação de eventos e interações, visíveis e invisíveis, cujo resultado é registrado e pode ser visto na forma de imagem fotográfica de um determinado momento, representando um elo de ligação entre a Geografia e a Ecologia”.

Essas unidades são definidas, não por meio de técnicas de análise espacial, mas pela interpretação de produtos do sensoriamento remoto. Definidas as UTB's, pode ser utilizada a álgebra de mapas para identificação, por justaposição dos produtos temáticos analíticos, da morfodinâmica dessas unidades, a partir dos princípios da Ecodinâmica (Tricart, 1977).

Outra alternativa para esse problema, mas utilizando basicamente recursos da análise espacial, é o uso da estatística multivariada. Segundo Santos (2004), “pela análise multivariada pode-se avaliar as tendências de variação de grupos de variáveis espacialmente relacionadas, sem necessidade de fazer suposições a priori sobre aquelas que vão desempenhar um papel importante na diferenciação de setores espaciais”. Nesse aspecto, as unidades de paisagem definidas não são necessariamente resultantes da justaposição de temas.

Uma outra abordagem da paisagem mencionada por Zacharias (2010), que tem grande potencial de aplicação da análise espacial, mas com uma perspectiva diferente das tratadas até o momento, é a da ecologia da paisagem. Essa recente área do conhecimento tem bases tanto geográficas como ecológicas.

As bases geográficas da ecologia da paisagem estão fundamentadas numa visão integradora, que inclui as intervenções humanas e os aspectos geobiofísicos. Nesse caso, a paisagem é caracterizada tanto no sentido horizontal como vertical, ou seja, as unidades de paisagem são individualizadas, levando-se em consideração não só os aspectos visíveis da cobertura e do uso do solo, mas também seus atributos ou suas características geofísicas (solos, rochas, formas de relevo).

Por outro lado, as bases ecológicas da ecologia da paisagem estão fundamentadas apenas nos elementos visíveis da paisagem (Forman e Godron, 1986), que possam compor padrões e estruturas espaciais. Esses elementos podem ser manchas, corredores e matrizes, ou ainda podem ser considerados nos níveis de manchas, classes e da paisagem como um todo.

Segundo Metzger (2001), essa concepção de paisagem foi influenciada pela ecologia de ecossistemas, pela modelagem e pela análise espacial, que possibilitam o uso de procedimentos métricos de quantificação da estrutura da paisagem. Sendo assim, é uma área na qual as técnicas de análise espacial disponíveis nos SIG's são muito apropriadas.

Santos (2004) exemplifica bem as diferenças entre uma unidade de paisagem de abordagem ecológica e de abordagem geográfica, usando para isso um remanescente florestal.

Na primeira situação, como é considerado apenas o eixo horizontal, todo o remanescente é uma unidade de paisagem. Na segunda situação, como são considerados os eixos horizontal e vertical, o remanescente pode ser desdobrado em diferentes unidades de paisagem, caso o solo e o relevo se diferenciem.

Ainda são poucos os trabalhos no âmbito da Geografia que utilizam a abordagem ecológica da ecologia da paisagem, entretanto cabe destacar a contribuição de Lang e Blaschke (2009), notadamente no uso dos SIG's para a análise da paisagem nessa perspectiva. Os autores mostram claramente o potencial da análise espacial existente nesses sistemas para a quantificação da estrutura da paisagem.

## **CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA**

A cartografia geotécnica será aqui considerada, devido basicamente a dois aspectos: primeiro, porque aborda elementos da paisagem na geração dos documentos cartográficos, principalmente quando se trata da geotecnia ambiental; e segundo, porque utiliza procedimentos de análise espacial para definir as unidades básicas dos mapas geotécnicos, através de princípios do zoneamento.

Segundo Zuquette (1987) e Zuquette e Gandolfi (2004), os recursos mais utilizados no mapeamento geotécnico para definição das unidades básicas, sejam através de procedimentos manuais ou automatizados, são sobreposição simples, matrizes, classes taxonômicas, árvore lógica, hierarquização, métodos estatísticos e métodos determinísticos.

Entre os métodos citados, que também são utilizados na cartografia da paisagem e têm estreita vinculação com os procedimentos de análise espacial, estão os métodos da sobreposição simples e os métodos estatísticos.

Embora seja o mais utilizado, o método da sobreposição é o que pode provocar problemas de unidades fictícias e uma excessiva subdivisão das unidades básicas, devido a alguns produtos cartográficos analíticos utilizados. Para que seja obtido um bom resultado com o seu uso, deve haver uma boa seleção, hierarquização e combinação dos produtos que venham a ser utilizados.

Os métodos estatísticos, segundo Zuquette e Gandolfi (2004), “consideram os diferentes atributos do meio físico que permitem a definição quantitativa de uma unidade para um zoneamento específico”. A análise multivariada possibilita o tratamento de um grande grupo de atributos e tem apresentado bons resultados.

Em princípio a cartografia geotécnica pode parecer uma temática relacionada apenas com os componentes do ambiente geológico que são importantes para as atividades de engenharia e construção. Entretanto, como também considera aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos, torna-se um importante instrumento para o planejamento ambiental e o ordenamento territorial, e, portanto, para a Geografia.

Dessa forma, é um campo profícuo de produção de informações para a Geografia e para a tomada de decisões, com o uso da análise espacial em SIG`s, sem grandes restrições teóricas e metodológicas.

## **ANÁLISE ESPACIAL NO ORDENAMENTO TERRITORIAL**

Outra área que tem feito uso intensivo das possibilidades de análise espacial em SIG`s, é a do ordenamento territorial, principalmente considerando a componente ambiental.

Inicialmente é importante expor as bases teóricas sobre território com o enfoque ambiental, para que seja possível discutir posteriormente as questões sobre o ordenamento nessa perspectiva.

Segundo Saquet (2013), o território é um conceito complexo, substantivado por vários elementos, no nível do pensamento e em unidade com o mundo da vida.

Na própria Geografia existem distintas abordagens e concepções do conceito de território, que foram formuladas nas últimas décadas. Mas, considerando a temática ora abordada, pretende-se dar destaque às relações entre território e paisagem.

Nesse sentido, Saquet (2013) menciona que “na renovação da Geografia no pós-1960-70, emerge um entendimento fecundo do conceito de paisagem, para além de descrições, reconhecendo aspectos inerentes às relações sociais.

Surgem, então, três abordagens identificadas por Saquet (2013) como historicista e materialista, humanística e interativa. Esta última é a que mais se ajusta com as abordagens aqui adotadas, visto que é a que reconhece a “objetividade e subjetividade da paisagem, com uma tendência significativa à representação e à gestação de planos de desenvolvimento no nível do lugar”. Nessa perspectiva estão as contribuições de pesquisadores de vários países, entre os quais Bertrand, Tricart e Sochava.

Nessa linha de raciocínio, Saquet (2013) entende que “é possível se efetivar uma abordagem híbrida desta relação, compreendendo a paisagem como representação na análise

do território e, como lugar, ou seja, como produto histórico, material e representado, simultaneamente”.

Ainda segundo Saquet (2013), “a paisagem pode ser compreendida como o aparente, o observado, o percebido, o representado, mas não está descolada da (i) materialidade do território”. A paisagem, então, pode ser o elemento através do qual podem ser efetivadas as intervenções sobre o território para o desenvolvimento e melhoria das condições de vida, materializadas pelos planejamentos territoriais, e que estão relacionados com a ideia de ordenamento territorial.

Os planejamentos territoriais, entretanto, não estão relacionados apenas a essa concepção de território adotada pela Geografia, mas vão além, e são adotados também por outras áreas do conhecimento, que consideram, principalmente, as questões de ordem econômica para o ordenamento territorial. Nesse sentido, Correia (1993) comenta que “o ordenamento do território privilegiou originariamente a valorização do espaço numa perspectiva de política econômica, através do estímulo à descentralização industrial e ao desenvolvimento da economia (Alteração do panorama de desequilíbrio regional)”.

O ordenamento do território surge, então, em meados do século XX na França (“aménagement du territoire”), como um novo conceito de planejamento do espaço, dirigido a áreas geográficas mais vastas e constituído por interesses mais abrangentes, diferente do que era definido na origem da ideia de ordenamento territorial (atividade planificadora), que esteve vinculada originalmente aos espaços urbanos.

Diversas iniciativas de ordenamento territorial ocorreram na Europa a partir de meados do século XX, que serviram de base para a elaboração, pelo Conselho de Europa (1987), da Carta Europeia de Ordenação do Território - C.E.O.T. em 1983.

Segundo esse documento, o ordenamento territorial “é a expressão espacial das políticas econômica, social, cultural e ecológica da sociedade. É uma ação que se desenvolve numa perspectiva interdisciplinar e integrada, buscando o desenvolvimento socioeconômico e equilibrado das regiões, a melhoria da qualidade de vida, a gestão responsável dos recursos naturais, a proteção do meio ambiente e, por último, a utilização racional do território”.

Posteriormente, surgiu a Perspectiva Europeia de Ordenação Territorial (PEOT), como um novo instrumento de reflexão que foi formulado no final da década de 1990, e que tem quatro grandes metas (Gómez Orea, 2008):

- A coesão econômica e social;
- O desenvolvimento sustentável;



- Uma maior competitividade;
- A cooperação transnacional e transfronteiriça.

Em 1999 se estabelece a Estratégia Territorial Europeia (ETE), que está fundada em três eixos:

- Desenvolvimento territorial policêntrico e nova relação entre o campo e a cidade;
- Acesso equivalente às infra-estruturas e ao conhecimento;
- Gestão prudente da natureza e do patrimônio cultural.

Com esses instrumentos, buscou-se uniformizar as ações de ordenamento territorial na união europeia, possibilitando que houvesse um uso racional e equilibrado do território.

Segundo Frade (1999), o ordenamento territorial tem sido preconizado por ações de Estado, segundo as quais, procura-se “uma melhor repartição dos homens em função dos recursos naturais e das actividades económicas”.

Gómez Orea (2008), baseando-se na C.E.O.T., afirma que, na atualidade, o ordenamento territorial é considerado como “uma disciplina técnica, que incorpora elementos de percepção e preferência social, e se aplica de forma multi e interdisciplinar, na consecução de dois objetivos básicos: a correção de desequilíbrios territoriais e a localização espacial das atividades humanas no espaço onde se aplica de acordo com certos critérios e prioridades”. Além disso, ainda afirma que o ordenamento territorial é utilizado “como um instrumento preventivo de gestão ambiental enquanto controla a localização e o comportamento das atividades humanas e como enfoque e metodologia para planificar o desenvolvimento”, incorporando as questões social, econômica e ambiental, da qualidade de vida.

Percebe-se, diante do que foi exposto, que o ordenamento territorial privilegia a componente espacial, abrindo espaço para que as técnicas de análise espacial sejam um importante instrumento de tratamento das informações. Frade (1999), em relação a isso, comenta que inúmeros autores assinalam, como principal finalidade do ordenamento territorial, a correção dos efeitos que as diversas atividades humanas originam no espaço geográfico, e alguns deles reforçam esse entendimento ao declarar que o ordenamento territorial deve prestar uma atenção especial ao seu principal objeto, o “espaço”.

Considerando esse fato, a operacionalização do ordenamento territorial vai se efetivar com o tratamento da informação espacial, que deve ser feito utilizando-se SIG`s, no sentido

de gerar diferentes resultados, e entre os mais importantes, a definição das unidades espaciais de intervenção.

Gómez Orea (2008) aborda como é importante o âmbito espacial do plano de ordenamento territorial, considerando a extensão dos fenômenos a analisar e a viabilidade funcional das medidas que serão adotadas. Nesse caso, “o problema da delimitação consiste, pois, em identificar os indicadores que definem a homogeneidade, os que medem a intensidade e direção das interações (o funcionamento mais ou menos polarizado) e os que identificam a consciência regional, e em aplicar um método determinado, cartográfico: por exemplo, superposição, ou numérico: técnicas de agrupamento, por exemplo; e tudo em função dos objetivos perseguidos”.

Mais objetivamente, o autor comenta que “os dados representados em mapas que refletem a distribuição espacial das variáveis, permitem utilizar técnicas de superposição e análise visual qualitativa que facilitam a identificação de áreas homogêneas”. Quando os dados espaciais estão armazenados em meio digital, mais especificamente no formato matricial, o autor afirma que podem ser feitos “agrupamentos mediante técnicas de estatística descritiva e multivariada. As mais úteis para a identificação de regiões homogêneas são as técnicas de classificação como Medidas de similaridade, Coeficientes de Correlação entre unidades, Coeficientes de Correlação de intervalos de Spearman, Kendal ou Hoeffding, Distância Euclidiana, Técnicas de “clustering” ou Agrupamento, Análise Discriminante, Análise Fatorial, Polígonos de Thiessen, etc. Para a obtenção de regiões polarizadas, podem ser utilizados Grafos de Interação, Cadeias de Markov, Análise de Componentes Principais, Análise Fatorial, Técnicas de “clustering”, Modelos Gravitacionais, etc”.

Também da Espanha, país que tem grande tradição em planos de ordenamento territorial, outros autores mostram a estreita vinculação que existe entre o ordenamento e a gestão do território com os SIG`s e com a análise espacial (Delgado e Cano, 2005 e Jiménez, Buzai e Díaz, 2012).

Delgado e Cano (2005) destacam que a integração dos SIG`s com a avaliação multicriterial, constitui-se em importante ferramenta para processos de planificação econômico-social e física, e de ordenamento do território. Nesse sistema geral de planificação, a gestão e as respostas espaciais são obtidas com os SIG`s e a integração desses sistemas com técnicas de avaliação multicriterial. Nessa perspectiva, adota-se a modelagem cartográfica como recurso para a avaliação de soluções espaciais mais adequadas, e é nesse momento que há uma grande contribuição dos SIG`s, através das técnicas de análise espacial.

Aronoff (1989) destaca que “a informação espacial junto com uma série de funções disponíveis nos SIG`s, associadas a outras técnicas analíticas, podem ser utilizadas para obter nova informação resultante da análise da original. Este processo relacionado ao modelado espacial fornece uma aproximação sistemática para definir a informação necessária e o procedimento de análise para obtê-lo”.

Jiménez, Buzai e Díaz (2012) destacam que os avanços das tecnologias da informação geográfica e especialmente dos SIG`s, têm mudado o panorama dos processos de decisão espacial. Os SIG`s têm sido utilizados como suporte para as políticas e estratégias de ordenamento territorial, ambiental e setorial, assim como para a gestão pública e participação da sociedade. Nesta obra que coordenam, apresentam conceitos básicos, metodologias, tecnologias e técnicas geográficas de análise e formação de decisões territoriais e ambientais apoiadas no uso de SIG`s e softwares estatísticos e gráficos de apoio.

A obra procura abarcar as etapas do que se considera o plano de ordenamento territorial, que envolve (1) Fase preparatória, (2) Análise do diagnóstico territorial, (3) Planificação territorial e (4) Gestão territorial. Sendo assim, aborda técnicas e tecnologias geográficas para o diagnóstico sócio-territorial e ambiental, procedimentos de ajuda nas decisões territoriais com modelos de localização ótima e procedimentos de ajuda nas decisões territoriais com avaliação multicriterial.

No que diz respeito aos diagnósticos sócio-territorial e geoambiental, os autores se baseiam em Moreno e Vinuesa (2009) para definir a metodologia a ser utilizada, na qual os procedimentos de análise espacial são utilizados nas segunda e terceira fases. Na segunda fase obtém parâmetros e mapas expressando a situação e evolução dos desequilíbrios/desigualdades, através de análise estatística e cartográfica, com o uso de técnicas de estatística descritiva e de coeficientes sintéticos, uni e bivariados, tais como de centralidade e variabilidade, índice de convergência sigma, coeficientes de concentração, segregação, correlação, ajustes linear e Lowess. Na terceira fase são obtidos resultados com base no uso de técnicas estatísticas e de análise espacial (análise fatorial), para identificar as desigualdades/desequilíbrios, conflitos, etc., e gerar uma tipologia espacial inspirada no princípio da similitude entre zonas.

Nas decisões territoriais com modelos de localização ótima, leva-se em consideração que as políticas e atuações de organismos e empresas devem ser baseadas em decisões de localização e organização espacial, baseadas em critérios racionais. Metodologicamente, recorre-se a Moreno (1995) e identifica-se que em duas das etapas da metodologia proposta,

estão contempladas as contribuições das técnicas de análise espacial. Na segunda etapa, quando se faz o estudo das necessidades e do dimensionamento das demandas espaciais, e na terceira, quando são feitas propostas de esquemas de distribuição e funcionamento espacial dos serviços.

No que se refere aos procedimentos de ajuda nas decisões territoriais com avaliação multicritério, Jiménez, Buzai e Díaz (2012) destacam que a avaliação multicritério constitui um dos procedimentos de maior importância quando se utilizam os SIG's como ferramentas para a tomada de decisões locais. Enfatizam também que existe suporte metodológico suficiente que permite utilizar os SIG's como ferramenta para a tomada de decisão em matéria de localização espacial. Comentam ainda, com base em Haggett (1977), que “a maioria dos problemas em Geografia Humana não têm uma resposta única, e esta se encontra altamente vinculada ao que o investigador está disposto a buscar e a forma com a qual ordenará os elementos da realidade”.

Dessa forma, a modelização de situações sócio-espaciais com base na ponderação das variáveis, pode gerar diferentes resultados, que podem ter significados importantes na planificação territorial e na resolução de conflitos setoriais.

A avaliação multicritério normalmente é realizada com uma lógica quantitativa, baseada em procedimento booleano simples, procedimento booleano escalonado, procedimento de combinação linear ponderada ou com o método LUCIS (Land-use Conflict Identification Strategy).

Diante do exposto, verifica-se que no ordenamento territorial existe um vasto campo de aplicações das técnicas de análise espacial, e o uso está justificado pelas bases teóricas e metodológicas, basicamente fundadas nos princípios da zonificação, redistribuição e gestão estratégica. Para além desses aspectos, vale destacar a importância que o conceito de paisagem assume no ordenamento territorial, vinculando-o mais estreitamente à Geografia, embora sua prática seja eminentemente interdisciplinar (Galiana Martín e Vinuesa Angulo, 2010).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este texto teve como objetivo mostrar que o uso adequado dos Sistemas de Informação Geográfica, através principalmente dos recursos da análise espacial na Geografia, tem

fundamentos teóricos e metodológicos, com aplicações em algumas áreas do vasto espectro de possibilidades existentes na mesma.

Sendo assim, é importante destacar que, devido à diversidade de abordagens de como trabalhar com o espaço geográfico, cabe ao pesquisador definir como e onde poderá fazer uso da análise espacial com os SIG`s, para não incorrer em equívocos de interpretação dos fenômenos geográficos. Essa observação é relevante, já que em outras áreas do conhecimento a concepção de espaço geográfico não apresenta a variedade de abordagens adotadas pela Geografia.

Esse fato deve ser levado em consideração, para que os recursos disponibilizados pelos SIG`s não sejam indevidamente utilizados, impedindo sua melhor e maior inserção nos estudos geográficos.

Entende-se que esse comentário é adequado nesse momento, haja vista a oferta cada vez maior de pacotes computacionais para o tratamento da informação geográfica, que pode induzir ao seu uso inadequado, caso não existam os cuidados necessários com as bases teóricas e metodológicas mencionadas anteriormente.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CÂMARA, GILBERTO; MONTEIRO, ANTÔNIO M. V.; SUZANA D. FUCKS; CARVALHO, MARÍLIA S. Análise Espacial e Geoprocessamento. In: Druck, S.; Carvalho, M. S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds) "Análise Espacial de Dados Geográficos". Brasília, EMBRAPA (ISBN: 85-7383-260-6), 2004.

CÂMARA, GILBERTO; MONTEIRO, ANTÔNIO M. V.; MEDEIROS, JOSÉ S. DE Fundamentos Epistemológicos da Ciência da Geoinformação. In: Câmara, Gilberto; Davis, Clodoveu; Monteiro, Antônio M.V. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos, INPE, 2001 (<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>).

CAVALCANTI, LUCAS COSTA DE SOUZA Cartografia das Paisagens: fundamentos. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CONSEJO DE EUROPA Carta Europea de Ordenación del Territorio – C.E.O.T. In: “Diccionario de la Naturaleza. Hombre, ecología y paisaje”. Angel Ramos. Madrid, 1987.

CORREIA, FERNANDO ALVES As Grandes Linhas da Recente Reforma do Direito do Urbanismo Português, Coimbra, 1993.

CREPANI, EDISON; MEDEIROS, JOSÉ SIMEÃO DE; HERNANDEZ FILHO, PEDRO; FLORENZANO, TERESA GALLOTTI; DUARTE, VALDETE; BARBOSA, CLÁUDIO CLEMENTE FARIA Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: INPE, 2001 (INPE-8454-RPQ/722).

DELGADO, MONTSERRAT G.; CANO, JOSÉ I. B. Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. 2º ed. Madrid: Ra-Ma, 2005.

FERREIRA, MARCOS CÉSAR Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento. São Paulo: Editora Unesp, 2014.

FIDALGO, ELAINE CRISTINA CARDOSO Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 2003.

FRADE, CATARINA CLÁUDIA FERREIRA A componente ambiental no Ordenamento do território – Conselho Económico e Social, Lisboa, 1999.

GALIANA MARTIN, LUIS; VINUESA ANGULO, JULIO (Coords.) Teoría y Práctica para una ordenación racional del territorio. Madrid: Editorial Síntesis, 2010.

GÓMEZ OREA, DOMINGO Ordenación Territorial. 2º ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2008.

HAGGETT, P. El análisis locacional en la Geografía Humana. Gustavo Gili, Barcelona, 1977.

JIMÉMEZ, ANTONIO M.; BUZAI, GUSTAVO D.; DÍAZ, MANUEL F. (Coords.) Sistemas de Información Geográfica – Aplicaciones en diagnósticos territoriales e decisiones geoambientales. Madrid: Ra-Ma, 2012.

LONGLEY, PAUL A.; GOODCHILD, MICHAEL, F.; MAGUIRRE, DAVID, J.; RHIND, DAVID, W. Sistemas e Ciência da Informação Geográfica. [Tradução: André Shneider ...et al.]; revisão técnica: Heinrich Hasenack, Eliseu José Weber. – 3.ed. – Porto Alegre : Bookman, 2013.

METZGER, Jean P. O que é ecologia de paisagens? Biota Neotropica, v1 (n1), 2001. <http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?thematic-review+BN00701122001>

MORENO JIMÉNEZ, A.; VINUESA ÂNGULO, J. Desequilibrios y reequilibrios intrametropolitanos: principios de evaluación y metodología de análisis. Ciudad y Territorio – Estudios Territoriales, LXI, 160, 2009, pp. 233-262, [http://www.uam.es/personal\\_pdi/filoyletras/juvian/documentos/DOC%20Y%20PUBLIC/2009%20%20DESEQUILIBRIOS%20CyTET-160-02.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/filoyletras/juvian/documentos/DOC%20Y%20PUBLIC/2009%20%20DESEQUILIBRIOS%20CyTET-160-02.pdf)



MORENO JIMÉNEZ, A. Planificación y gestión de servicios a la población desde la perspectiva territorial: algunas propuestas metodológicas. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, nº 20, 1995, pp. 115-134.  
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1318497>.

SANTOS, ROSELY FERREIRA Planejamento Ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SAQUET, MARCOS AURÉLIO Abordagens e concepções de território. 3 ed., São Paulo: Outras Expressões, 2013.

TRICART, JEAN Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

ZACHARIAS, ANDRÉA A. A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental. São Paulo: Editora Unesp, 2010.

ZUQUETTE, LÁZARO V. Análise crítica sobre cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras. Tese de Doutorado – EESC/USP, São Carlos, 1987.

ZUQUETTE, LÁZARO V.; GANDOLFI, NILSON Cartografia geotécnica. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

## **BASES CONCEITUAIS PARA ENTENDER GEODIVERSIDADE, PATRIMÔNIO GEOLÓGICO, GEOCONSERVAÇÃO E GEOTURISMO**

**MARCOS ANTONIO LEITE DO NASCIMENTO**

Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

e-mail: marcos@geologia.ufrn.br

<http://lattes.cnpq.br/5356037408083015>

**KÁTIA LEITE MANSUR**

Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro

e-mail: katia@geologia.ufrj.br

<http://lattes.cnpq.br/2321793386300188>

**JASMINE CARDOZO MOREIRA**

Departamento de Turismo da Universidade Estadual de Ponta Grossa

e-mail: jasminecardozo@gmail.com

<http://lattes.cnpq.br/4244565636923524>

**Resumo:** Este artigo tem como objetivo apresentar as bases conceituais sobre os temas geodiversidade, patrimônio geológico, geoconservação e o geoturismo. A metodologia envolveu consulta bibliográfica em documentos, artigos e livros pertinentes ao tema. Observa-se que, de maneira genérica, a geodiversidade representa os aspectos inanimados do Planeta Terra, não apenas aqueles ligados ao passado geológico como os minerais, as rochas e os fósseis, mas também os processos naturais, que ocorrem atualmente. O patrimônio geológico é constituído pelos geossítios (sítios geológicos), que registram a memória da história da Terra, num período que alcança milhares, milhões e até bilhões de anos e que incluem afloramentos de rochas, minerais, fósseis, conjuntos de valor paisagístico, como serras, montanhas, picos, vales e coleções de museus de geociências ou de história natural. De uma maneira mais ampla, o termo Geoconservação tem sido usado para abarcar as diversas atividades relacionadas à proteção do patrimônio geológico, desde as ações de levantamento básico até as práticas de gestão. Uma das ações prioritárias para a geoconservação é a valorização e divulgação dos sítios com valor patrimonial. O geoturismo é peça fundamental para a disseminação destes valores. E apesar das muitas definições, para a UNESCO entende-se o Geoturismo como o turismo que sustenta e incrementa a identidade de um território, considerando a sua geologia, ambiente, cultura, valores estéticos, patrimônio e o bem-estar dos seus residentes. Por fim, conclui-se que a conservação do patrimônio geológico tem implicações diretas em todo o ambiente natural e, conseqüentemente, na nossa sociedade, além disso, a geoconservação está diretamente associada à promoção da sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Geoconservação. Geodiversidade. Patrimônio Geológico. Geoturismo

## **CONCEPTUAL BASIS TO UNDERSTAND GEODIVERSITY, GEOLOGICAL HERITAGE, GEOCONSERVATION AND GEOTOURISM**

**Abstract:** This article aims to present the conceptual basis on geodiversity, geological heritage, geoconservation and geotourism issues. The methodology involved bibliographical research in documents and other relevant literature. It is observed that the geodiversity are the inanimate aspects of Planet Earth, and not just those related to the geological past, as minerals, rocks and fossils, but also the natural processes currently taking place. The geological heritage geosites record the memory of the Earth's history, a period that reaches thousands, millions and even billions of years and including rock outcrops, minerals, fossils, and places with landscape value: mountains, peaks, valleys, and geoscience museum collections. In a broader sense, the term Geoconservation has been used to cover the various activities related to the protection of geological heritage. And despite the many definitions, for UNESCO Geotourism is tourism that sustains and enhances the identity of a territory, considering its geology, environment, culture, aesthetic values, heritage and the well-being of its residents. Finally, it is concluded that the conservation of geological heritage has direct implications throughout the natural environment and, consequently, in our society, moreover, the geoconservation is directly related to promoting sustainability.

**Keywords:** Geoconservation. Geodiversity. Geological Heritage. Geotourism

## **BASES CONCEPTUALES PARA COMPRENDER GEODIVERSIDAD, PATRIMONIO GEOLÓGICO, GEOCONSERVACIÓN Y GEOTURISMO**

**Resumen:** Este artículo tiene como objetivo presentar las bases conceptuales de geodiversidad, patrimonio geológico, geoconservación y geoturismo. La metodología implicó la consulta en documentos bibliográficos y literatura relevante al tema. Se observa que de una manera general, la geodiversidad son los aspectos inanimados del Planeta Tierra, no solo las relacionadas con el pasado geológico como minerales, rocas y fósiles, sino también los procesos naturales que tienen lugar actualmente. El Patrimonio Geológico se compone de los sitios geológicos que registran la memoria de la historia de la Tierra, un periodo que llega a miles, millones o incluso miles de millones de años y que incluyen los afloramientos de rocas, minerales, fósiles, conjuntos de valor paisajístico: sierras, montañas, picos, valles y colecciones de los museos de ciencias de la Tierra o de historia natural. En un sentido más amplio, el término Geoconservación se ha utilizado para abarcar las diversas actividades relacionadas con la protección del patrimonio geológico, de las acciones de levantamiento básicas y las prácticas de gestión. Apesar de las muchas definiciones de Geoturismo, para la UNESCO es el turismo que sostiene y realiza la identidad de un territorio, teniendo en cuenta su geología, medio ambiente, cultura, valores estéticos, el patrimonio y el bienestar de sus residentes. Finalmente, se concluye que la conservación del patrimonio geológico tiene implicaciones directas en todo el entorno natural y, en consecuencia, en nuestra sociedad, por otra parte, la geoconservación está directamente relacionado con la promoción de la sostenibilidad.

**Palabras clave:** Geoconservación. Geodiversidad. Patrimonio Geológico. Geoturismo

### **INTRODUÇÃO**

O objetivo deste artigo é apresentar as bases conceituais para o entendimento de alguns termos que vêm sendo discutidos e consolidados nas duas últimas décadas: geodiversidade, patrimônio geológico, geoconservação e geoturismo.

Estes temas vêm ganhando força nos diversos países e hoje são objeto de trabalho dentro de diversas áreas como geografia, geologia, museologia, turismo, arquitetura, artes, direito, economia, educação, entre outros. São temas que devem fazer parte do planejamento do uso e ocupação das terras, dos programas de educação ambiental e dos projetos de desenvolvimento local.

### **MAS AFINAL O QUE É GEODIVERSIDADE**

De maneira genérica, a geodiversidade representa os aspectos inanimados do Planeta Terra, não apenas aqueles ligados ao passado geológico como os minerais, as rochas e os fósseis, mas também os processos naturais, que ocorrem atualmente.

Geodiversidade é um termo muito recente que começou a ser utilizado por geólogos e geomorfólogos no início da década de 90 para descrever a variedade do meio abiótico (GRAY, 2004). É difícil precisar quando é que esse termo foi referido pela primeira vez, mas provavelmente deve ter sido na Tasmânia (Austrália). Neste país o termo geodiversidade foi inicialmente utilizado por Sharples (1993) em estudos de conservação geológica e geomorfológica. Posteriormente, Sharples (2002) definiu geodiversidade como “a diversidade de características, conjuntos, sistemas e processos geológicos (substrato), geomorfológicos (formas de paisagem) e do solo”.

Geodiversidade também é o título do artigo publicado por Stanley (2000) e foi adotado pela *Royal Society for Nature Conservation* do Reino Unido como título em seu relatório informativo de Ciência da Terra (*Geodiversity Update*), lançado em Janeiro de 2001. Para a *Royal Society for Nature Conservation* do Reino Unido, geodiversidade pode ser descrita como “A variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra” (STANLEY, 2000). Isto é, o “palco” no quais todas as outras formas de vida são os “atores”.

De acordo com Liccardo *et al.* (2008), a geodiversidade apresenta um paralelo com a biodiversidade, pois enquanto esta é constituída por todos os seres vivos do planeta e é consequência da evolução biológica ao longo do tempo, a geodiversidade é formada por todo o arcabouço terrestre que sustenta a vida. É resultado da lenta evolução da Terra, desde o seu surgimento, portanto a 4,6 bilhões de anos. A diversidade geológica é uma das variáveis essenciais para a diversidade biológica. Ambas são responsáveis pela evolução do planeta.

## **GOPATRIMÔNIO – O VALOR PATRIMONIAL DA GEODIVERSIDADE**

O patrimônio pode ser considerado como “bem ou conjunto de bens culturais ou naturais, de valor reconhecido para determinada localidade, região ou país, ou para a humanidade, e que, ao se tornar(em) protegido(s), como por exemplo, pelo tombamento, deve(m) ser protegido(s) para o usufruto de todos os cidadãos”. Portanto, o conceito de patrimônio é muito amplo e está associado a uma herança comum, que tem importância para uma dada região, um dado país ou mesmo para toda a humanidade. A palavra “patrimônio” e a noção de patrimônio como “herança” vêm sendo progressivamente adotada por várias áreas do conhecimento; por exemplo, patrimônio genético, biológico, religioso, arquitetônico, geológico, dentre outros. Os bens culturais e naturais, saberes e modos de fazer pertencem a todos e, portanto, devem ser cuidados para que não se percam. Possuem valor para as sociedades.

Fazendo parte do patrimônio natural, existe o patrimônio geológico, este constituído pelos geossítios (sítios geológicos), que registram a memória da história da Terra, num período que alcança milhares, milhões e até bilhões de anos e que incluem (a) afloramentos de rochas; (b) minerais; (c) fósseis; (d) conjuntos de valor paisagístico: serras, montanhas, picos, vales; e (e) coleções de museus de geociências ou de história natural (NASCIMENTO *et al.*, 2008).

Mas afinal o que é um Geossítio? Geossítio é na realidade “ocorrência de um ou mais elementos da geodiversidade (aflorantes quer por resultado da ação de processos naturais, quer devido à intervenção do homem), bem delimitado geograficamente e que apresenta valor singular do ponto de vista científico, educativo, cultural, turístico ou outro” (BRILHA, 2005). O conceito de patrimônio geológico (ou geopatrimônio) está estreitamente relacionado à geodiversidade, contudo este patrimônio não deve ser encarado como sinônimo de geodiversidade. O patrimônio geológico é apenas uma pequena parcela da geodiversidade, que apresenta características especiais e, por conseguinte, merece/necessita ser conservado. Por exemplo, não se pretende conservar todos os afloramentos de fósseis do mundo, mas apenas aqueles que apresentam um grande valor científico e educativo - são estes que podem ser chamados de “geossítios” e que, no seu conjunto, constituem o patrimônio geológico. Os geólogos, são os profissionais que, podem definir quais os elementos da geodiversidade que possuem este valor especial.

Assim, o patrimônio geológico é definido como “o conjunto de geossítios inventariados, caracterizados e bem delimitados geograficamente, em uma dada área ou região, onde ocorrem um ou mais elementos da geodiversidade com elevado valor científico, pedagógico, cultural, turístico e outro” (BRILHA, 2005).

As múltiplas atividades ligadas ao patrimônio geológico - identificação dos geossítios ou outros elementos, inventariação, quantificação, avaliação, proteção, divulgação, monitoramento *etc* - são essencialmente afeitas a geocientistas, mas são realmente multidisciplinares. Assim, idealmente, essas atividades devem ser desenvolvidas em equipes, incluindo, conforme o caso, geólogos, geógrafos, geomorfólogos, arqueólogos, paleontólogos, espeleólogos, ecólogos, turismólogos, historiadores, museólogos, especialistas em gestão de patrimônio, arquitetos, engenheiros, educadores, especialistas em divulgação científica, especialistas em artes visuais, *etc*.

O patrimônio geológico apresenta valores, pois o ato de preservar e de conservar algo está diretamente relacionado à atribuição de algum valor. Segundo Gray (2004) e Brilha (2005), os valores da geodiversidade são classificáveis em intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional, científico e educativo.

O *valor intrínseco* é de mais difícil compreensão, principalmente devido à dificuldade de se atribuir algum valor a ele (de quantificá-lo), que expressa a relação existente entre a Natureza e o Homem. Existem dois grandes grupos que vêem a natureza de forma distinta. Um defende que a Natureza deve estar à disposição do Homem, com a finalidade de satisfazer

as suas necessidades. Desta forma, o Homem estaria num nível superior aos dos demais seres vivos. O outro grupo, diferentemente do primeiro, considera que o Homem é parte da Natureza e, portanto, esta teria seu valor próprio.

O *valor cultural* é originário da forte interdependência entre o desenvolvimento social, cultural e/ou religioso e o meio físico circundante. Por exemplo, os nomes de algumas cidades no Brasil estão diretamente relacionados com aspectos geológicos ou geomorfológicos, tais como, Serra Caiada (RN), Itabira e Diamantina (MG), Torre de Pedra (SP), Torres (RS), Pedra Grande (MT e RN). Pode-se fazer uma longa lista com nomes de cidades que hoje parecem apenas um nome próprio, mas que originalmente designavam, em tupi-guarani, alguma feição natural. Para se ter uma ideia o Brasil possui mais de 140 municípios que começam com “Ita” – que quer dizer “pedra”, por exemplo: Itaberaba, BA (pedra brilhante, diamante); Itabira, MG (pedra erguida); Itaboraí, RJ (pedra bonita); Itacuruba, PE (pedra enrugada); Itacoatiara, AM (pedra pintada). A arqueologia também mostra vários exemplos do valor cultural da geodiversidade (NASCIMENTO e SANTOS, 2013). A relação dos antepassados com a geodiversidade está na escolha dos materiais mais adequados para a fabricação de artefatos, como ponta das setas de sílex, além de objetos de ouro, bronze e ferro. Também não se pode deixar de considerar como valor cultural a utilização de uma ocorrência geológica peculiar como “marca” de uma região ou localidade. Por exemplo, no Rio Grande do Norte, o Município de Serra Caiada se orgulha por ter um dos pedaços mais antigos da América do Sul. Além disso, existe a associação de feições geológicas/geomorfológicas da paisagem com imagens conhecidas. No Brasil são inúmeros os exemplos. É o caso da Pedra da Boca e do Capacete (PB), o Pico do Dedo de Deus e a Pedra do Cão Sentado (RJ), da Pedra da Galinha Choca (CE), a Pedra do Sapo (RN), entre muitos outros.

O *valor estético* atribuído à geodiversidade também é de difícil compreensão, pois não é possível quantificá-lo. Percebe-se que a contemplação da paisagem é algo praticado de forma consensual, ou seja, muita gente acha a paisagem bonita, mas definir qual paisagem é mais bonita do que a outra é algo muito discutível. Todavia, sabe-se que todas as paisagens possuem um valor estético embutido. Interessante é que o contato do público com a natureza permite o deslumbramento de paisagens intimamente relacionadas aos aspectos geológicos, porém parte desse público não tem a consciência de que ali está sendo gravada parte da história do Planeta Terra. Vale lembrar também, que o valor estético da geodiversidade também pode ser visto ao longo dos tempos na produção artística. Inúmeras são as pinturas,



esculturas, utensílios, músicas, poemas e fotografias, que tem como pano de fundo a geodiversidade.

O *valor econômico* é mais fácil de quantificar, já que as pessoas estão habituadas a atribuir valor econômico a praticamente todos os bens e serviços. Assim, com certeza, os minerais, as rochas e os fósseis têm seu valor econômico. A utilização desses bens como gemas em joalheria ou como produto de artesanato, já é algo bastante comum no Brasil (e no Mundo). No Brasil, vê-se, que os artesanatos em minerais e rochas são utilizados para vários fins. Essa utilização é dividida em três áreas específicas: adorno pessoal, decoração ou arte e utensílio. O adorno pessoal é representado por colares, brincos, pulseiras, broches e pingentes, ou ainda chaveiros, relógios revestidos e anéis principalmente de minerais. A decoração ou arte é representada por pássaros em quartzo, ametista ou serpentinito e também as bolas de cristal, pirâmides, árvores de pedras roladas (cascalho), pequenos animais em pedra, frutas e obeliscos em ágata, além de quadros feitos com areia ou outro material da geodiversidade. Como utensílio tem-se jogo de talheres, porta-copo de ágata ou ônix, relógio de ágata, entre outros. Fora isso, não se deve esquecer que a civilização humana sempre dependeu dos recursos minerais. A dependência da geodiversidade se dá principalmente nos campos energético, com a exploração do petróleo, carvão e gás natural; exploração de minerais radioativos; aproveitamento do calor interno da Terra, por meio da energia geotérmica; construção de hidroelétricas em locais de geomorfologia e geologia propícias; entre outros; da obtenção de matérias-primas (minas, pedreiras); e da implantação de ocupação humana, obras civis, transportes, *etc.*

O *valor funcional* é encarado sob dois aspectos: i) o valor da geodiversidade *in situ*, de caráter utilitário do Homem; e ii) o valor enquanto substrato para a sustentação dos sistemas físicos e ecológicos. O primeiro refere-se à valorização da geodiversidade que se mantém no local de origem, exemplificado por meio do suporte para a realização das mais variadas atividades humanas (construção de barragens, estradas, cidades e outros) ou no armazenamento de certas substâncias (turfa, água subterrânea, aterros, *etc.*). O segundo refere-se a populações de animais e/ou plantas em locais cuja geodiversidade definiu as condições ideais para a implantação e desenvolvimento. No Nordeste do Brasil, por exemplo, é comum encontrar plantações de sisal em locais cujo solo é originário de tipos específicos de rochas, principalmente básicas a intermediárias. No Sudeste a terra roxa, resultante da decomposição do basalto e diabásio, foi responsável pela enorme riqueza e desenvolvimento gerados pela cultura de café a partir da segunda metade do século XIX.

Finalmente, *valores científico e educativo* também podem ser identificados na geodiversidade. O científico tem como base o acesso e posterior estudo da geodiversidade, tanto em âmbito fundamental ou aplicado. No primeiro caso, é útil para conhecer e interpretar a geodiversidade e conseqüentemente reconstituir a história da Terra. Já a de caráter aplicado auxilia para melhorar a relação entre as pessoas com a geodiversidade, que ajuda as populações a evitar, por exemplo, áreas de potenciais de riscos geológicos (vulcanismo, terremoto, *etc.*). O valor educativo da geodiversidade está intimamente relacionado à educação em Ciências da Terra com a geodiversidade. Ela pode ocorrer como atividades educativas formais (ensinos fundamental, médio e superior) ou informais (público em geral). Os trabalhos de campo apresentam um valor educativo extraordinário, particularmente para o público em geral, porque ajuda na conscientização e valorização dos ambientes naturais da Terra.

## **GEOCONSERVAÇÃO – PORQUE E COMO PROTEGER A HERANÇA DA TERRA**

### ***Aspectos Gerais***

A geoconservação tem como objetivo proteger a geodiversidade relacionada aos importantes processos e feições geológicas (substrato), geomorfológicas (paisagem) e de solos, garantindo a manutenção da história de sua evolução em termos de velocidade e magnitude (SHARPLES, 2002). Brilha (2005) complementa este conceito, incluindo na sua definição a gestão do patrimônio geológico e dos processos naturais associados.

Para Worton (2008) geoconservação é um termo moderno para designar as intenções e atividades desenvolvidas para conservar e proteger feições e processos geológicos para benefício das futuras gerações.

Geoconservação é, ainda, definida como sendo o conjunto de técnicas e medidas que visam assegurar a conservação (inclui a reabilitação) do patrimônio geológico e da geodiversidade, baseada na análise de seus valores intrínsecos, vulnerabilidade e do risco de degradação (CARCAVILLA *et al.*, 2007).

De uma maneira mais ampla, o termo Geoconservação tem sido usado para abarcar as diversas atividades relacionadas à proteção do patrimônio geológico, desde as ações de levantamento básico até as práticas de gestão. Sobre o tema geoconservação podem ser destacados dois livros que contribuem grandemente para o entendimento conceitual de sua aplicação e alcance: “The History of Geoconservation” editado por Burek e Prosser (2008) e “Geoconservación” de Carcavilla (2012).

Erikstad (2008) investigou a geoconservação na Europa e indicou a proteção da caverna de Baumann, na Alemanha, como o primeiro caso de aplicação de ações específicas para um sítio natural em 1668. Esta caverna, descoberta no século XV, foi objeto de uma ordem de conservação do duque de Brunswick-Lüneburg, Rudolf August, que decretou o controle de acesso à caverna para preservá-la de ser danificada ou destruída, e designou um trabalhador para supervisionar o monumento natural. A caverna de Baumann é um dos geossítios do Harz Geopark ([http://www.harzregion.de/files/rvh/downloads/Landmarken\\_Englisch/RVH%20Landmark%2013.pdf](http://www.harzregion.de/files/rvh/downloads/Landmarken_Englisch/RVH%20Landmark%2013.pdf)).

Outro importante marco histórico para a Geoconservação foi a criação do Parque Nacional de Yellowstone, em 1872, o primeiro parque dos Estados Unidos. Com ele se iniciou a história das Unidades de Conservação no mundo.

### ***Um novo ramo das Geociências?***

Henriques *et al.* (2011) reivindicam que a geoconservação deve ser caracterizada como uma geociência emergente dentro das Ciências da Terra e do Espaço. Enumeram que a geoconservação cumpre com os diversos requisitos que têm sido utilizados para identificar novas disciplinas, como: (a) aumento do número de pessoas trabalhando em tempo integral com posições e estruturas de carreira definidos; (b) estabelecimento de qualificações (ex: doutores) que promovem a certificação social de competências científicas; (c) implementação de procedimentos de treinamento com o surgimento de grupos de pesquisa; (d) desenvolvimento de uma linguagem técnica própria; (e) crescente sentimento de autoconsciência entre os profissionais, com a criação de associações e publicações científicas e profissionais; e (f) estabelecimento de sistemas de recompensa com a intenção de reconhecer as melhores práticas e praticantes. Apresentam diversos exemplos que apoiam estas afirmativas. Estes autores apontam como principal objetivo da geoconservação, a conservação de geossítios como unidades básicas do patrimônio geológico.

Dentro desta evolução teórica sobre o tema, Brilha (2015) apresentou um arcabouço conceitual para clarificar e sistematizar conceitos e buscar uma homogeneidade no tratamento dos diversos aspectos da geodiversidade, patrimônio geológico e da geoconservação. Assim, somente parte relevante da geodiversidade seria objeto de implementação de estratégias de geoconservação (Figura 1). Este é o caso da geodiversidade que tem valor científico ou outro (cultural, didático ou turístico, por exemplo).

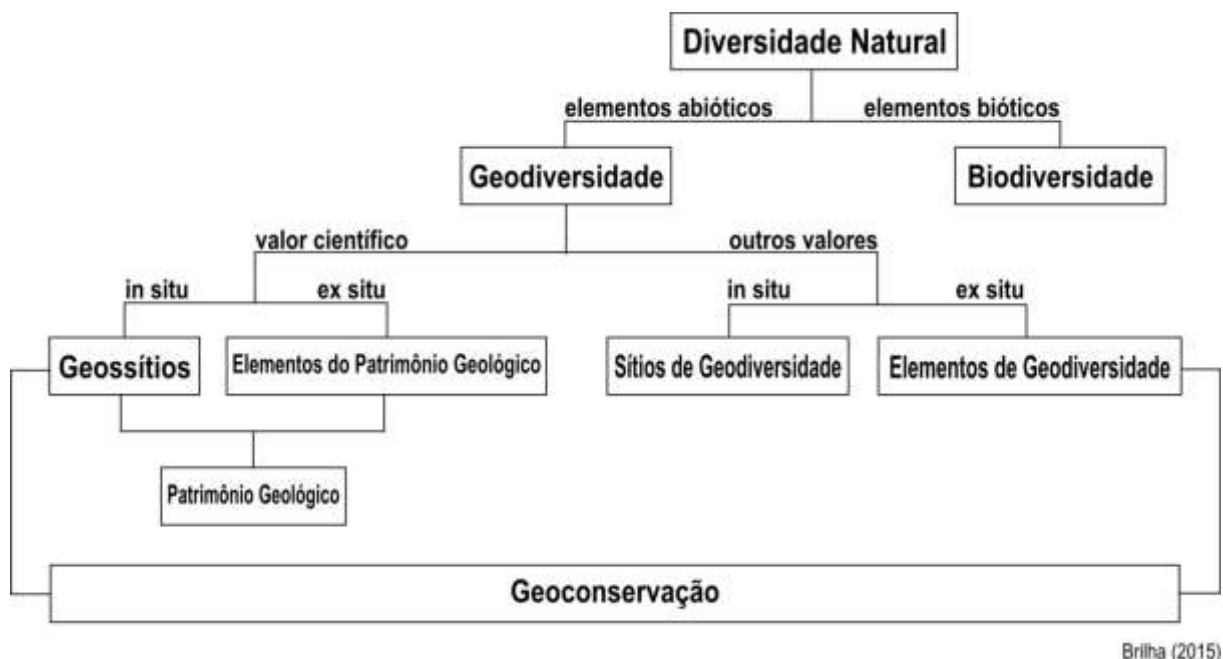


Figura 1 – Arcabouço conceitual da geodiversidade, patrimônio geológico e geoconservação, tendo em vista o âmbito da geoconservação. Somente uma pequena fração da geodiversidade tem relevância (valores) que justifique a implementação de estratégias de geoconservação (traduzido de BRILHA, 2015).

De um modo geral, pode-se entender a Geoconservação como um conjunto de ferramentas capaz de apoiar a proteção de áreas relevantes do ponto de vista geológico. Desta forma, o conceito avança no sentido da proposição de um modelo de gestão do meio natural que privilegia áreas onde existem elementos da geodiversidade *in situ* ou *ex situ* (PONCIANO *et al.*, 2011; BRILHA, 2015) com valores científico, cultural, pedagógico ou turístico.

### **FERRAMENTAS PARA SE ALCANÇAR A GEOCONSERVAÇÃO**

Diversos autores (ex.: BRILHA, 2005; BRILHA, 2015; CARCAVILLA *et al.*, 2007; CARCAVILLA, 2012) apontam ferramentas semelhantes para a promoção de estratégias de Geoconservação. De um modo geral, é possível selecionar os seguintes grupos de procedimentos: inventário, quantificação do valor, identificação de vulnerabilidade, proteção legal, divulgação, conservação e monitoramento dos sítios.

São formas concretas de atuação, de forma a aplicar o marco legal e tornar efetivas ações que assegurem a conservação do lugar (CARCAVILLA, 2012). Este autor faz uma

analogia entre os passos para alcançar a geoconservação e um quebra-cabeças de 4 peças, composto por inventário, legislação, geoconservação *sensu stricto* e divulgação.

### **A) INVENTÁRIO**

O inventário requer o uso de técnicas de cartografia e de estruturação de banco de dados. É uma ferramenta aplicada para todos os tipos de patrimônio, tanto natural quanto construído, material ou imaterial. É usado para reconhecer o valor patrimonial dos bens. É feito em bases técnico-científicas e utiliza artigos científicos, pareceres e pesquisas para comprovar a importância dos bens listados. A singularidade / monumentalidade / excepcionalidade são atributos que se busca identificar em cada bem inventariado de forma a realçar seu valor e justificar sua proteção (MANSUR, 2010). No meio cultural as metodologias para inventários dos bens patrimoniais são discutidas e aplicadas há muito tempo. Uma delas, cujas características podem ser entendidas como próximas às do patrimônio natural, é apresentada pelo *International Scientific Committee on Cultural Landscapes*, do ICOMOS – *International Council on Monuments and Sites*, e trata de uma proposta para unificação da ficha para inventário da Paisagem Cultural ([http://www.icomos.org/landscapes/inventory\\_card.htm](http://www.icomos.org/landscapes/inventory_card.htm)).

A SIGEP - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos é a organização brasileira que trabalha com um modelo unificado para o inventário nacional desde 1998 (<http://sigep.cprm.gov.br/>). Um dos objetivos da SIGEP é organizar e gerenciar a base de dados de sítios geológicos brasileiros e divulgá-los por meio de publicações específicas e na internet. Três volumes já foram impressos.

Lima (2008) realizou um estudo bastante completo e propôs uma metodologia unificada para concretização de um inventário nacional, considerando o Serviço Geológico do Brasil - CPRM como a instituição que deve organizá-lo e mantê-lo, com a participação dos estados e cientistas. Nesse trabalho foram apresentados e discutidos outros inventários nacionais, como os do Reino Unido, Espanha, Portugal e Suíça. Para a autora, os pontos fortes encontrados entre os inventários pesquisados foram: (a) atividades participativas envolvendo pesquisadores na elaboração dos inventários; (b) utilização de critérios qualitativos para seleção dos geossítios; e (c) utilização de contextos geológicos ou *frameworks* para sistematizar os inventários. Como pontos negativos, são relacionadas dificuldades para sensibilização de governantes e, mesmo, de cientistas.

A CPRM desenvolveu um modelo de inventário nacional, denominado GEOSSIT (<http://www.cprm.gov.br/geossit/>), que é uma plataforma digital, elaborada para ser alimentada e consultada via internet. Inclui inventário e entrada de dados e cálculo automático para quantificação do valor dos sítios.

### **(B) QUANTIFICAÇÃO DO VALOR**

Como afirmar que um sítio é um patrimônio geológico? Qual o sítio mais importante de uma área? Qual sítio deve ter prioridade para geoconservação? Do ponto de vista conceitual, pesquisadores vêm buscando responder estas questões utilizando-se de vários métodos, entre eles destaca-se a atribuição de valor a estes sítios, de forma a confirmar sua importância pela possibilidade de comparação entre diversos locais. Busca demonstrar a relevância do sítio para dar suporte às ações de geoconservação, com o mínimo de critérios subjetivos. Em geral os métodos de avaliação quantitativa dos geossítios utilizam critérios de valor intrínseco, potencial de uso e necessidade de proteção para valoração dos sítios. Pretende-se o estabelecimento de um *ranking* informando pontuações para cada critério de avaliação.

A literatura sobre valoração de patrimônio geológico é restrita a alguns poucos trabalhos (exemplos: CENDRERO UCEDA, 1996; MOLINA e MERCADO, 2003; BRILHA, 2005; GREATER LONDON AUTHORITY, 2008; GARCÍA-CORTÉS e CARCAVILLA, 2009; BRILHA, 2015). Mais recentemente, Brilha (2015) apresentou uma proposta de integração, baseando-se, principalmente, no modelo de García-Cortés e Carcavilla (2009). Reis e Henriques (2009) inovaram na forma de valoração, apresentando um esquema que compreende a inserção do geossítio em um gráfico. Este método foi utilizado por Henriques *et al.* (2013) e o enquadramento foi baseado, inclusive, em entrevistas com visitantes e pesquisas na internet.

Já o patrimônio geomorfológico apresenta uma ampla gama de metodologias publicadas. Pereira (2006) avaliou os métodos de mais de uma dezena de autores e, a partir das avaliações realizadas, propôs um novo método que buscou sintetizar os vários tipos em uma proposta integrada.

### **(C) PROTEÇÃO LEGAL**

Esta ferramenta se refere ao enquadramento dos geossítios de interesse na legislação de proteção. No Brasil não existe uma figura específica para proteção do patrimônio



geológico. No entanto, dentro da Lei do SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação – Lei Federal 9985, de 18 de julho de 2000, que regula as áreas protegidas, há uma menção à importância geológica e outros aspectos do meio físico, no Artigo 4º, conforme trechos selecionados a seguir:

*“Art. 4º - O SNUC tem os seguintes objetivos:*

*III - contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais;*

*VI - proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica;*

*VII - proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural;*

*VIII - proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos;*

*X - proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental;*

*XII - favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico...”*

Os sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico, estão protegidos pela Constituição Federal (artigo 216) como patrimônio cultural brasileiro. Também, em seu artigo 24, cita a categoria de patrimônio do tipo turístico como um bem com direito a ser protegido.

#### **D) CONSERVAÇÃO**

Pressupõe a manutenção da integridade do geossítio, podendo incluir restrições de uso e até a implantação de barreiras físicas para impedir a aproximação do visitante (BRILHA,2005). A conservação pode ser necessária devido a alterações promovidas por ações antrópicas ou por degradação natural. O mapeamento da vulnerabilidade das terras é um interessante instrumento de ordenamento territorial para a geoconservação, em face de ameaças antrópicas e naturais.

As atividades de campo (científicas ou didáticas) que promovam a retirada de amostras podem danificar o afloramento, suprimindo algumas feições / estruturas raras ou didáticas que foram descritas, por exemplo, em publicações de referência. Assim, coletas em geossítios só deveriam ser feitas no caso de necessidade para fins científicos. A *The Geologists' Association*, de Londres, publicou um código de

conduta(<http://www.amlwchhistory.co.uk/parys/geology%20field%20work%20code.pdf>) para trabalhos de campo (*GeologicalFieldworkCode*).

Outras formas comuns de degradação de afloramentos são ações de vandalismo (pichação, por exemplo), roubo de amostras (em particular de fósseis) ou o uso indiscriminado de mini-perfuratrizes em afloramentos de ampla visitação didática ou científica (MANSUR *et al.*, 2013).

### **E) DIVULGAÇÃO**

Significa o conjunto de ações executadas para demonstrar a importância do geossítios. Inclui aulas, palestras, impressão de guias e livros, implantação de painéis interpretativos, confecção de folhetos, uso de mídia eletrônica, entre outros. A compreensão pela população dos fenômenos que geram os monumentos geológicos é essencial para a promoção da geoconservação, porém, a divulgação da informação à sociedade só deve ser feita se ela não levar perigo à integridade do local.

Gordon e Leys (2001), baseados nos resultados de mais de 50 anos de trabalhos de inventário, divulgação geológica e geoconservação na Escócia, afirmam que três grandes linhas devem ser unificadas para o sucesso de um programa de conservação do patrimônio natural: (a) amplo conhecimento e aceitação da relação entre os sistemas físicos e biológicos da Terra; (b) promoção da gestão sustentável do ambiente baseado na aplicação do conhecimento das Ciências da Terra; e (c) ampliação do entendimento do público e do seu envolvimento nas questões relacionadas ao patrimônio natural.

### **F) MONITORAMENTO**

É necessário o acompanhamento sistemático da situação dos geossítios para verificação do possível alcance das ações antrópicas sobre eles. Vale ressaltar que algumas alterações podem ser naturais, como, por exemplo, erosão ou crescimento de vegetação. Para Brilha (2005) é importante que o monitoramento seja realizado pela mesma equipe, sempre com apoio de registro fotográfico.

Por fim, é necessário inserir entre as estratégias de geoconservação a figura dos Geoparques, fórmula desenvolvida na Europa para gestão de áreas com importante patrimônio geológico a ser preservado. Trata-se um território com limites bem definidos que possui um notável patrimônio geológico que serve de base para uma estratégia de desenvolvimento local, baseado na educação e no geoturismo. Deve abranger um determinado número de sítios

geológicos de especial importância científica, raridade e beleza, mas também sítios com relevância ao nível da ecologia, arqueologia, história, cultura e educação.

## REFLEXÕES SOBRE O GEOTURISMO

A definição de turismo da OMT (2003) compreende a atividade de pessoas que viajam para lugares afastados de seu ambiente usual, ou que neles permaneçam por não mais que um ano consecutivo, a lazer, a negócios ou por outros motivos. Caracteriza-se por ser um fenômeno socioeconômico e cultural, pois envolve o contato com pessoas e com culturas diferentes.

Pelo fato de movimentar tantos recursos financeiros (diretos e indiretos), contribui para o aumento do PIB e para a melhoria da qualidade de vida da população. A atividade necessita de planejamento adequado, para que seus impactos positivos (econômicos, sociais, ambientais, e culturais) sejam ainda maiores e os impactos negativos minimizados. Para que um local seja considerado atrativo turisticamente, deve possuir as condições básicas para satisfazer as necessidades dos turistas, bem como a adequada infraestrutura.

O turismo acontece porque as pessoas viajam por diferentes motivações, como realizar atividades de lazer, esportivas, compras, descansar, conhecer novas culturas, distrair-se, por motivos de saúde, entre outros. E com a especificidade nas atividades turísticas, é cada vez maior essa segmentação e frequentemente, novas terminologias são criadas. Mas, seja qual for a segmentação, o turismo deve ser sustentável: deve atender as necessidades dos turistas de hoje e das regiões receptoras, ao mesmo tempo em que protege e amplia as oportunidades para o futuro (OMT, 2003).

Assim surge o Geoturismo. Para Gates (2006, p. 157) este “é um novo termo para uma ideia relativamente antiga, e, como tal, apresenta definições conflitantes”.

Para a *National Geographic* (STUEVE; COOKS; DREW, 2002), o Geoturismo é uma combinação entre os atributos naturais e culturais que fazem com que um determinado local seja distinto do outro, enfocando as características geográficas do destino. Em 2011, sob os auspícios da UNESCO, aconteceu no Geopark Arouca (Portugal), o Congresso Internacional de Geoturismo, onde foi apresentada a Declaração de Arouca, elaborada de acordo com os princípios estabelecidos pelo *Center for Sustainable Destinations – National Geographic Society*. Na Declaração, entende-se o Geoturismo como o turismo que sustenta e incrementa a

identidade de um território, considerando a sua geologia, ambiente, cultura, valores estéticos, patrimônio e o bem-estar dos seus residentes (AROUCA, 2011).

Por outro lado, a primeira citação científica publicada utilizando o termo geoturismo foi a proposta por Hose, em 1995 onde o geoturismo é a (p.17)

Provisão de serviços e facilidades interpretativas no sentido de possibilitar aos turistas a compreensão e aquisição de conhecimentos de um sítio geológico e geomorfológico ao invés da simples apreciação estética.

Liccardo e Liccardo (2006) consideram o geoturismo uma nova vertente das ciências geológicas que procura divulgar o conhecimento sobre a Terra, e na definição de Newsome e Dowling (2006) a geologia e a geomorfologia são os componentes centrais e o enfoque principal de interesse desta modalidade turística. Sousa e Nascimento (2005) enfatizam que o geoturismo é uma atividade que além de utilizar as feições geológicas como atrativo turístico, também busca assegurar a (geo)conservação e a sustentabilidade do local visitado. Essa afirmativa corrobora com o pensamento de outros autores, tal como Frey *et al.* (2006) que consideram como o princípio fundamental no geoturismo a proteção sustentável e preservação do patrimônio geológico e Moreira (2011), que trata o geoturismo como uma segmentação turística sustentável, realizada por pessoas que têm o interesse em conhecer mais os aspectos geológicos e geomorfológicos de um determinado local, sendo esta a sua principal motivação na viagem.

Mas, independentemente da definição, deve-se levar em consideração o fato de que a articulação entre geodiversidade, biodiversidade, história e cultura local não só aumenta o potencial geoturístico como também diversifica e complementa a oferta turística no território (RODRIGUES, 2008). Assim, o geoturismo pode compartilhar experiências realizadas em outras modalidades de turismo em áreas naturais, permanecer distinto em seus objetivos e adicionar outra dimensão e diversidade ao produto turístico oferecido.

## **INTERPRETAÇÃO AMBIENTAL DO PATRIMÔNIO GEOLÓGICO**

Em áreas naturais, o turismo acaba utilizando em diversos dos seus roteiros atrativos geológicos e geomorfológicos. E é a difusão de conhecimentos sobre o Patrimônio Geológico

que pode ser uma ferramenta para a sua conservação. Portanto, são necessários meios interpretativos voltados para a interpretação desse patrimônio.

Observa-se que “*à medida em que cresce o interesse em conhecer mais a natureza, na mesma proporção maior informação é requerida para satisfazê-lo*” (MOLINA, 2001, p. 81). Para tanto, meios interpretativos podem ser utilizados. É com o auxílio da interpretação ambiental que a paisagem pode ser mais bem compreendida e apreciada. Deste modo, iniciativas como cursos para condutores, trilhas autoguiadas, excursões e roteiros, a elaboração de painéis interpretativos, palestras, jogos e atividades lúdicas, material impresso e áudio-visual, exposições, websites, entre outras atividades interpretativas, devem ser incentivadas em Unidades de Conservação e áreas que possuem potencial turístico (MOREIRA, 2011).

Um dos meios interpretativos mais eficientes são as trilhas interpretativas conduzidas, pois têm a finalidade de enriquecer as experiências dos visitantes, podendo favorecer a conscientização ambiental de todos, visto que o condutor pode realizar um trabalho educativo voltado para as questões ambientais. O condutor, fazendo o papel de intérprete, proporciona a vantagem do contato pessoal, a formulação de perguntas e um maior controle do comportamento do público. Além disso, as trilhas interpretativas servem como meio de acesso para grande parte dos atrativos naturais.

A efetividade da interpretação ambiental em trilhas depende da capacitação e do interesse do condutor, pois há a necessidade de que a pessoa que fará a interpretação tenha sido treinada, para que ao acompanhar os visitantes, possa levá-los a observar, sentir, experimentar, questionar e descobrir os fatos relacionados ao tema estabelecido. Tanto em áreas protegidas como em municípios que queiram aproveitar seu potencial geológico em atividades turísticas e interpretativas, a realização de cursos periodicamente e envolvendo profissionais da área de geociências é fundamental.

Assim, o ecoturismo, turismo de aventura, turismo técnico científico, geoturismo, entre outros, podem estar vinculados, visto que os meios interpretativos voltados aos aspectos geológicos podem ser utilizados por qualquer uma das modalidades de turismo praticadas em áreas naturais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sociedade brasileira ainda é pouco sensível em relação à importância da geodiversidade e do patrimônio geológico e só recentemente os próprios geocientistas começaram a despertar para o valor patrimonial dessa geodiversidade. É necessário desenvolver projetos educativos voltados para a disseminação dos valores patrimoniais da geodiversidade, para uma maior aproximação da sociedade com o patrimônio geológico, e a criação de mecanismos de salvaguarda deste para as gerações futuras.

Neste sentido, a formação de uma consciência mundial sobre a importância da geodiversidade é fundamental. Disciplinas associadas ao patrimônio geológico e às estratégias de sua conservação deveriam ser ministradas nos cursos de graduação em geologia, arqueologia, geografia, ecologia, biologia, turismo, museologia e outras ciências que lançam mão desse patrimônio. Sem dúvida, esta nova área de atuação é uma alternativa importante de aproximação da geociência com a sociedade por meio da sensibilização sobre a importância, não só científica como histórica e cultural, do patrimônio geológico.

A conservação do patrimônio geológico tem implicações diretas em todo o ambiente natural e, conseqüentemente, na nossa sociedade. A geoconservação está diretamente associada à promoção da sustentabilidade, pois considera seus três eixos fundamentais:

- Ambiental: a geoconservação minimiza impactos negativos sobre o ambiente;
- Social e Cultural: a geoconservação não afeta de forma negativa a estrutura social ou cultural da comunidade onde é realizada; e
- Econômico: a atividade pode contribuir para o desenvolvimento econômico da comunidade principalmente por meio do geoturismo.

## BIBLIOGRAFIA

AROUCA DECLARATION. International Congress of Geotourism – AROUCA, 2011.  
Arouca, 2011.

BRILHA, J. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. *Geoheritage*, 2015. DOI 10.1007/s12371-014-0139-3

BRILHA, J. **Patrimônio Geológico e Geoconservação: a Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica**. 1. ed. Braga: PalimageEditores, 2005, 190p.



- BUREK, C.V., PROSSER, C.D. (eds) **The History of Geoconservation**. London: Geological Society, Special Publications 300, 2008, 312p.
- CARCAVILLA URQUI, L. **Geoconservación**. Editora Los libros de la Catarata, 2012, 128p.
- CARCAVILLA URQUI, L.; LÓPEZ-MARTINEZ, J.; DURÁN VALSERO J.J. 2007. **Patrimonio geológico y geodiversidade: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos**. Instituto Geológico e Minero de España, Madrid, 360 p.
- CENDRERO UCEDA, A. Propuesta sobre criterios para la clasificación y catalogación del patrimonio geológico. In: Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Sociedad Española de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio, Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España (eds.). *El patrimonio geológico: bases para su valoración, protección, conservación y utilización*. Serie monografías. Madrid: 29–38. 1996.
- ERIKSTAD, L. *History of geoconservation in Europe*. In: BUREK, C. V. e PROSSER, C. D. (eds) **The History of Geoconservation**. The Geological Society, London, Special Publications, 300, 249–256.
- FREY, M. L; SCHAFFER, K; BUCHEL, G; PATZAK, M. Geoparks – a regional European and global policy. In: DOWLING, R e NEWSOME, D. (Edits.) **Geotourism**. Oxford: Elsevier Butterworth Heinemann. P.95-118. 2006.
- GARCÍA-CORTÉZ A., CARCAVILLA L.U. Propuesta para la actualización metodológica del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG). Versión 11. 12-03-2009. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2009.
- GATES, A. Geotourism: a perspective from the USA. In: DOWLING, R e NEWSOME, D. (Edits.) **Geotourism**. Oxford: Elsevier Butterworth Heinemann. P.157-179. 2006.
- GORDON, J.E., LEYS, K.F. Earth Science and the Natural Heritage: Developing a More Holistic Approach. In: GORDON, J.E., LEYS, K.F. *Earth Science and the Natural Heritage: Interactions and Integrated Management*. Edinburgh: Scottish Natural Heritage, 2001, p.5-18.
- GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. 1. ed. Londres: John Wiley e Sons Ltd., 2004, 434p.
- GREATER LONDON AUTHORITY. Geodiversity of London. The London Plan—spatial development strategy for greater London. Draft London plan implementation report. 2008. Available at: [http:// mayor.london.gov.uk/mayor/planning/docs/geodiversity-](http://mayor.london.gov.uk/mayor/planning/docs/geodiversity-)

draftmaintext. pdf and <http://www.london.gov.uk/mayor/planning/docs/geodiversity-draft-apps.pdf>.

HENRIQUES, M.H.; REIS, R.P., BRILHA, J., MOTA, T. *Geoconservation as an Emerging Geoscience*. **Geoheritage**, 2011, 3:117–128. DOI 10.1007/s12371-011-0039-8

HENRIQUES, M.H., TAVARES, A.O., BALA, A.L.M. The geological heritage of Tundavala (Angola): An integrated approach to its characterisation - - *Journal of African Earth Sciences* 88 (2013) 62–71 -

HOSE, T. A. *Selling the Story of Britain's Stone*, **Environmental Interpretation**, 10, 2, 16-17. 1995.

LICCARDO, A.; LICCARDO, V. B. **Pedra por pedra: mineralogia para crianças**. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

LICCARDO, A.; PIEKARZ, G.; SALAMUNI, E. **Geoturismo em Curitiba**. 1. ed. Curitiba: MINEROPAR, 2008, 122p.

LIMA, F.F. Proposta metodológica para a inventariação do patrimônio geológico brasileiro. 2008. Dissertação de mestrado em Patrimônio Geológico e Geoconservação, Universidade do Minho. Braga, Portugal, 2008, 103f.

MANSUR, K.L. Diretrizes para Geoconservação do Patrimônio Geológico do Estado do Rio de Janeiro. O caso do Domínio Tectônico Cabo Frio. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010, 369p.

MANSUR, K.L., PONCIANO, L.C.M.O., CASTRO, A.R.S.F., CARVALHO, I.S. *Conservação e restauro do patrimônio geológico e sua relevância para a geoconservação*. *Boletim Paranaense de Geociências*, volume 70 (2013) 137 – 155.

MOLINA, J., MERCADO, M. *Patrimonio geológico minero y geoturístico. Enfoque conceptual y de casos en Colombia*. In: VILLAS-BOAS, R.C., MARTÍNEZ, A.G., ALBUQUERQUE, G.A.S.C. (eds) *Patrimonio Geológico y minero en el contexto del Cierre de Minas*. CNPq/CYTED, Rio de Janeiro, pp 169–185. 2003.

MOLINA, S.R. **Planejamento integral do turismo: um enfoque para a América Latina**. Bauru: EDUSC, 2001.

MOREIRA, J. C. *Geoturismo e Interpretação Ambiental*. Ponta Grossa: Editora da UEPG, 2011.

NASCIMENTO, M.A.L.; RUCHKYS, Ú.A.; MANTESSO NETO, V. **Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo: trinômio importante para proteção do patrimônio geológico**. Sociedade Brasileira de Geologia, 82p, 2008

- NASCIMENTO, M. A. L. e SANTOS, O. J. **Geodiversidade na Arte Rupestre no Seridó Potiguar**. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, 62p, 2013
- NEWSOME, D; DOWLING, R. *The scope and nature of geotourism*. In: DOWLING, R e NEWSOME, D.(Edits.) **Geotourism**. Oxford: Elsevier Butterworth Heinemann. P.3-25. 2006.
- OMT. **Guia de desenvolvimento do Turismo Sustentável / Organização Mundial do Turismo**. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- PEREIRA, P. Patrimônio geomorfológico: conceptualização, avaliação e divulgação. Aplicação ao Parque Natural de Montesinho. Tese de Doutorado. Universidade do Minho, Braga. 2006.
- PONCIANO, L.C.M.O.; CASTRO, A.R.S.F.; MACHADO, D.M.C.; FONSECA, V.M.M.; KUNZLER, J. Patrimônio Geológico-Paleontológico e in situ e ex situ: Definições, vantagens, desvantagens e estratégias de conservação. In: Carvalho, I.S. et al. (eds.). Paleontologia: Cenários de Vida. Editora Interciência, 2011, v. 4, p. 853-869.
- REIS, R.P., HENRIQUES, M.H. Approaching an integrated qualification and evaluation system of the geological heritage. *Geoheritage* 1:1–10. 2009.
- RODRIGUES, J. C. Geoturismo, uma abordagem emergente. In: CARVALHO, C. N.; RODRIGUES, J.; JACINTO, A. (Eds) **Geoturismo & Desenvolvimento Local**. Câmara Municipal de Idanha-a-Nova - UNESCO European and Global Geopark, 2008, 309p.
- SHARPLES, C. **A methodology for the identification of significant landforms and geological sites for geoconservation purposes**. Forestry Commission, Tasmânia, 1993, 31p.
- SHARPLES, C. **Concepts and Principles of Geoconservation**. Documento em PDF disponibilizado na Tasmanian Parks & Wildlife Service website, 2002. Disponível em: <<http://www.parks.tas.gov.au/geo/conprin/define.html>>. Acesso em: 10 abr. 2015.
- SOUSA D.C.; NASCIMENTO M.A.L. Atividade de geoturismo no litoral de Icapuí/CE (NE do Brasil) e a necessidade de promover a preservação do patrimônio geológico. In: **Anais...** SBG/Núcleo NE, Simp. Geol. do Nordeste, 21, Recife, Boletim 19, 398- 402. 2005.
- STANLEY, M. Geodiversity. **Earth Heritage**, Londres, v.14: p. 15-18, 2000.
- STUEVE, A.M.; COOKS, S. D; DREW, D. **The Geotourism Study: Phase I – Executive Summary**. Washington: Travel Industry Association of America. 22p. 2002.



Territórios Brasileiros: Dinâmicas,  
Potencialidades e Vulnerabilidades  
28 de junho a 04 de julho de 2015  
Teresina - Piauí

WORTON, G.J. *A historical perspective on local communities and geological conservation.*

In: BUREK, C.V.; PROSSER, C.D. *History of Geoconservation.* London: Geological Society of London. Special Publication 300.2008, p.137-146.

## **CLIMA URBANO: CONCEPÇÕES TEÓRICAS, METODOLOGIAS, APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS**

**MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM**

Pesquisadora do CNPq – Produtividade em Pesquisa  
Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Estadual Paulista - UNESP  
Presidente Prudente - São Paulo – Brasil - mccta@fct.unesp.br

### **Resumo**

Este artigo tem como objetivo apresentar as perspectivas teóricas adotadas nos estudos de clima urbano em cidades de porte médio e pequeno no ambiente tropical e discutir os principais avanços referentes às técnicas para o diagnóstico, análise e representação espacial das ilhas de calor atmosféricas e superficiais.

**Palavras-chave:** Sistema Clima Urbano; ilha de calor; sensoriamento remoto; modelagem

### **URBAN CLIMATE: THEORETICAL CONCEPTIONS, METHODOLOGIES, APPLICATIONS AND PERSPECTIVES**

### **Abstract**

This article is intended to present theoretical perspectives adopted in urban climate studies on midsize and small size cities in tropical environment, and discuss the chief advances in terms of techniques for diagnosis, analysis and space representation of atmospheric and surface heat islands.

**Keywords:** Urban climate system; heat island; remote sensing; modeling

### **INTRODUÇÃO**

Para abordar o tema proposto nesta mesa intitulada “Estudos do Clima no Brasil: aplicações, metodologias de pesquisa e perspectivas contemporâneas” em primeiro lugar será destaca a inquestionável contribuição do Prof. Dr. Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro à Climatologia Geográfica Brasileira, particularmente para o ambiente urbano, por meio da proposta teórica e metodológica do “Sistema Clima Urbano” (Monteiro, 1976).

Como destacou Zavattini (2000), existe uma “escola brasileira de climatologia geográfica” construída com método próprio tendo como referência os trabalhos de Monteiro, particularmente a partir da década de 1960.

Tal “escola” revelou a dinâmica da climatologia, por meio de seus movimentos rítmicos na busca de um paradigma que fosse capaz de diferenciar os objetivos da Geografia daqueles da Meteorologia, assim como na transferência da utilização do conceito de clima de Hann para Sorre (1951). Houve, portanto, uma proposta de renovação dos estudos do clima, no âmbito da Geografia, por meio de uma revisão conceitual passando da visão estática à

dinâmica climática. Desta forma, as técnicas ligadas à dinâmica climática que levam em consideração a gênese do clima são capazes de explicar as diversidades climáticas existentes na superfície da Terra.

Neste sentido, os tipos de tempo devem ser observados em sequências, ou seja, em “cadeias de tipos de tempo” e “através disto é que se poderá alcançar o ritmo climático, capaz de exibir a tendência habitual, sem esquecer os desvios extremos” (Monteiro, 2015, p. 70).

Parte-se, portanto, do princípio de que o clima de um lugar é resultado das interações entre os elementos que o compõem em relação às características da superfície e, na perspectiva da climatologia geográfica, foram propostas técnicas “que buscam, na atmosfera, a gênese dos fenômenos climáticos e analisam as consequências de seus impactos sobre o ambiente, encarando-as como resultantes dessas interações” (Zavattini, 2013, p. 14).

Os trabalhos intitulados: Análise Rítmica em Climatologia (Monteiro, 1971), Dinâmica Climática e as Chuvas e as Chuvas no Estado de São Paulo (Monteiro, 1973), Teoria e Clima Urbano (Monteiro, 1976), Clima e Excepcionalismo (Monteiro, 1991), foram apresentados por Sant’Anna Neto (2014), como os fundadores do pensamento monteriano.

A partir desta produção a comunidade científica voltada aos estudos dos climas no Brasil na Geografia, em sua maioria, tem buscado aprofundar e produzir conhecimentos que se sustentam de um corpo teórico e de procedimentos que visam à análise geográfica. Particularmente na climatologia urbana, os principais avanços observados nos últimos anos dizem respeito às técnicas mais sofisticadas de aquisição e análise de dados com instrumentos registradores, além do uso do sensoriamento remoto e das formas de apresentação dos resultados por meio da representação espacial das informações.

Partindo-se, portanto, da climatologia dinâmica dos fenômenos climáticos, o foco central deste artigo é discutir os aspectos teóricos que sustentam a climatologia urbana, particularmente a geração das ilhas de calor urbanas e os procedimentos de pesquisa utilizados nas cidades de porte médio e pequeno, visando evidenciar suas aplicações e perspectivas contemporâneas.

## **OS PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DOS ESTUDOS DO CLIMA URBANO**

A proposta do “Sistema Clima Urbano” desenvolvida por Monteiro (1976) é a principal referência teórica e metodológica utilizada no Brasil para os estudos de clima urbano. Tem sido utilizada não apenas por geógrafos, mas também por pesquisadores



interessados no ambiente urbano, como, por exemplo, os engenheiros, os arquitetos e urbanistas.

Tal proposta focaliza o clima da cidade sob uma perspectiva integradora que propõe adotar uma concepção dinâmica dirigida pelo paradigma do *ritmo de sucessão habitual dos estados atmosféricos* sobre as cidades e buscar a mensuração do *ar comprometido* dentro da realidade do ambiente urbano (Monteiro, 1976), diferenciando, portanto, os propósitos meteorológicos dos geográficos nos estudos dos climas das cidades.

O referencial teórico proposto fundamentou-se na perspectiva sistêmica e o clima urbano foi definido como “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 1976, p. 95). Para tais estudos o autor sugeriu a adoção de três subsistemas: o termodinâmico, o físico-químico e o hidrometeorológico. Esta organização baseou-se nos canais de percepção humana, pois segundo o proponente, os seres humanos devem constituir o referencial dos problemas e valores dos fatos geográficos e os resultados desta análise visam principalmente o planejamento da cidade. Assim, nesta ordenação, foram considerados os seguintes canais de percepção humana:

- a) Conforto térmico: englobando as componentes termodinâmicas que, em suas relações, se expressam através do calor, ventilação e umidade nos referenciais básicos a esta noção. É o filtro perceptivo bastante significativo, pois afeta a todos permanentemente. Constitui, seja na climatologia médica, seja na tecnologia habitacional, assunto de investigação de importância crescente.
- b) Qualidade do ar: a poluição é um dos males do século, e talvez aquela que, por seus efeitos mais dramáticos, atrai mais a atenção. Associada às outras formas de poluição (água, solo, etc.), a do ar é uma das mais decisivas, na qualidade ambiental urbana.
- c) Meteoros de impactos – aqui estão agrupadas todas aquelas formas meteorológicas, hídricas (chuva, neve, nevoeiros), mecânicas (tornados) e elétricas (tempestades), que assumindo, eventualmente, manifestações de intensidade são capazes de causar impactos na vida da cidade, perturbando-a ou desorganizando-lhe a circulação e serviços (Monteiro, 1976, p.100).

A proposta do Sistema Clima Urbano encontrou grande aplicabilidade e tem orientado diversos estudos no país criando o que Mendonça (2015) denominou de “escola brasileira de climatologia urbana”. Grande parte dos estudos tem contribuído para a elaboração de diagnósticos da geração do clima urbano e muitos deles com subsídios para mitigar os problemas decorrentes.

Assim, as transformações na paisagem proporcionadas pela urbanização alteram o balanço de energia, sendo essas transformações causadas: pela retirada da vegetação original, pela impermeabilização da superfície, pela concentração de edificações, pela verticalização, pelas características dos materiais construtivos utilizados, pelo aumento da circulação de

veículos e pessoas, pelas mudanças no relevo, por meio de aterros, canalizações de rios e córregos, além do lançamento de partículas e gases poluentes na atmosfera.

As características geológicas e urbanas produzidas no processo de expansão territorial urbana, modificam os elementos do clima, dando respostas próprias do clima urbano, por meio da geração das ilhas de calor e das ilhas secas, do desconforto térmico, das inversões térmicas, das inundações e alagamentos, da chuva ácida, da poluição do ar, dentre outros.

Dos três subsistemas desta proposta, o termodinâmico, o hidrometeorológico e o físico-químico (Monteiro, 1976), os dois primeiros tiveram maior atenção nos estudos realizados no Brasil. Segundo Mendonça (2015, p. 160), “a temperatura do ar nas cidades, a formação das ilhas de calor e frescor urbano, a inversão térmica e as situações de desconforto térmico, é fato notório que todas se intensificaram em consonância à urbanização tropical”. Além disso, “os efeitos das chuvas intensas e das inundações associadas, geralmente sazonais que, concomitantes a movimentos de terra, são geradores de graves impactos sobre a economia e sobre a vida urbana” (Mendonça, 2015, p. 160).

Os estudos que temos desenvolvido em diferentes cidades de porte médio e pequeno, partem dessa perspectiva teórica para o seu desenvolvimento, tendo no ambiente urbano o foco das atenções, especialmente no desenvolvimento e aperfeiçoamento de metodologias para o diagnóstico e representação espacial das ilhas de calor urbanas. Esta opção se justifica pelos rigores das altas temperaturas naturalmente registradas no clima tropical e as ilhas de calor proporcionam situações ainda mais desconfortáveis para a população. Além disso, sob condições atmosféricas de temperaturas baixas (atuação de massas polares), quando as ilhas de calor poderiam amenizar situações de desconforto para frio, se estas estiverem associadas à poluição atmosférica, podem proporcionar a concentração de poluentes, na medida em que as áreas com temperaturas mais elevadas provocam diferenças na pressão atmosférica (pressão menor nas áreas mais aquecidas), podendo resultar em problemas de saúde pública.

## **AS CIDADES DE PORTE MÉDIO E PEQUENO E AS ESCALAS CLIMÁTICAS**

Os estudos em cidades médias e pequenas têm se pautado no fato de que, assim como nos grandes centros urbanos, em aglomerações com menores dimensões territoriais e complexidades do ponto de vista de sua estruturação, tem sido observado fortes transformações na paisagem natural, materializadas através de diferentes formas de poluição do ar, água, solo e subsolo, além de transformações na morfologia e estrutura do ambiente urbano. Rios e córregos são canalizados ou

têm seus cursos alterados; a morfologia é modificada através de aterros e construções; a vegetação é retirada; e a associação das atividades urbanas com a forma de ocupação do solo, provocam alterações nos elementos climáticos.

Desta maneira, o clima é um dos elementos que tem sofrido modificações no decorrer do tempo, e estudos do clima urbano têm sido justificados pela expressão que as cidades tomaram nos últimos anos, principalmente no que se refere à quantidade de pessoas que vivem nos centros urbanos, e conseqüentemente são afetadas por suas características específicas. Assim,

This makes study of urban climates doubly important; first to ensure a pleasant and healthy environment for urban dwellers, and second to see that the effects of urbanization do not have harmful repercussions on larger scale (even planetary) climates. (Oke, 1978, p.240).

Por muito tempo os estudos da atmosfera urbana desenvolveram-se sob uma perspectiva estática, matemática e isolada de possíveis correlações com outros ramos do saber.

Monteiro (1976) apresentou parte da bibliografia internacional referente ao tema clima urbano e afirmou que “...o caráter geral desta vasta produção é colocado sob perspectiva meteorológica onde a preocupação fundamental é avaliar o grau de transformação da atmosfera pela atividade urbana, persistindo aquele aspecto de abordagem em termos de homem versus natureza” (Monteiro, 1976, p.58).

Foi, sem sombra de dúvidas, a partir do emprego do princípio do funcionamento sistêmico da natureza (Teoria de Sistemas de Bertalanfy), da noção de dinâmica da atmosfera (Strahler) e das preocupações de alguns climatólogos com a interação estabelecida entre a atmosfera, o sítio e o fato urbano (materialidade humana), que o clima da cidade passou a ser enfocado de um ponto de vista mais holístico e numa dimensão evolutiva, originando os estudos de climas urbanos como se pode observar na atualidade (Mendonça, 1998, p.2).

As inter-relações entre os aspectos humanos e físicos implicam a adoção de um conceito de clima como um “sistema aberto, activo, e complexo, cuja vitalidade está na dependência directa da capacidade de trocar energia e matéria com o exterior” (...). (Monteiro, 1997, p.11).

Nos estudos de clima urbano, a perspectiva sistêmica permite entender as ações humanas no comportamento do clima, sem que se percam de vista as escalas que o organizam. No sistema climático o clima global reflete-se nos subsistemas climáticos regionais e locais para filtrar, seleccionar e conduzir a energia e a matéria.

O escalonamento das unidades climáticas foi proposto por Monteiro (1976). Estas unidades identificam-se no espaço geográfico em zonal, regional e local.

No nível zonal, por obra da latitude, decisiva no próprio fenômeno de diversificação, produz-se uma variedade setorial que, se não se afirma em faixas contínuas, organiza-se em grandes células. Estas seriam a expressão do segundo nível, aquele da definição macroregional. Nesta, os centros de ação e os sistemas meteorológicos vinculados a faixas zonais diferentes, participariam no sentido de produzir uma organização climática, gerada pelos mecanismos da circulação atmosférica regional, capaz de manter a organização espacial através do ritmo de sucessão temporal dos seus estados. (...) Dentro das regiões, os fatores geográficos, especialmente em suas associações ecológicas, poderiam, por sua vez, produzir nova gama de diversificações secundárias ou intermediárias até atingir os climas locais. Estes seriam graus de organização especializados, pelas íntimas integrações ecológicas no interior dos sistemas climáticos regionais, expressando-se, sobretudo, pelas variações quantitativas dos atributos. (...) Um clima local diversifica-se inicialmente ao nível de sua compartimentação geoecológica, base mesma da identificação dos mesoclimas, passando a organizar-se no nível dos topoclimas e especializar-se nos microclimas. (Monteiro, 1976, p.115-116).

Assim, a grandeza escalar do clima urbano dependerá dos fatores que o definem como, por exemplo, a extensão da cidade e sua posição no relevo. O que está explícito nesta abordagem escalar é a não definição de limites rígidos, “(...), mas a preocupação em caracterizar a organização hierárquica em termos de ligações, no plano vertical, e entrelaçamento, no plano horizontal”. (Monteiro, 1976, p.116). A estrutura interna do clima urbano é definida por meio da conexão de suas partes.

Na entrada de energia no sistema clima urbano encontram-se as seguintes referências:

Sistema Geral – circulação atmosférica regional como intermediador entre a radiação solar e a energia líquida recebida no local.

Conforto Térmico: espectro de tipos de tempo como expressão das variações temporais (sazonais) sobre o espaço local, relacionando o quantus ao modus.

Qualidade do Ar – espectro rítmico temporal como expressão das variações horizontais (circulação regional no tempo, vindas do ambiente e aquelas específicas locais (radiação solar), verticalmente incidentes sobre o próprio núcleo).

Impacto Meteorológico – impacto pluvial concentrado como atributo tropical. (Monteiro, 1990, p.103).

Assim, no estudo do clima urbano é fundamental a relação entre as diferentes escalas geográficas, desde a zonal até a local, onde se encontra o urbano e as diversas possibilidades de articulações entre os mesoclimas, topoclimas e microclimas.

## O DIAGNÓSTICO DAS ILHAS DE CALOR URBANAS

As ilhas de calor atmosféricas são bolsões de ar quente decorrentes da capacidade diferenciada dos materiais encontrados na superfície de armazenar e refletir a energia solar e da produção do calor antropogênico.

Segundo Oke (1978), a característica mais significativa da ilha de calor atmosférica é sua intensidade, entendida como a diferença entre o máximo da temperatura urbana e o mínimo da temperatura rural.

García (1996) definiu a intensidade e a magnitude das ilhas de calor considerando-se as diferenças térmicas registradas por meio dos seguintes parâmetros: ilha de calor de fraca magnitude, quando as diferenças entre os pontos mais quentes e mais frios variam de 0°C a 2°C, de média magnitude, quando variam de 2°C a 4°C, de forte magnitude quando variam de 4°C a 6°C e de muito forte quando superiores a 6°C.

Os fatores que contribuem à formação das ilhas de calor atmosféricas resultam do balanço de energia na cidade que é consequência dos aspectos geoecológicos e urbanos. Dentre os fatores geoecológicos destacam-se a situação sinótica, o relevo e a presença de superfícies com vegetação e/ou água e dentre os urbanos, as características dos espaços construídos e as atividades humanas.

As atividades humanas, tais como, o tráfego de veículos e, nas cidades tropicais, o uso de climatizadores de ambientes são grandes consumidores de energia e geram o aumento de calor. Este calor é somado aos materiais urbanos aquecidos durante o dia, através radiação solar, e é retido entre os edifícios pelas reflexões múltiplas entre eles, assim reduzindo a interface com a atmosfera. As áreas verdes reduzidas e a impermeabilização do solo também contribuem para a intensificação das ilhas de calor, porque há diminuição no processo de evapotranspiração, assim não há o resfriamento por evaporação na cidade (PINHO e ORGAZ 2000).

A formação e principalmente a intensidade das ilhas de calor estão relacionadas às condições sinóticas atuantes, que estabelecem o tipo de cobertura do céu, a velocidade e direção do vento e as precipitações. Assim, por exemplo: a ausência de ventos ou brisas leves dificulta a dispersão do calor urbano, fazendo com que ocorra a intensificação da ilha de calor; por outro lado, se a velocidade do vento é mais intensa, a turbulência faz com que o calor seja removido da cidade e, por conseguinte, as diferenças de temperatura entre o urbano

e o rural são menores. As nuvens reduzem a recepção e a devolução da radiação e moderam a intensidade da ilha de calor urbana (PINHO e ORGAZ, 2000).

Nos estudos em cidades pequenas e de médio porte partimos do princípio de que as áreas urbanas se constituem como polos de atração populacional. Como a segregação socioespacial é uma das características presentes nas cidades brasileiras, os bairros populares têm sido estabelecidos nas periferias urbanas e em grande parte deles são utilizados materiais construtivos inadequados tanto do ponto de vista da qualidade de vida, quanto da eficiência térmica.

Este princípio tem direcionado as pesquisas que tem proporcionado o desenvolvimento de metodologias para diagnosticar a magnitude e a intensidade das ilhas de calor urbanas em cidades de porte médio e pequeno no clima tropical, levando-se em consideração as características da superfície e dos sistemas atmosféricos atuantes.

A literatura aponta três tipos de ilhas de calor urbanas em função da camada onde são encontradas: 1 – a ilha de calor superficial diagnosticada por meio do sensoriamento remoto; 2 – a ilha de calor atmosférica inferior, que Oke (1978) denominou *urban canopy layer*, compreendida entre o nível do solo e o nível médio dos telhados. Neste caso, as temperaturas são medidas abaixo do nível do topo dos edifícios, por meio de diferentes procedimentos, tais como, transectos móveis (medidas itinerantes com veículos) e pontos fixos por meio de uma rede de estações meteorológicas ou registradores automáticos inseridas na malha urbana e no ambiente rural; 3 - a ilha de calor da atmosfera urbana superior, denominada, segundo Oke (1978), por *urban boundary layer*. Esta se sobrepõe à anterior e se estende por vezes até à atmosfera livre. Trata-se portanto da parte superior da camada limite urbana, em que particularmente as características de temperatura, umidade, turbulência e composição da atmosfera são influenciadas pela presença da cidade (Oke, 1978).

No Brasil a ICU da atmosfera inferior tem sido a mais estudada e é, por essa razão, a mais conhecida. Os trabalhos realizados tem buscado compreender os ritmos térmicos urbanos, assim como a intensidade e magnitude das ilhas de calor, além de sua distribuição espacial.

Os estudos sobre ilhas de calor de superfície são menos comuns no Brasil e tem aumentado nos últimos anos. Estes podem ser realizados por meio de imagens de satélites ou por sensores termais instalados em aeronaves. O uso de imagens de satélite tem crescido devido ao desenvolvimento de satélites com alta resolução espacial. No Brasil, Lombardo (1985), realizou estudo pioneiro utilizando-se de imagens do satélite NOAA/AVHRR, com a



identificação de temperaturas maiores na área urbanizada e, devido à resolução espacial desse satélite (1,1km), não foi possível o detalhamento das características térmicas intraurbanas. Voos em aeronaves especiais viabilizam uma visão mais detalhada de temperatura da superfície, pois essas podem voar mais próximas à superfície e assim viabilizam a coleta de imagens com maior resolução, entretanto são caros e necessitam de autorização para voar a altitudes mais baixas do que é normalmente permitido.

Atualmente tem sido utilizadas imagens do Landsat (Land Remote Sensing Satellite) 5 e 7 (banda 6 do canal infravermelho termal com resoluções espaciais de 120 e 60 metros, respectivamente) e do Landsat 8, bandas 10 e 11, do infravermelho termal/TIRS 1, com resolução espectral de 10.6 – 11.19  $\mu\text{m}$  e resolução espacial de 100 metros, mas tratadas e disponibilizadas com pixel de 30 metros pela USGS (United States Geological Survey).

Voogt e Oke (2003) evidenciam que o sensoriamento remoto termal, tanto por meio de aeronaves como por satélites, tem propiciado novas formas de observações sobre as ilhas de calor, bem como a compreensão de suas causas e características. O sensoriamento remoto tem sido utilizado para medir temperaturas e outras características das superfícies, tais como, tipos de coberturas e pavimentos, vegetação e solo nu. Isso é possível por meio da medição de energia refletida e emitida a partir dos objetos presentes na superfície. Mede-se com esses sensores a energia visível e invisível que irradia dos alvos.

A principal vantagem de se utilizar o sensoriamento remoto é sua capacidade de permitir a visualização de temperaturas em grandes áreas; entretanto, é possível obter apenas uma vista panorâmica de temperaturas superficiais, sem que seja viável se obter as temperaturas de paredes e sob a vegetação, por exemplo.

No Brasil o número de trabalhos relacionados às ilhas de calor superficiais que se utilizam do sensoriamento remoto tem crescido, particularmente nas regiões metropolitanas e em cidades de grande porte (Lombardo, 1985; Teza e Baptista, 2005; Sousa e Baptista, 2005; Bias, *et al.*, 2005; Andrade, *et al.* 2007; Coltri, *et al.* 2007). Nos últimos anos as cidades de porte médio e pequeno têm sido alvo de estudos das temperaturas superficiais; dentre eles destacam-se Amorim, *et al.*, 2009; Cruz, 2009; Amorim e Monteiro, 2011; Ugeda, 2013; Amorim, 2013; Ortiz e Amorim, 2013; Frasca e Amorim, 2013, dentre outros.

## AS REPRESENTAÇÕES ESPACIAIS DAS ILHAS DE CALOR URBANAS

A espacialização das diferenças das temperaturas intraurbanas e rurais próximas são importantes, pois oferecem produtos que podem contribuir para a rápida visualização das áreas da cidade onde as ilhas de calor atmosféricas se estabelecem.

Para as ilhas de calor superficiais, as temperaturas dos alvos têm sido obtidas por meio do tratamento de imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8, que permitem observar as relações diretas entre a densidade de construção, os tipos de materiais utilizados nas coberturas e a presença de vegetação na superfície (Figura 1).

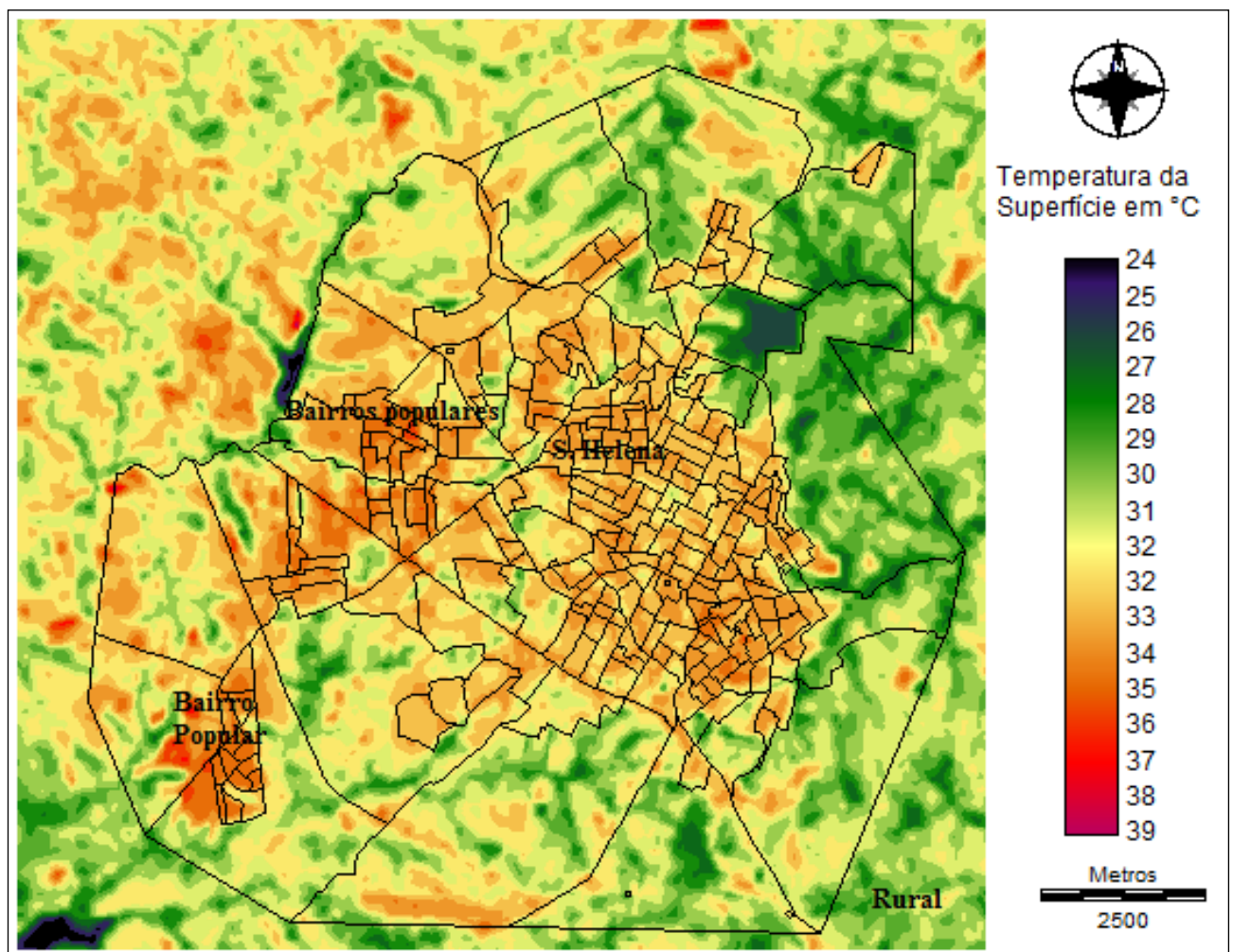


Figura 1 - Presidente Prudente: Carta de temperatura da superfície gerada a partir da imagem do infravermelho termal (banda 10) do Landsat-8 de 09/11/2013.

Fonte: Amorim, 2014.

As formas de representações espaciais das ilhas de calor atmosféricas podem ser feitas por meio de interpolações, representações localizadas nos pontos de medidas e por meio de modelagem.

Todas as formas de representações possuem vantagens e limites. Na figura 2, foram plotadas as temperaturas medidas em transectos móveis. Nela se tem a vantagem de se localizar as medidas ponto a ponto, podendo-se verificar as diferenças intraurbanas e rurais próximas exatamente onde foram medidas. A principal desvantagem é que a informação se limita ao ponto medido sem que haja a imediata “extrapolação” da informação.

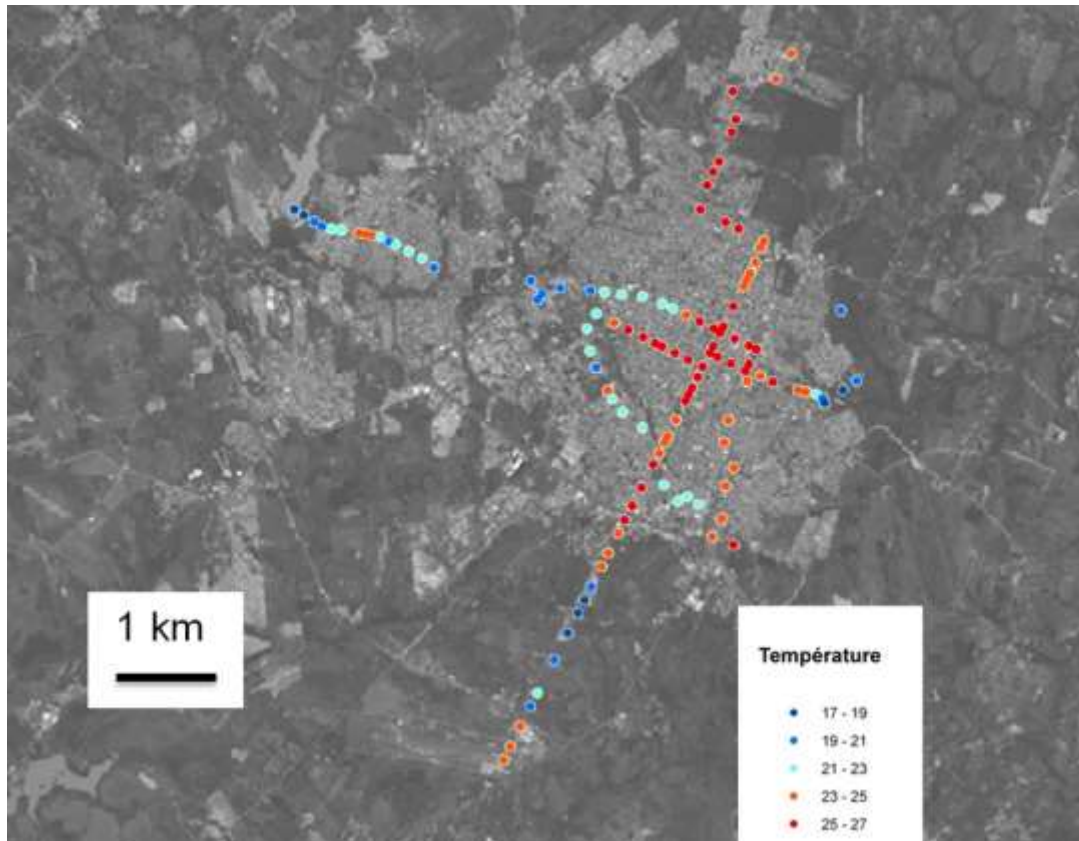


Figura 2 - Ilha de Calor Urbano em Presidente Prudente durante a noite de 25 de julho de 2002 (transectos térmicos, imagem Landsat no fundo em cinza)  
Fonte: Amorim, Dubreuil, Quenol, Sant'Anna Neto (2009), p. 10.

A forma de representação mais utilizada para a representação das ilhas de calor atmosféricas urbanas por meio de transectos e até mesmo pontos fixos, se refere à interpolação dos dados de temperaturas registradas. Para isso, o aplicativo mais utilizado é o Surfer<sup>1</sup> e o método de interpolação, a krigagem<sup>2</sup>. O cruzamento dos pontos de registro das temperaturas com a planta georreferenciada permite a elaboração de cartas de isotermas (Figura 3). Os perfis longitudinal e latitudinal que também podem ser observados na Figura 3 (nos eixos X e Y) simulam as feições da paisagem urbana e do rural próximo percorridas no trajeto do transecto e buscam amenizar uma das limitações da interpolação que se refere às possíveis diferenças nas superfícies medidas, que podem

<sup>1</sup> Surfer é de domínio da Golden Software.

<sup>2</sup> Segundo Silva (1999, p. 175), a Krigagem é um procedimento geoestatístico “definido como uma estimativa de um atributo em um volume de suporte através da ponderação de todas as amostras disponíveis [...] Existem diferentes tipos de krigagem, podendo dar impressão de complexidade. Em verdade, todas são técnicas de regressão que diferem apenas nos tipos peculiares de funções obtidas a partir de dados que estão sendo combinados para a obtenção da estimativa”.



receber a mesma temperatura. Assim, tais perfis permitem observar a variação da temperatura do ar de acordo com os usos e cobertura da terra.

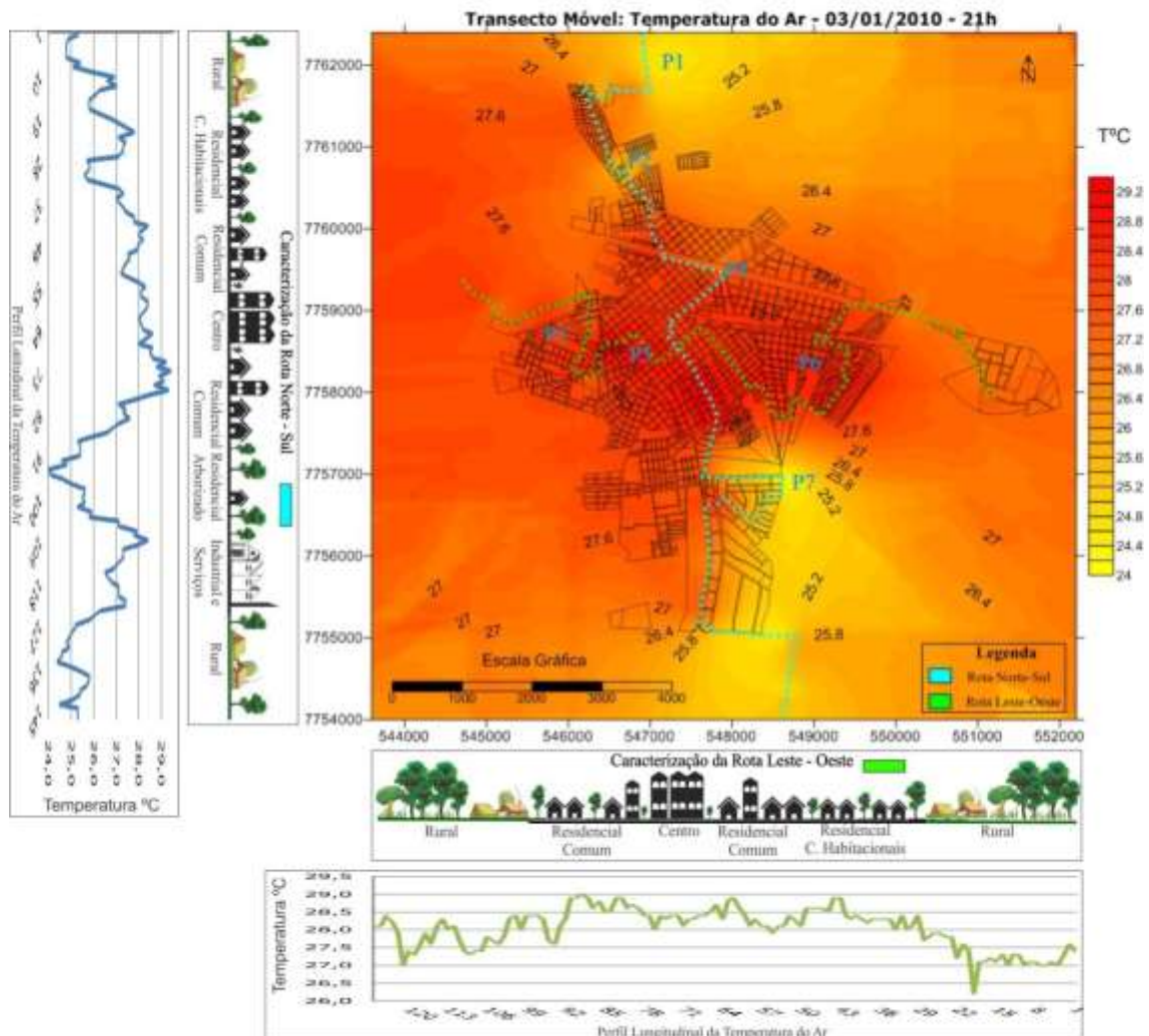


Figura 3 – Jales/SP: Temperatura do Ar – 03/01/2010 – 21h.  
 Fonte: Ugeda, 2012.

A modelagem das ilhas de calor urbanas, com o propósito de estimar a temperatura do ar no ambiente urbano e rural próximo, considerando-se os detalhes das características da superfície (uso da terra, vegetação, relevo) permite contribuir para intervenções mais localizadas que podem amenizar as ilhas de calor atmosféricas (Figura 4).

Esta técnica de representação das ilhas de calor oferece um avanço significativo em relação às formas tradicionais de representações cartográficas por meio de interpolações. Tais interpolações das temperaturas do ar, embora muito úteis do ponto de vista da visualização da distribuição da temperatura (Figura 3), não levam em consideração as características dos alvos superficiais e do relevo e produzem resultados que dificultam intervenções mais localizadas.

Na Figura 4 apresenta-se um exemplo da modelagem da ilha de calor urbana para a cidade de Rancharia/SP (Frasca Teixeira, Amorim, Dubreuil, 2015). O modelo foi eficiente para a estimação da temperatura do ar e para a espacialização da ICU a partir da relação com a ocupação da terra pois as variáveis aplicadas explicam 85% da variabilidade dos dados.

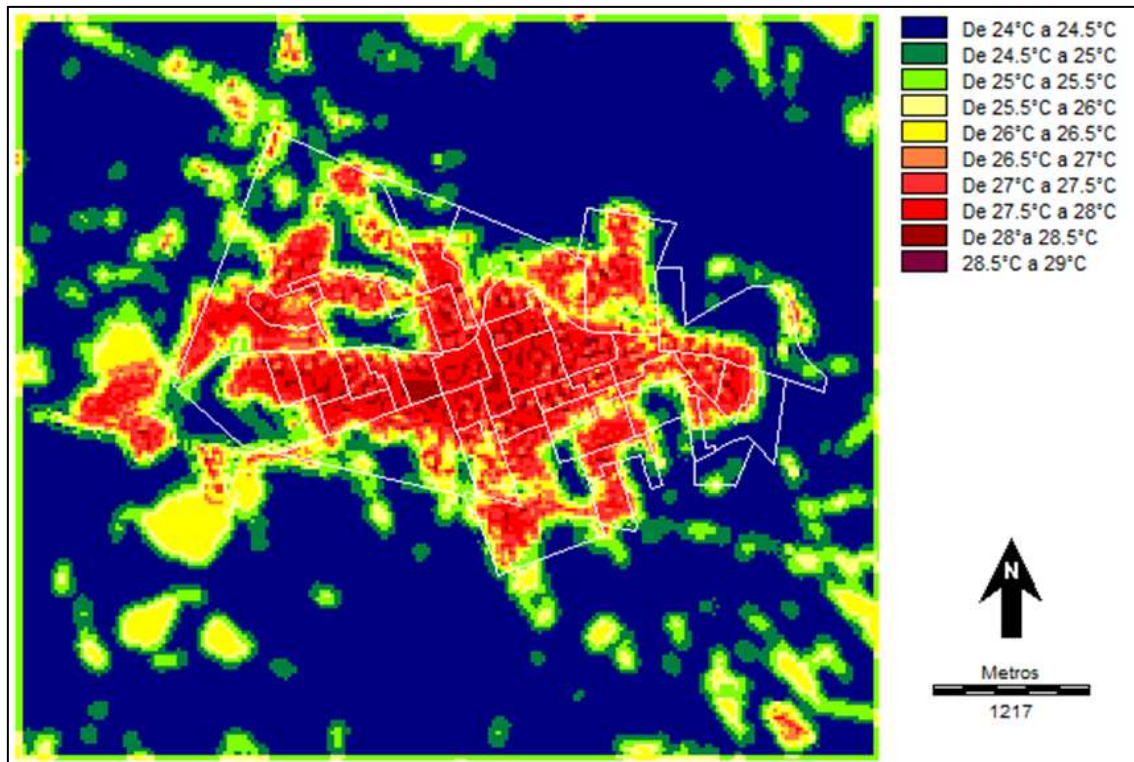


Figura 4 - Modelagem da ilha de calor urbana de Rancharia (SP), elaborada a partir da relação entre a temperatura do ar, classes de uso da terra e a imagem Landsat 7 do dia 20/01/2014.

Fonte: (Frasca Teixeira, Amorim, Dubreuil, 2015, p. 3187)

A distribuição da ICU se associou às formas de ocupação urbanas, vegetação arbórea esparsa de menor porte e o seu núcleo se posicionou no centro urbano densamente construído. Nas áreas periféricas representativas do rural próximo, ocupado por pastagens, cana-de-açúcar e eucaliptos foram estimadas as menores temperaturas do ar. Desta forma, confirma-se que a variação do uso da terra relaciona-se com a variação na temperatura do ar.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos da climatologia urbana tem se pautado na dinâmica da atmosfera por meio do estudo dos episódios e da compreensão das características da atmosfera urbana, particularmente da temperatura, em relação aos aspectos geocológicos e urbanos presentes na superfície.

Além das contribuições que as pesquisas têm oferecido em termos das reflexões teóricas, na abordagem do paradigma do Sistema Clima Urbano, proposto por Monteiro (1976), tem se buscado também refletir sobre a perspectiva de análise de Sant'Anna Neto (2001). Nesta perspectiva, a abordagem climática é proposta no sentido de compreender como a produção do espaço, enquanto construção social, define as relações entre a sociedade e a natureza, e que a segregação socioespacial também se reflete na configuração dos climas das cidades, gerador de desigualdades ambientais.

No caminho percorrido para a realização de pesquisas em diferentes cidades médias e pequenas, tem se avançado nos seguintes aspectos:

a) geração de mapas de temperaturas dos alvos sob a atuação de diferentes sistemas atmosféricos, espacializando-se as ilhas de calor de superfície;

b) caracterização dos elementos do clima, particularmente da precipitação nos meses que antecedem a tomada das imagens porque disso depende o padrão de aquecimento da área rural, especialmente na manutenção da vegetação que provoca a diminuição das temperaturas dos alvos quando se compara com a vegetação seca ou solo exposto;

c) caracterizações geoambientais e urbanas por meio de mapas detalhados das cidades;

d) análises da evolução e manutenção da magnitude e intensidade das ilhas de calor atmosféricas em ambientes tropicais nos diferentes tipos de tempo.

As características climáticas das cidades localizadas no ambiente tropical apresentam, naturalmente, temperaturas elevadas na maior parte do ano. As ilhas de calor são responsáveis pela intensificação do desconforto térmico que podem contribuir para efeitos diretos sobre a mortalidade e morbidade devido ao grande número de pessoas expostas. Essas relações pouco têm sido estudadas no Brasil, entretanto, a influência das altas temperaturas sobre a morbidade e mortalidade foi demonstrada em diversos estudos, dentre eles destaca-se o realizado por Días, et al., 2002. Neste estudo verificou-se a existência de algumas condições críticas a partir das quais a mortalidade aumenta (Garcia, 2009).

As temperaturas elevadas também interferem no aumento do consumo de energia, particularmente no verão. Na realidade brasileira há parcela significativa da população de baixa renda que tem sua situação agravada na medida em que, por falta de opção, se utiliza de materiais construtivos pouco adequados, além de ocuparem lotes pequenos, completamente construídos e sem cobertura vegetal significativa. Tais fatores contribuem para os efeitos adversos do calor armazenado nas edificações, expondo essas pessoas a situações de insalubridade que podem se manifestar na forma de enfermidades como doenças respiratórias e do aparelho circulatório.



Medidas precisam ser tomadas para amenizar situações de desconforto térmico particularmente no verão, quando as temperaturas são naturalmente elevadas e são intensificadas pela geração das ilhas de calor urbanas. Neste sentido, os estudos realizados tem demonstrado a necessidade de plantio de árvores com espécies adequadas ao ambiente tropical; a utilização de materiais construtivos adequados que não exijam a climatização dos ambientes internos; ao se implantar novos loteamentos, as características climáticas devem ser consideradas, evitando-se a impermeabilização generalizada do solo e a edificação em toda a área do terreno, propiciando maior quantidade de áreas permeáveis no ambiente urbano.

Para finalizar, cabe destacar que muitas das cidades de pequeno e médio porte já apresentam particularidades do ponto de vista do clima urbano. O adensamento urbano quando ocorre sem que as características físicas do ambiente sejam levadas em consideração, apresenta inúmeras características negativas, que acabam por gerar queda na qualidade ambiental e na qualidade de vida dos cidadãos. Assim, mesmo as cidades de médio e pequeno porte têm apresentado problemas ambientais e sociais que refletem no comprometimento da qualidade de vida das pessoas e o clima é “um importante indicador de qualidade ambiental urbana e de qualidade de vida da população” (AMORIM, 2012, p. 78).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, M. C. C. T. O clima urbano a partir do sensoriamento remoto e de registros da temperatura do ar. In: XIV Encuentro de Geógrafos de América Latina: reencuentro de saberes territoriales latinoamericanos, 2013, Lima. *Anais...Lima/Peru*: UGI, 2013. p. 1-18.

AMORIM, M. C. C. T. . As temperaturas da superfície e do ar: contribuições aos estudos de clima urbano. In: X Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica; V Simpósio Paranaense de Climatologia, Reunião da CoC-UGI, 2014, Curitiba. *ANAIS DO X SIMPÓSIO BRASILEIROS DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA*. Curitiba: UFPR, 2014. p. 1122-1130.

AMORIM M.C.C.T., DUBREUIL V., QUENOL H., SANT'ANNA J.L. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). *Confins* [Online], 7-2009. 16p. <http://confins.revues.org/index6070.html>

AMORIM, M. C. C. T., MONTEIRO, A. As temperaturas intraurbanas: exemplos do Brasil e de Portugal. *Confins (Paris)*. , v.13, 2011. p.1 – 18.

ANDRADE, L. L.; SOUZA, L. H. ; SAKURAGI, J.; CASTRO, R. M. Estudo de ilhas de calor na cidade de São José dos Campos utilizando o canal infravermelho termal do Landsat-5 e o aerotransportado HSS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Santa Catarina, *Anais...Florianópolis*: INPE, 2007.

BIAS, E.S. BAPTISTA, G.M.M. A análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. *Anais...*, Goiás: INPE, 2005.

COLTRI, P. P.; VELASCO, G.D.N.; POLIZEL, J.L.; DEMÉTRIO, V.A.; FERREIRA, N.J. Ilhas de calor da estação de inverno da área urbana do município de Piracicaba, SP. Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 13, 2007, Santa Catarina, *Anais...* Florianópolis: INPE, 2007.

CRUZ, G. C. F. *Clima urbano de Ponta Grossa – PR: uma abordagem da dinâmica climática em cidade média subtropical brasileira*. Tese de doutoramento. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo/Brasil, 2009. 366 p.

Díaz, J., Jordán, A., García, R., López, C., Alberdi, J. C., Hernández, E. and Otero, A. Heat waves in Madrid 1986-97: effects on the health of the elderly. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 75, 2002. p. 163-70.

FRASCA TEIXEIRA, D. C.; AMORIM, M. C. C. T. Estudo do Clima Urbano a partir da Análise da Temperatura da Superfície no Município de Rancharia-SP. In: XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2013, Vitória. *Anais...* Vitória: UFES, 2013. p. 49-56.

FRASCA TEIXEIRA, D. C.; AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. . Modelagem da ilha de calor urbana para cidade pequena (Rancharia-SP) a partir de imagens do satélite Landsat 7 e de medidas da temperatura do ar. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2015, João Pessoa. *Anais do XVII SBSR*. João Pessoa: MCT/INPE, v. 1, 2015. p. 3181-3188.

GARCÍA, F. F. *Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación*. Madrid: Editorial síntesis, S.A., 1996. 285p.

García, F. F. Ciudad y cambio climático: aspectos generales y aplicación al área metropolitana de Madrid. *Investigaciones Geográficas*, 49. Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante, 2009. p. 173-195.

LOMBARDO, M. A. *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.

MENDONÇA, F. de A. O clima no planejamento da cidade: Um desafio aos urbanistas na defesa da qualidade ambiental. Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 3, 1998, Salvador. *Anais...*CD-Rom. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 1998.

MENDONÇA, F. DE A. O estudo do SCU – Sistema Clima Urbano – no Brasil: aplicações e avanços. MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo (Org.); SANT'ANNA NETO, João Lima (Org.) ; MENDONÇA, Francisco (Org.); ZAVATINI, J. A. (Org.). *A construção da climatologia geográfica no Brasil*. 1. ed. Campinas: Alínea, 2015. p. 155-166.

MONTEIRO, Ana. *O clima urbano do Porto: contribuição para a definição das estratégias de planejamento e ordenamento do território*. Fundação Calouste Gulbenkian, Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, 1997. 485p.

Monteiro, C. A. de F. Análise rítmica em climatologia. *Climatologia*. São Paulo: USP/IGEOG, n.1, 1971.

Monteiro, C. A. de F. *A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo*. São Paulo: FAPESP/USP/IGEOG, 1973. 129p.

MONTEIRO C. A. de F. *Teoria e Clima Urbano*. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p. (Série Teses e Monografias, 25).

MONTEIRO C. A. de F. A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de um “clima urbano”. *Geosul*, Florianópolis, v.5, n.9, 1990. p. 80-114.

MONTEIRO C. A. de F. *Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico*. Florianópolis: UFSC, 1991. 241p.

- MONTEIRO, C. A. de F. A climatologia geográfica no Brasil e a proposta de um novo paradigma. MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo (Org.); SANT'ANNA NETO, João Lima (Org.) ; MENDONÇA, Francisco (Org.); ZAVATINI, J. A. (Org.). *A construção da climatologia geográfica no Brasil*. 1. ed. Campinas: Alínea, 2015. p. 61- 153.
- OKE, T. R. *Boundary Layer Climates*. London: Methuen & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1978. 372p.
- ORTIZ, G.F. ; AMORIM, M. C. C. T. Índice de vegetação por diferença normalizada (ndvi), temperatura da superfície e do ar na cidade de Tarumã/SP. In: XIV Encuentro de Geógrafos de América Latina: reencuentro de saberes territoriales latinoamericanos, 2013, Lima/Peru. *Anais...Lima/Peru*: UGI, v. 1, 2013. p. 1-20.
- PINHO, O. S.; ORGAZ, M. D. M. The urban heat island in a small city in coastal Portugal. *International Journal of Biometeorology*, 44: 198-203, 2000.
- SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma Geografia do Clima: antecedentes histórico, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. In: *Terra Livre*, São Paulo, n.20– 2º semestre/2001. p. 49-62.
- SANT'ANNA NETO, J. L. Medir o tempo, ler, interpretar e sentir o clima: uma climatologia a serviço do entendimento das relações entre os homens e seus lugares, entre as sociedades e seus territórios. SILVA, C. A. (Org.) ; FIALHO, E. S. (Org.) ; STEINKE, E. T. (Org.). *Experimentos em Climatologia Geográfica*. 1ª. ed. Dourados (MS): Editora da UFGD, 2014.p. 23-32.
- SORRE, M. *Les fondements biologiques de La Géographie Humaine: essai d'une écologie de l'homme*. Paris : Armand Colin, 1951.
- SOUSA, D.O.; BAPTISTA, G.M.M. Análise da influência da resolução espacial na determinação das ilhas urbanas de calor em São Paulo, por meio dos sensores ASTER e MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. *Anais...*, Goiás: INPE, 2005.
- TEZA, C.T.V.; BAPTISTA, G.M.M. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER on demand 08 – Kinetic Temperature (III): metrópoles brasileiras. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. *Anais...*, Goiás: INPE, 2005.
- UGEDA JÚNIOR, J. C. *Clima urbano e planejamento na cidade de Jales-SP*. (Tese de Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.
- UGEDA JÚNIOR, J. C. Correlação entre a temperatura da superfície e temperatura do ar na cidade de Jales-SP. In: Margarete Cristiane Trindade Amorim, João Lima Sant'Anna Neto e Ana Monteiro. (Org.). *Climatologia Urbana e Regional: questões teóricas e estudos de caso*. São Paulo: Outras Expressões, v.1 , 2013. p. 291-316.
- VOOGT, J. A.; OKE, T.R. Thermal remote sensing of urban climates, *Remote Sensing of Environment*, 86, 370-384, 2003.
- ZAVATTINI, J. A. Desenvolvimento e perspectiva da climatologia geográfica no Brasil: o enfoque dinâmico, a noção de ritmo climático e as mudanças climáticas. SANT'ANNA NETO, João Lima (Org.); ZAVATINI, J. A. (Org.) . *Variabilidade e mudanças climáticas*. Maringá: EDUEM, 2000. p. 225-252.
- ZAVATTINI, J. A. A pesquisa em Climatologia Geográfica. ZAVATTINI, J. A. (Org.); BOIN, M. N. *Climatologia Geográfica : teoria e prática de pesquisa*. Campinas: Editora Alínea, 2013. p. 13-28.

## **DESERTIFICAÇÃO NO BRASIL: DESAFIOS E AVANÇOS TEÓRICO- METODOLÓGICOS**

**BARTOLOMEU ISRAEL DE SOUZA**

UFPB/DGEOC/PPGG

bartolomeuisrael@gmail.com

### **INTRODUÇÃO**

A desertificação é um tipo de degradação ambiental de ocorrência bastante antiga, estando presente sempre que algumas formas do Homem utilizar os recursos naturais nos ambientes de clima seco tenha criado uma situação de superação da resiliência destes. Dessa forma, esse tipo de degradação constitui-se em uma mudança importante na abundância das espécies, nas características originais dos solos ou processos dos ecossistemas dessas regiões, em resposta às perturbações ou alterações nas condições ambientais (SCHEFFER & CARPENTER, 2003; BESTELMEYER et al., 2011; BESTELMEYER et al., 2015).

Levando em consideração os principais eventos que fizeram com que a desertificação passasse a ser alvo da atenção mundial, acarretando o medo de que o mesmo pudesse ou já estivesse começando a acontecer em outras áreas, temos a ocorrência do Dust Bowl, nos EUA, na década de 1930, e a grande seca que atingiu a região do Sahel (África), entre o final dos anos 1960 e início dos anos 1970. Nos dois casos, as formas insustentáveis de uso dos solos, em muito resultantes de resquícios coloniais e agravadas pelas relações de mercado em nível mundial, acentuaram os problemas gerados pela ocorrência de estiagens prolongadas, ao mesmo tempo em que grande parte da população atingida e das economias locais não estava preparada para lidar com o aumento das adversidades existentes a partir daquele momento, dando início a forte crise social, morte de milhares de cabeças de gado e perdas de safras, características ainda hoje presentes em grande parte das zonas de clima seco no mundo, particularmente nas regiões subdesenvolvidas.

Acompanhando quase ao mesmo tempo o que estava acontecendo na América do Norte e principalmente na África, ao analisarmos um pouco a história recente do Brasil, temos a ocorrência de situações muito semelhantes, tanto nas causas como nas consequências, as quais atingiram principalmente parcelas significativas da Região Nordeste do país.

A partir dos eventos destacados anteriormente, várias reuniões foram e continuam a ser realizadas em diversas partes do mundo para discutir essa problemática, tanto do ponto de vista científico como na articulação para desenvolvimento de atividades que visem a prevenção dessa degradação e também a recuperação das áreas já atingidas, existindo um órgão específico da ONU

que trata sobre o tema, a United Nations to Combat desertification – UNCCD, com sede em Bonn (Alemanha).

A definição oficial para esse processo por parte da ONU, adotada desde 1992 no Rio de Janeiro, a partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92) e incorporada à Agenda 21, indica a existência de um entrelaçamento de fatores que resultam nesse tipo de degradação, os quais estão relacionados tanto as variações climáticas como as atividades humanas, atingindo os solos, os recursos hídricos, a vegetação, a biodiversidade e a qualidade de vida da população nas zonas de clima seco (CCD, 1995).

No contexto acima descrito, a degradação é entendida como

[...] a redução ou perda, nas zonas áridas, semi-áridas e sub-húmidas secas, da produtividade biológica ou econômica e da complexidade das terras agrícolas de sequeiro, das terras agrícolas de regadio, das pastagens naturais, das pastagens semeadas, das florestas ou das áreas com arvoredo disperso, devido aos sistemas de utilização das terras ou a um processo ou combinação de processos, incluindo os que resultam da actividade do homem e das suas formas de ocupação do território, tais como:

- (i) A erosão do solo causada pelo vento e/ou pela água;
- (ii) A deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou econômicas do solo e,
- (iii) A destruição da vegetação por períodos prolongados.

(CCD, 1995, p. 14).

Durante a Eco-92 as Nações Unidas negociaram a elaboração da Convenção Internacional de Combate à Desertificação e à Seca, sendo esta concluída em 1994 e assinada por mais de cem países, dentre eles o Brasil, o qual terminou o seu Plano Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca/PAN-Brasil, em 2004 (BRASIL, 2004). Neste documento, a área oficial de possível ocorrência deste fenômeno no país está concentrada em grande parte na Região Nordeste, envolvendo também um pequeno trecho da Região Sudeste (norte de Minas Gerais e noroeste do Espírito Santo). Todos os estados onde a desertificação é tida como possível de ocorrer, criaram em anos distintos os seus próprios planos de combate ao processo, destinando-se a estas áreas uma série de políticas públicas relacionadas a essa questão.

Mesmo com as discussões que constantemente vem sendo feitas em nível nacional e internacional sobre essa temática, a desertificação ainda carece de muitas informações que possam subsidiar de forma mais precisa, entre outras questões, medidas intervencionistas que sejam mais



efetivas quanto a recuperação das áreas atingidas pelo processo e também a diminuição do avanço desse tipo de degradação. Ao contrário do que poderia se pensar inicialmente, tais respostas não são tão fáceis, uma vez que essa temática envolve variáveis naturais e sociais em uma espécie de amálgama, quando ainda temos dominando na Ciência uma visão parcelada e praticamente incomunicável dos saberes. Tornando ainda mais complexa essa situação, enquanto as terras de clima seco são naturalmente propensas a mudanças de estado (BESTELMEYER et al., 2015), ainda somos em grande parte orientados por uma visão baseada na estabilidade dos sistemas. Logo, é preciso aprender muito sobre esses ambientes.

Nesse contexto, o presente artigo tem o objetivo de discutir algumas questões que tornam a desertificação um tema ainda polêmico no Brasil, e também explorar algumas respostas e possíveis caminhos que tem sido revelados através de pesquisas sobre essa temática, em particular no semiárido paraibano.

## **AS ZONAS SECAS NO BRASIL E A DESERTIFICAÇÃO**

Os climas secos ocorrentes no Brasil fazem parte de duas categorias: semiárido e subúmido seco, ambos do tipo tropical. A localização destes, grosso modo, está concentrada principalmente no interior da região Nordeste, envolvendo diversos estados, além do trecho norte da região Sudeste, em Minas Gerais. Ainda que comumente seja destacada a pluviosidade inferior a 1.000mm/ano como característica principal da identidade física das terras sob esse domínio climático, mais importante que isso, para entender uma série de eventos aí ocorrentes, é a presença marcante de altas temperaturas médias anualmente (cerca de 27°C) que, ao conferirem a presença de elevada evapotranspiração, fazem com que nessas terras tenhamos o domínio do déficit hídrico, a despeito de uma pluviosidade relativamente elevada, quando comparada a outras regiões de climas secos localizadas em muitos outros países.

O fato acima mencionado fica ainda mais acentuado pela presença dominante de solos rasos, com pequena capacidade de armazenamento de água. Finalmente, conferindo ainda mais complexidade a essas terras, temos uma distribuição de chuvas com comportamento aleatório, em sua quantidade, no tempo e principalmente no espaço.

Pelas características climáticas, hídricas e hidrogeológicas destacadas, o semiárido faz parte de um conjunto de terras onde a instabilidade é uma situação inerente do sistema, sendo dominado por eventos estocásticos. Embora na maioria das vezes, esquecido, esse é um aspecto fundamental para que essas terras possam ser manejadas de forma sustentável (ELLIS & SWIFT, 1988).



Ao direcionarmos o nosso olhar para a vegetação, como um dos elementos visíveis da paisagem que mais chama a atenção do observador e também como uma das características mais importantes e emblemáticas nos estudos sobre desertificação, também iremos ter um quadro de elevada complexidade, acentuada pela secular e constante intervenção humana na caatinga.

Destacamos que a cobertura vegetal exerce papel fundamental de retroalimentação com a atmosfera. De forma sintética, sua degradação aumenta o albedo, o que produz uma diminuição da radiação, gerando queda da evapotranspiração e reduzindo a formação de nuvens e chuvas, o que acaba implicando na aceleração da redução da vegetação (ROWNTREE, 1991). Também se produz uma redução no armazenamento da umidade no solo, aumento do escoamento superficial e processos de erosão hídrica, com a diminuição da água das chuvas disponível para as plantas. Especificamente nas condições de semiaridez, a evapotranspiração pode representar de 60 a 80% do balanço hídrico, sendo de importância extrema determinar o papel da cobertura vegetal sobre a recarga de água no solo, em termos evolutivos (WALLACE, 1994).

No caso da caatinga, em virtude da extensão e intensidade das mudanças provocadas pela intervenção antrópica, durante séculos de ocupação, a tarefa de estabelecer um parâmetro que defina como era originalmente a aparência da caatinga durante os primeiros anos da chegada do colonizador europeu no semiárido é um desafio de elevada dificuldade. Adiciona-se a isso, o fato de não existir nesse tipo de formação vegetal, como ocorre na Floresta Amazônica e na Mata Atlântica, um contraste marcante entre os remanescentes florestais e as áreas devastadas (ZANELLA & MARTINS, 2005).

A caatinga é considerado o terceiro Bioma mais degradado do Brasil, perdendo apenas para a Floresta Atlântica e o Cerrado (MYERS et al, 2000), estimando-se que 80% da vegetação encontre-se completamente modificada, devido ao extrativismo e a agropecuária, apresentando-se a maioria dessas áreas em estádios iniciais ou intermediários de sucessão ecológica (ARAÚJO FILHO & CARVALHO, 1996).

Pelas razões mencionadas, a caatinga apresenta grandes extensões que correm o risco de que a desertificação esteja ocorrendo, enquanto em outras essa degradação já faz parte da paisagem. De acordo com os dados oficiais, a área susceptível a ocorrência da desertificação abrange 1.338.076km<sup>2</sup> e 1.482 municípios, sendo habitada por mais de 30 milhões de pessoas (BRASIL, 2004).

Apesar dos números apresentados, caracterizar uma área como desertificada não é tarefa das mais simples, tendo em vista o conjunto de elementos que devem ser analisados de forma integrada e também sob uma perspectiva temporal. Inclusive, sobre essa última parte, dois pontos de interrogação são importantes, dizendo respeito ao tempo para que seja detectada a presença da

desertificação, em sua fase inicial, e também qual seria o período necessário para que essa área pudesse ser recuperada de forma espontânea, após cessar as atividades geradoras do processo.

Desses dois questionamentos iniciais, derivam dúvidas relacionadas a capacidade de auto-recuperação desses ambientes, levando em consideração uma observação de Prigogine (1993) ao destacar que, na presença de fluxos de energia e de matéria mantidos a partir do exterior do sistema, não existe um princípio termodinâmico único que possa determinar a sua evolução. Nesse caso, a não-recuperação espontânea de algumas áreas desertificadas deve ser considerada uma possibilidade importante.

A seguir, elencamos algumas outras questões que ainda tornam esse tipo de degradação uma problemática de elevada complexidade em sua compreensão, dinamismo e portanto de difícil solução:

- 1) O conceito de desertificação é ambíguo quanto aos processos, condições e soluções;
- 2) A desertificação é uma degradação geralmente pouco perceptível para um olhar menos atento, só aparecendo mais claramente em eventos prolongados de estiagens, sendo confundida muitas vezes como causada exclusivamente pela falta pronunciada de chuvas;
- 3) Existe elevada confusão entre os processos que originam os desertos e a desertificação;
- 4) A caatinga ainda é pouco conhecida pela comunidade científica, do ponto de vista biótico, em suas relações com o quadro abiótico e da mistura entre esses elementos e as atividades humanas;
- 5) Ainda domina uma visão popular de que a caatinga faz parte de um bioma e de uma região economicamente pobres, portanto pouco importante do ponto de vista ambiental, econômico e dos investimentos que poderiam ser direcionados a essa parte do país;
- 6) Não são percebidas as consequências espaciais e sociais indiretas associadas á desertificação, as quais tem poder de repercutir negativamente para além das zonas secas, a exemplo da migração;
- 7) Muitas das interpretações utilizadas nos estudos sobre desertificação não dão conta de elementos importantes a serem analisados, individualmente e na sua relação de causa e efeito com outros aspectos;
- 8) Os mapeamentos até o momento só conseguem expressar os elementos de composição do espaço e não os condicionantes de modificação destes, sendo portanto uma representação estática de fenômenos espaciais. Em linguagem “miltoniana”, são determinados os objetos geográficos – a paisagem, o sistema de fixos -, mas não as ações humanas e os processos físicos ao longo do tempo – o espaço geográfico, o sistema de fluxos.

## **O OLHAR, A TÉCNICA E A TECNOLOGIA: ALGUNS RESULTADOS OBTIDOS**

Para esse momento iremos apresentar os resultados de alguns trabalhos que vimos realizando através do desenvolvimento de monografias de final de curso e principalmente dissertações, teses e projetos de pesquisa no semiárido paraibano, muitas destas já finalizadas e outras ainda em andamento. O foco dessas pesquisas têm sido a região dos Cariris Velhos, conhecida em nível nacional como a mais seca do Brasil, com médias anuais inferiores a 500mm e fortes níveis de desertificação. Entretanto, para não cair na armadilha da generalização exacerbada e consequentemente do reducionismo científico, acrescentamos às características destacadas inicialmente o fato dessa região apresentar alguns resquícios das mais ricas áreas de vegetação nativa de caatinga, sendo considerada área de prioridade extrema para a conservação da biodiversidade (SILVA et al.,2004). Para Leal et al. (2005), a contribuição da caatinga à biodiversidade brasileira é muito elevada, mesmo sendo subestimada, já que em 41% da região nunca houve investigação e 80% foi apenas subamostrada.

Com igual importância que as outras características anteriormente mencionadas, chama atenção o papel fundamental que essas terras exercem enquanto principal abastecedora de água para uma série de cidades, particularmente Campina Grande e a sua zona metropolitana que, com cerca de 400 mil habitantes, é o maior aglomerado urbano do interior da região Nordeste e o segundo maior da Paraíba.

Destacamos a seguir o que foi realizado em parte da Área de Proteção Ambiental – APA do Cariri, localizada entre os municípios de Cabaceiras, Boa Vista e São João do Cariri que, com 18.560ha., é a segunda maior unidade de conservação existente na Paraíba. Nessa Unidade de Conservação - UC foram realizados ao longo do ano 2014 levantamentos de vegetação em duas áreas, uma preservada (A) e outra degradada (B), conforme demonstrado na figura 1, abaixo, com o objetivo de comparar a quantidade, variedade e os estratos existentes entre os indivíduos recenseados sob diferentes situações, além de identificar o domínio fitogeográfico das espécies existentes, por entendermos a caatinga como um bioma complexo, inclusive no que diz respeito a origem da vegetação que coloniza essas terras.

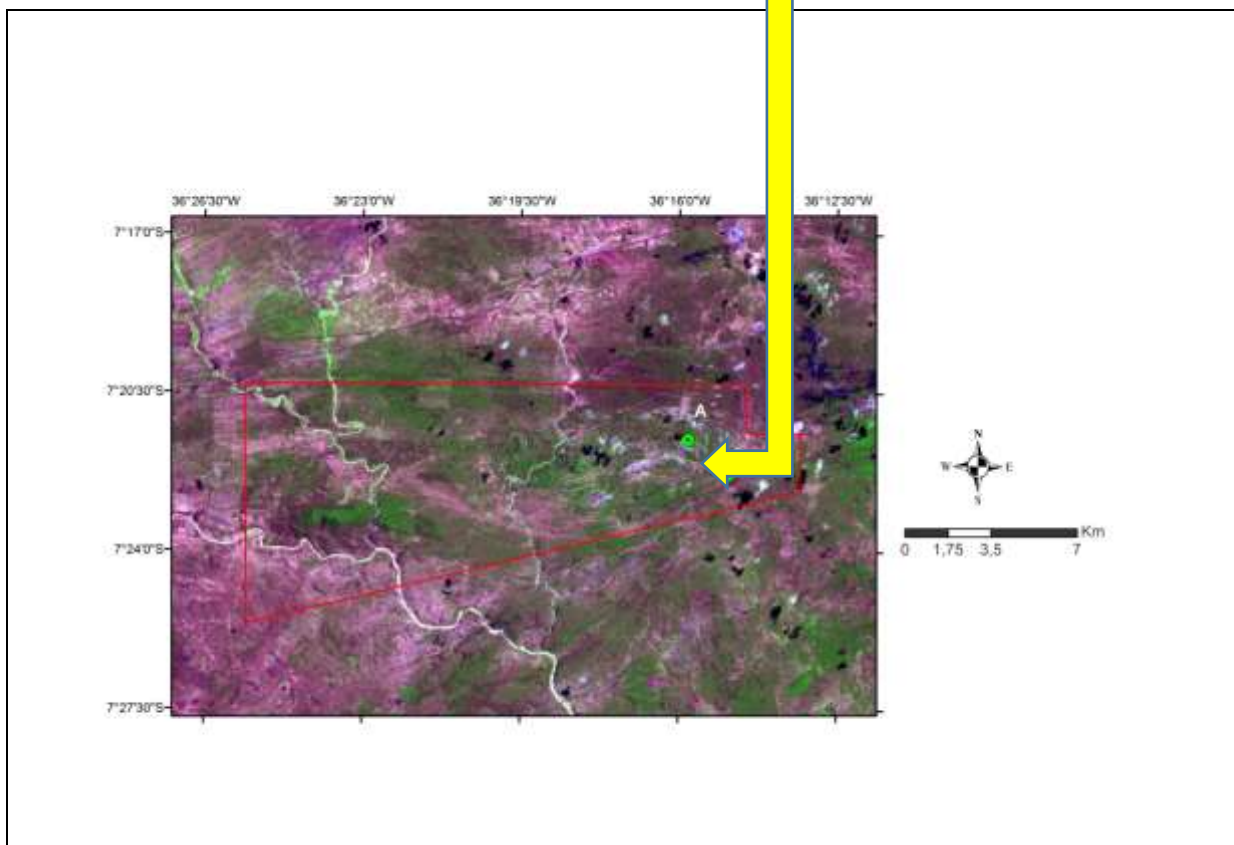
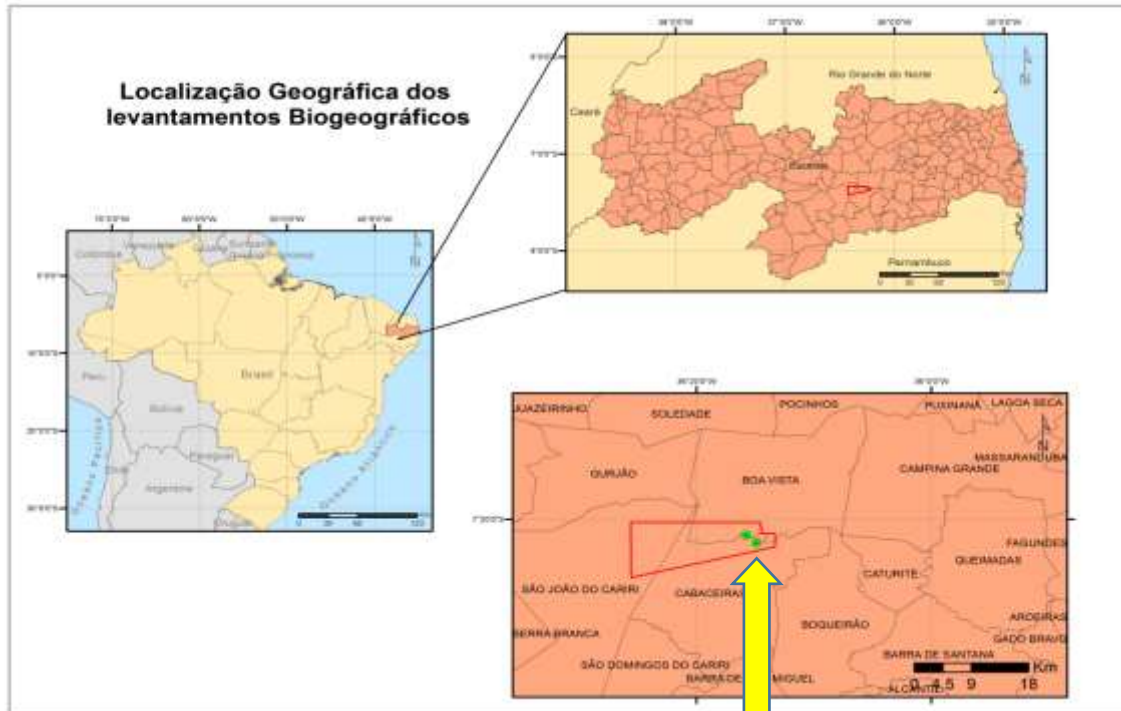


Figura 1: Localização das áreas de estudo. Composição colorida (6R5G4B) de imagens do OLI/Landsat-8, órbita/ponto: 215/75 e 215/66; Data de passagem: 04/08/2013.

Os levantamentos da vegetação ocorreram por meio de transectos, com base na proposta de Cámara & Díaz del Olmo (2004), denominada Método de Transecto Linear para Fanerófitos e

Caméfitos – MTLFC. Nesse caso, cada transecto corresponde a 50 metros de comprimento de uma fita métrica, a qual serve como eixo central para que sejam coletados os indivíduos que estejam 1 metro a sua direita ou 1 metro a sua esquerda ao longo de sua extensão. As espécies levantadas são do tipo lenhosas arbustivas e arbóreas.

Para estabelecer a estrutura vertical e horizontal das espécies, quando os indivíduos possuem Diâmetro na Altura do Peito (DAP) inferior a 2cm, são medidas as suas alturas, o diâmetro maior e o menor. Se possuem DAP igual ou superior a 2cm, mede-se o raio médio da copa. Os dados são colocados inicialmente em uma planilha de papel em campo.

Em laboratório, as informações de campo foram adicionadas a uma planilha desenvolvida em um aplicativo do Programa Excel, de onde saíram as informações de quantidade e estratos ocupados pelos indivíduos levantados. Destacamos que as informações obtidas utilizando essa metodologia são bem maiores, ainda que estejamos nos detendo a uma pequena porção proporcionada por essa ferramenta.

Sobre o levantamento da ocorrência das espécies por domínio fitogeográfico no Brasil, foi consultado o site do Jardim Botânico do Rio de Janeiro e diversos trabalhos publicados em periódicos científicos.

Na área preservada (A) foram identificadas 48 espécies e levantados 438 indivíduos, com forte densidade, destacando-se 4 delas entre as mais numerosas: *Colicodendron ico* (51 indivíduos), *Myrcia tomentosa* (38 indivíduos), *Croton blanchetianus* (35 indivíduos) e *Hymenaea rubriflora* (28 indivíduos). Para um bioma de clima seco, o número de espécies e indivíduos em um pequeno trecho de vegetação (0,1ha.) é um bom indicador da riqueza possível de ser encontrada nos poucos ambientes que ainda se apresentam relativamente isentos do uso mais direto dos recursos naturais, ainda que consideremos esse levantamento como uma amostra que certamente está aquém do que deve existir nesses ambientes.

Entre os estratos dominantes, tivemos os resultados abaixo, expressos na tabela 1:

Tabela 1: Divisão dos indivíduos vegetais por estratos na área preservada (A).

0 - 0,3m (herbáceo a subarbustivo)	20
>0,3 - 0,6m (subarbustivo)	29
>0,6 - 1,5m (arbustivo)	98
>1,5 - 3m (arbustivo alto)	98
>3 - 5m (arbóreo baixo)	87
>5 - 10m (arbóreo intermediário)	77
>10 - 20m (arbóreo alto)	22
>20m (arbóreo muito alto)	7
Total geral	438



Com base nos resultados apresentados na tabela 1 percebemos que, do total geral de indivíduos, 147 (33,55%) tinham porte de sub-arbustivo a arbustivo alto, ao passo que 291 indivíduos (66,41%) apresentavam porte arbóreo baixo a muito alto. Indo mais adiante, dentre as espécies mais altas, destacaram-se *Myrcia tomentosa*, com 24 indivíduos, *Hymenaea rubriflora*, com 22 indivíduos, *Poincianella pyramidalis*, com 16 indivíduos e *Zanthoxylum rhoifolium*, com 14 indivíduos.

Logo, temos um estrato predominantemente arbóreo, caracterizando essa área como um tipo de floresta, o que pelo próprio significado indígena da palavra caatinga (“mata branca”) deveria ser a fisionomia dominante para grande parte dessa formação vegetal, antes da sua retirada maciça em séculos de ocupação das terras do semiárido, deixando os poucos remanescentes desse passado ilhados em lugares que apresentam alguma dificuldade maior para serem ocupados, como é o caso dessa área, onde temos uma elevada presença de afloramentos rochosos do tipo lajedo (figura 2), o que torna a agricultura praticamente impossível, ao passo que a pecuária também não encontra muita facilidade para se instalar de forma mais expressiva.



Figura 2: Vista de parte da vegetação encontrada na área preservada (A), destacando-se o porte arbóreo dominante, e também alguns afloramentos rochosos.



Quanto a origem por domínio fitogeográfico dos indivíduos levantados, foram obtidos os resultados apresentados na tabela 2, abaixo destacada. Com base nessa tabela, observamos que no geral ocorre amplo domínio de indivíduos cujas espécies são classificadas como originárias da caatinga (175 ou 39,95%), ao passo que o restante, de forma expressiva, também é encontrado em outros domínios, o que demonstra a heterogeneidade de ambientes onde é possível encontrar essas plantas. Partindo dessa observação, destacamos que 69 indivíduos (15,75% do total) pertencem a 9 espécies (18,75% de um total geral de 48) tidas na literatura como originárias de domínios fitogeográficos mais úmidos que a caatinga, ou seja, Amazônia, Mata Atlântica e Cerrado. Para esse caso, temos: *Erythroxylum suberosum*, *Calyptranthes lucida*, *Turnera cearenses*, *Myroxylon peruiferum*, *Hymenaea rubriflora*, *Libidibia ferrea* var *leiostachya* e 3 gêneros de *Eugenia* com espécies não identificadas no momento do levantamento.

Tabela 2: Domínio fitogeográfico dos indivíduos recenseados na área preservada (A).

Amazônia, Caatinga e Cerrado	2
Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica	52
Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal	24
Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal	26
Amazônia e Cerrado	16
Amazônia e Mata Atlântica	12
Caatinga	175
Caatinga e Cerrado	48
Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica	8
Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal	5
Caatinga e Mata Atlântica	3
Cerrado e Mata Atlântica	26
Mata Atlântica	41
Total geral	438

Com base nessa última observação, fica ainda mais evidenciada a necessidade de que mais levantamentos sejam feitos nas áreas de caatinga, uma vez que o fato das espécies destacadas estarem classificadas como pertencentes como exclusivos de outros domínios fitogeográficos, expressa a falta de conhecimento ainda reinante sobre o assunto. Outra possibilidade é de que essas espécies possam ocorrer em áreas de caatinga onde temos maior presença de umidade nos solos, favorecida por algum elemento da paisagem. De qualquer forma, levando em consideração essa possibilidade, fica a pergunta de como essas espécies conseguiram chegar a esses ambientes, o que nos direciona, entre outros caminhos, a uma revisão sobre a teoria dos refúgios.

Enquanto na área preservada temos a riqueza exposta, na área degradada (B) ocorre uma situação inversa, tendo sido identificadas somente 12 espécies e 258 indivíduos, com amplo domínio de *Aspidosperma pyrifoliun*, com 55 indivíduos, *Croton blanchetianus*, com 45 indivíduos, *Poincianella gardneriana*, com 42 indivíduos e *Jatropha molíssima*, com 38 indivíduos, o que nos dá um número de 180 indivíduos, correspondendo a 69,76% do total levantado. Todas as espécies em destaque são pioneiras na caatinga. Sua presença dominante revela uma situação de elevado nível de degradação, o qual repercute diretamente no pequeno número de espécies e de indivíduos, quando comparados a situação encontrada na área preservada.

Ressaltamos que, das espécies anteriormente citadas, as três primeiras se destacam quanto ao número de indivíduos na maioria dos trabalhos de levantamento fitossociológico desenvolvidos em caatinga (SAMPAIO, 1996).

Em relação aos estratos ocorrentes, temos a seguinte situação, exposta na tabela 3, a seguir.

Tabela 3: Divisão dos indivíduos vegetais por estratos na área degradada (B).

0 - 0,3m (herbáceo a subarbustivo)	2
>0,3 - 0,6m (subarbustivo)	6
>0,6 - 1,5m (arbustivo)	75
>1,5 - 3m (arbustivo alto)	164
>3 - 5m (arbóreo baixo)	11

Com base na tabela 3, percebemos o amplo domínio de estratos arbustivos, particularmente o arbustivo alto. Nesse estrato destacam-se *Poincianella gardneriana*, com 34 indivíduos, *Aspidosperma pyrifoliun*, com 32 indivíduos, *Chloroleucon dumosum*, com 30 indivíduos e *Croton blanchetianus*, com 23 indivíduos. Além do porte arbustivo, temos uma fisionomia com baixa densidade de indivíduos, conforme pode ser observado na figura 3, abaixo, o que também demonstra o quanto essa área foi antropizada, levando em consideração que a caatinga, quando pouco alterada, apresenta-se bastante adensada.



Figura 3: Aspecto da área degradada, onde ocorre domínio de *Poincianella gardneriana*.

Sobre o domínio fitogeográfico das espécies dessa área degradada, foram encontrados os resultados expostos na tabela 4, a seguir.

Tabela 4: Domínio fitogeográfico dos indivíduos recenseados na área degradada (B).

Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal	1
Caatinga	181
Caatinga, Cerrado	40
Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica	33
Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal	3
Total geral	258

Com base na tabela 4, observamos amplo domínio de indivíduos de espécies consideradas pertencentes originalmente a caatinga, onde destacaram-se *Aspidosperma pyrifolium*, com 55 indivíduos, *Croton blanchetianus*, com 45 indivíduos, *Poincianella gardneriana*, com 42 indivíduos, além de *Prosopis juliflora*, com 20 indivíduos, sendo esta última uma espécie exótica muito comum em áreas degradadas.

Infelizmente, grande parte da região dos Cariris Velhos apresenta características semelhantes à área B desse trabalho (SOUZA et al., 2011), o que não é muito diferente ao analisarmos todo o semiárido brasileiro. Fazendo um paralelo desses resultados com a desertificação e a crise hídrica pela qual estamos passando, especificamente nessa parte do país, percebemos uma ligação direta, pois a medida que mais terras são atingidas por esse tipo de degradação, particularmente através da retirada excessiva da cobertura vegetal, os solos vão sendo erodidos e os sedimentos serão cada vez

mais depositados nos rios e açudes, fazendo com que, na próxima estiagem, a capacidade de armazenamento de água dos reservatórios já esteja muito abaixo do que poderia ser. Logo, a falta de chuvas só irá intensificar essa queda.

Vale destacar ainda mais o papel fundamental exercido pela vegetação na contenção dos processos erosivos e conseqüentemente como protetora dos recursos hídricos. Neste sentido, os trabalhos de Albuquerque et al. (2002) e Silva et al. (2011) na região dos Cariris Velhos demonstram a importância da preservação da cobertura vegetal nas áreas de caatinga, garantindo a interceptação das chuvas, a infiltração e diminuindo o escoamento superficial, com conseqüências benéficas diretamente relacionadas aos reservatórios de água. Portanto, o conhecimento e preservação das áreas que ainda apresentam pouca antropização se torna fundamental também para a questão dos recursos hídricos no semiárido.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados apresentados nesse trabalho mostram que existem diferenças notáveis na composição e estrutura das espécies em áreas de caatinga com distintos níveis de preservação, ao mesmo tempo demonstra que em algumas áreas podemos ter uma riqueza em termos de quantidade e diversidade de espécies que no geral ainda continua subestimada. Enquanto as áreas desertificadas funcionam como geradoras de uma série de problemas, inclusive hídricos, as poucas que estão preservadas têm um papel ainda mais fundamental na manutenção do que está sendo perdido. Urge, portanto, não apenas criar, mas tão importante quanto isso, viabilizar alternativas a serem replicadas de forma maciça na zona rural, no sentido de preservação dessas áreas com baixo antropismo, recuperação das terras degradadas e oferecer condições de desenvolvimento de usos dos recursos naturais de forma sustentável.

Desertificação e recursos hídricos estão diretamente relacionados. Nesse contexto, trazendo essa discussão para o momento que estamos atravessando, quatro anos de estiagem no semiárido nordestino vem fazendo com que o abastecimento de água esteja entrando em colapso, ainda que poucas vezes seja lembrado que é principalmente a carência de cobertura vegetal nas bacias hidrográficas, protegendo os mananciais, a origem desse problema, acentuado nas secas prolongadas.

Ao mesmo tempo, a despeito da sua resistência natural à falta de água, muitas espécies da caatinga também tem sido afetadas diretamente pela carência prolongada das chuvas, já que em outros momentos as terras onde estão inseridas foram muito degradadas, diminuindo assim a sua resiliência. Se já não fosse o suficiente, o corte excessivo não apenas continua, mas em muitos lugares até aumentou, já que parte da população, não podendo contar com os rendimentos da

agropecuária, acaba se voltando ainda mais para os recursos florestais, transformando-os em carvão e lenha em troca de algum dinheiro. Logo, nesse momento, pelo que temos pesquisado, a desertificação está sendo ampliada e acentuada nos Cariris Velhos da Paraíba, e é possível que o mesmo esteja ocorrendo em outras áreas do semiárido brasileiro.

Se essa visão conjunta dos problemas raramente é observada nas intervenções governamentais feitas para a zona de climas secos do Brasil, esse tempo de crise hídrica pelo qual estamos passando, inclusive para além dessa parte do território nacional, ainda não despertou verdadeiramente entre os governantes a necessidade de serem criadas ações integradas. Essa constatação não é novidade na história desse país, mas se torna ainda mais perigosa quando, como agora, temos afetado severamente a água como um recurso natural dos mais fundamentais.

Nesse contexto, ainda que os momentos de crise devam levar a uma reflexão profunda no pensar e no agir, em relação às soluções, tanto da desertificação como da questão hídrica, temos o predomínio da continuidade de muito do que já foi discutido e feito no passado, estabelecendo-se intervenções que efetivamente não resolvem os problemas, mas apenas criam um paliativo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 136-141, 2002.

ARAÚJO FILHO, J. A. & CARVALHO, F. C. **Desenvolvimento sustentado da caatinga**. Sobral: Embrapa, Circular Técnica, nº. 13, 1997.

BESTELMEYER, B. T.; ELLISON, A. M.; FRASER, W. R.; Analysis of abrupt transitions in ecological systems. **Ecosphere** 2: art. 129, 2011.

BESTELMEYER, B. T.; OKIN, G. S.; DUNIWAY, M. C.; ARCHER, S. R.; SAYRES, N. F.; WILLIAMSON, J. C.; HERRICK, J. E. Desertification, land use and the transformation of global drylands. **Front Ecol Environ** 13 (1): 28-36, 2015.

BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN-Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos, 2004.

CÁMARA, R. e DÍAZ DEL OLMO, F. **Directrices y Gestión para la Conservación y Desarrollo Integral de un Humedal Centroamericano: Golfo de Montijo (Litoral del Pacífico, Panamá)**. Panamá: Embajada de España en Panamá, 2004. 311p.

- CCD. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. Tradução: Delegação de Portugal. Lisboa: Instituto de Promoção Ambiental, 1995.
- ELLIS, J. E. & SWIFT, D. M. Stability of African pastoral ecosystems: alternate paradigms and implications for development. **J. Range Manag.**, 41: 450-459, 1988.
- LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; LACHER JUNIOR, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 140-146, 2005.
- MYERS, N; MITTERMEIER, R. A; MITTERMEIER, C. G; FONSECA, G. A. B; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, n 403, p.853-859, 2000.
- SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T. Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade na caatinga. José Maria Cardoso da Silva, Marcelo Tabarelli, Mônica Tavares da Fonseca e Lívia Vanucci Lins (org.). Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília: MMA, p. 349-374, 2004.
- PRIGOGINE, I. **As leis do caos**. Trad. Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Ed. Unesp, 1993.
- ROWNTREE, P. R. Atmospheric parameterization schemes for evaporation over land: basic concepts and climate modelling aspects. **Land Surface Evaporation: Measurement and Parameterization**. T. Schmugge (ed.). New York: Springer-Verlag, p. 5-29, 1991.
- SAMPAIO, E. V. S. B. Fitossociologia. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; MAYO, S. J.; BARBOSA, M. R. V. (Eds.). **Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas**. Recife (PE): SBB, p. 203-230, 1996.
- SHEFFER, M. & CARPENTER, S. R. Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. **Trends Ecol Evol** 18: 648-656.
- SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. Evolução da desertificação no Cariri paraibano a partir da análise das modificações na vegetação. Rio Claro: **Revista Geografia**, v. 36, n. 1, p. 193-207 janeiro a abril 2011.
- WALLACE, J. S. Procesos hidrológicos y degradación de las tierras secas. **Boletín de la Organización Meteorológica Mundial**, 43: 22-28, 1994.
- ZANELLA, F. C. V. & MARTINS, C. F. Abelhas da caatinga: biogeografia, ecologia e conservação. LEAL, I. R., TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Edit.). **Ecologia e conservação da caatinga**. 2ª ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005.



## **O GEÓGRAFO-CLIMATOLOGISTA E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**

**FABIO DE OLIVEIRA SANCHES**

Professor Adjunto do Dep. de Geografia da UFTM  
Laboratório de Geomorfologia, Clima e Solos (LAGECS)  
<http://lattes.cnpq.br/8393955035468390>  
e-mail: [fsanches.73@gmail.com](mailto:fsanches.73@gmail.com)

**Resumo:** O último relatório de avaliação sobre mudanças climáticas (AR5) publicado pelo IPCC, em setembro de 2013, apontou o aquecimento do sistema climático como inequívoco e sem precedentes, desde a década de 1950. Técnicas estatísticas e modelos climáticos futuros permitem avaliar as principais mudanças ocorridas e projetar os possíveis cenários previstos para o século XXI. O objetivo do trabalho é demonstrar técnicas de reconstrução de séries temporais, de análise de variabilidade e de parâmetros para a identificação de mudanças climáticas, bem como a utilização de dados de modelos climáticos para a projeção de possíveis cenários futuros

**Palavras-chave:** Série temporal, dados pluviométricos testes estatísticos, modelagem climática.

## **THE GEOGRAPHER-CLIMATOLOGIST AND CLIMATE CHANGE: A METHODOLOGICAL PROPOSAL**

**Abstract:** The last assessment report on climate change (AR5) published by the IPCC in September 2013, affirmed that warming of the climate system as unequivocal and unprecedented since the 1950s. Statistical techniques and climate models evaluate the main changes projecting possible scenarios planned for the twenty-first century. The objective is to show time series reconstruction techniques, variability analysis and parameters to identifying climate change as well as the use of climate models data for the projection of possible future scenarios

**Key words:** Time series, rainfall data, statistical test, climate model.

## **EL GEÓGRAFO-CLIMATÓLOGO Y CAMBIO CLIMÁTICO: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA**

**Resumen:** El último informe de evaluación sobre el cambio climático (AR5), publicado por el IPCC en septiembre de 2013, afirmó que el calentamiento del sistema climático es clara y sin precedentes desde la década de 1950. A través de técnicas estadísticas y modelos climáticos futuros pueden verse ocurrieron grandes cambios y diseñar posibles escenarios previstos para el siglo XXI. El objetivo es mostrar las técnicas de reconstrucción de series de tiempo, el análisis de la variabilidad y los parámetros para identificar el cambio climático, así como el uso de modelos climáticos para la proyección de los posibles escenarios futuros

**Palabras-clave:** Series temporales, datos de precipitación, pruebas estadísticas, modelización del clima.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os efeitos das mudanças climáticas globais e suas respectivas repercussões nos níveis regionais e locais tornaram-se temas de diversos encontros científicos, sobretudo após a sequência de relatórios (Assessment Report) divulgados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC em inglês) (Vincent et al., 2005; Haylock et al., 2006; Alexander et al., 2006; Obregón & Marengo, 2007; Sillmann & Roeckner 2008; e.g., Blain, 2010; Marengo et al., 2012; Valverde & Marengo, 2014).

A publicação do 5º Relatório de Avaliação das Mudanças do Clima do Planeta (AR5), em setembro de 2013 (<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>), reforçou as evidências sobre as mudanças climáticas publicadas anteriormente (AR4), fundamentados em análises científicas independentes, observações do sistema climático, reconstruções paleoclimáticas, estudos teóricos dos processos climáticos e de simulações, que utilizam modelagem climática.

O AR5 apontou o aquecimento do sistema climático como inequívoco e que, desde a década de 1950, as mudanças observadas são sem precedentes: aquecimento da atmosfera e dos oceanos, diminuição das superfícies de gelo e neve, elevação do nível do mar e aumento nas concentrações de gases do efeito estufa (IPCC, 2013).

Sob essa perspectiva, Marengo (2007) deixa claro que mudanças no clima poderiam afetar significativamente o planeta, com maior rigor nos países menos desenvolvidos na região tropical. Sob esse contexto, o Brasil pode tornar-se vulnerável às mudanças climáticas atuais e, mais ainda, às mudanças que se projetam para o futuro, sobretudo, aquelas associadas aos eventos climáticos intensos.

Outra tema que, também, desperta discussões nas esferas acadêmicas, diz respeito ao uso de modelos matemáticos/estatísticos, os quais projetam as possíveis condições climáticas futuras.

Considerando as análises e projeções de climas futuros, Marengo (2007), Nobre, Sampaio e Salazar (2008), Betts et al., (2011), Marengo et al. (2012), PBMC (2012), IPCC (2013) entre outros, afirmam que as melhores ferramentas para projeção e avaliação dos cenários climáticos futuros, são os Modelos Globais Atmosféricos (GCMs) ou Modelos Globais Acoplados Oceano-Atmosfera (AOGCMs). Tais modelos levam em conta de forma quantitativa (numérica e tridimensional) a dinâmica dos compartimentos climáticos (atmosfera, oceanos, criosfera, vegetação, ciclos biogeoquímicos, etc.) descrevendo os principais processos físicos e químicos.

Tais modelos podem simular climas futuros em nível global e regional como resposta a mudanças de concentração de gases de efeito estufa e de aerossóis em função do desmatamento, da mudança do uso e ocupação da terra e da construção de grandes cidades.

A maior parte dos pesquisadores que se utilizam dessas ferramentas pertence a área das geociências, principalmente, da meteorologia. No entanto, graças ao desenvolvimento de softwares e ao uso de técnicas estatísticas, os geógrafos-climatologistas têm, cada vez mais, se utilizado de tais recursos em pesquisas sobre mudanças climáticas, suas conseqüências e desdobramentos junto a sociedade.

Sendo assim, o presente trabalho objetiva demonstrar algumas das técnicas de reconstrução de séries temporais e análise de variabilidade, que permitam identificar as evidências de mudanças climáticas, bem como a utilização dessas séries temporais no sentido de qualificar os resultados de saída propostos por modelos climáticos futuros.

## **DADOS, TÉCNICAS, PARÂMETROS DE ANÁLISE E MODELOS CLIMÁTICOS**

Uma das dificuldades encontradas ao se buscar evidências de mudanças climáticas, sobretudo em um país de proporções continentais como o Brasil, consiste na existência de dados meteorológicos, de longo período, e que apresente significativa qualidade em seu conjunto.

No Brasil, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) é a instituição responsável pela coleta e disponibilidade de dados meteorológicos. No entanto, o estado possui outros organismos, que possuem seus próprios conjuntos de dados.

### **FONTE DE DADOS:**

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) disponibiliza, por meio de seu Banco de Dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa (BDMEP) (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>) dados meteorológicos diários (pluviosidade, temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica, insolação, velocidade e direção do vento) da sua rede de Estações Meteorológicas Convencionais, com informações a partir de janeiro de 1961.

Outra fonte de dados é a plataforma hidroweb – Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA) (<http://hidroweb.ana.gov.br>). Nesse caso, são

disponibilizados apenas dados pluviométricos diários dos diversos postos sob responsabilidade da ANA e demais organismos federais e estaduais (CPRN, ELETRONORTE, FURNAS, INMET etc.). Entretanto, em ambas as fontes, os dados dos diversos postos pluviométricos e das Estações Meteorológicas Convencionais apresentam falhas passíveis de correção por meio de recursos estatísticos.

### **TÉCNICAS ESTATÍSTICAS:**

Dependendo do conjunto de dados disponível, algumas técnicas estatísticas podem ser utilizadas visando à reconstrução de uma longa série temporal. O preenchimento de falhas pode ser feito com base em métodos de regressão linear, regressão múltipla, ponderação regional com base em regressão linear, ponderação regional com base em regressão múltipla, método dos quadrantes (média ponderada), método da razão normal, método IPH entre outras (FRANK et al., 1986; FRANK et al., 1988; TUCCI, 2009; OLIVEIRA et al., 2010).

Da mesma forma, a validação desses novos dados, igualmente, pode ser feita por meio de recursos estatísticos com correlação linear de Pearson, Teste de Dupla-massa, testes de homogeneidade (Teste t de student, Teste F de Fischer, Qui-quadrado), Teste de Turkey, Teste de Wallis e Moore entre outros (FRANK et al., 1986; TUCCI, 2009).

### **DE POSSE DOS DADOS:**

Uma das primeiras análises as quais os dados da longa série temporal podem ser submetidos é a estatística descritiva (média, moda, mediana, valor máximo, valor mínimo, desvio padrão, coeficiente de variação). Esses resultados permitem ao pesquisador conhecer o comportamento, muitas vezes preliminar, do conjunto de dados que dispõe e, a partir desse panorama, extrair informações, por exemplo, de sua tendência (linear, polinomial).

Essas longas séries temporais permitem identificar a influência de fenômenos de variabilidade de longo período (larga escala temporal) como no caso do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) e da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).

Utilizando-se de técnicas de dessazonalização e de normalização é possível obter índices, com base no comportamento da própria série, para assim compará-los as informações disponíveis no site da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) sobre ENOS

([http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)) e sobre a ODP (<http://research.jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>). Uma dessas técnicas é o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) (SILVA et al., 2009 e 2012; SANCHES et al., 2014a).

O Teste de Mann-Kendall compreende um teste estatístico não-paramétrico para identificação de tendências, recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para estudos de tendências climáticas em séries temporais longas (FOLHES e FISCH, 2006; OBREGÓN e MARENGO, 2007; BLAIN, 2010). Já o Teste de Pettit é, também, um teste não paramétrico que utiliza a versão do Teste U de Mann-Whitney para verificar se duas amostras de dados são da mesma população. Nesse caso, a hipótese nula do teste de Pettit admite ausência de um ponto de mudança (change point) na série de dados (FREITAS et al. 2010; ULIANA et al., 2015).

### **PARÂMETROS DE ANÁLISE:**

Vinculados à OMM, por meio de sua Comissão de Climatologia (CCL)/Programa Mundial de Pesquisa Climática (WCRP), o Grupo de Previsibilidade e Variações Climáticas (CLIVAR) vem desenvolvendo estudos referentes às mudanças climáticas analisando o comportamento extremo do conjunto de variáveis climáticas (WMO, 2015).

O Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) constitui-se num conjunto de pesquisadores interinstitucionais, os quais definiram o conjunto de 27 índices descritivos de extremos climáticos, sendo 16 para temperatura e 11 para precipitação ([http://etccdi.pacificclimate.org/list\\_27\\_indices.shtml](http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml)).

### **MODELOS GLOBAIS ATMOSFÉRICOS:**

Como dito anteriormente, as melhores ferramentas para projeção e avaliação dos cenários climáticos futuros são os Modelos Globais Atmosféricos (GCMs) ou Modelos Globais Acoplados Oceano-Atmosfera (AOGCMs).

A habilidade dos AOGCMs em simular climas regionais depende, essencialmente, de sua escala horizontal ou resolução (grid), pois as respostas dos modelos são mais restritas nos modelos globais com resolução da ordem de 300-400 km em relação ao uso de modelos regionais, com uma resolução espacial na ordem de 10-50 km.

Para sanar essa questão de escala, Ambrizzi et al. (2007) e Nobre, Sampaio e Salazar (2008) sugerem a adoção de uma técnica para refinar tais projeções (em pequena escala) para

níveis regionais (grande escala) possibilitando assim, elaborar projeções usando modelos climáticos regionais de alta resolução – técnica de downscaling.

Um dos principais modelos utilizados é o HadCM3, desenvolvido pelo Hadley Centre for Climate Prediction and Research, no Reino Unido. O HadCM3 consiste num modelo de circulação geral atmosfera-oceano que possui 19 níveis de a componente atmosférica, com uma resolução horizontal de 2,5° de latitude e 3,75° de longitude, a qual produz uma grade global de 96 x 73 células (Figura 1). Cada célula equivalente a uma resolução superficial de aproximadamente 417 km x 278 km na região equatorial, reduzindo essa grade para 295 km x 278 km na latitude de 45°. Já sua componente oceânica apresenta 20 níveis com uma resolução horizontal de 1,25° x 1,25° (<http://ukclimateprojections.metoffice.gov.uk/>).

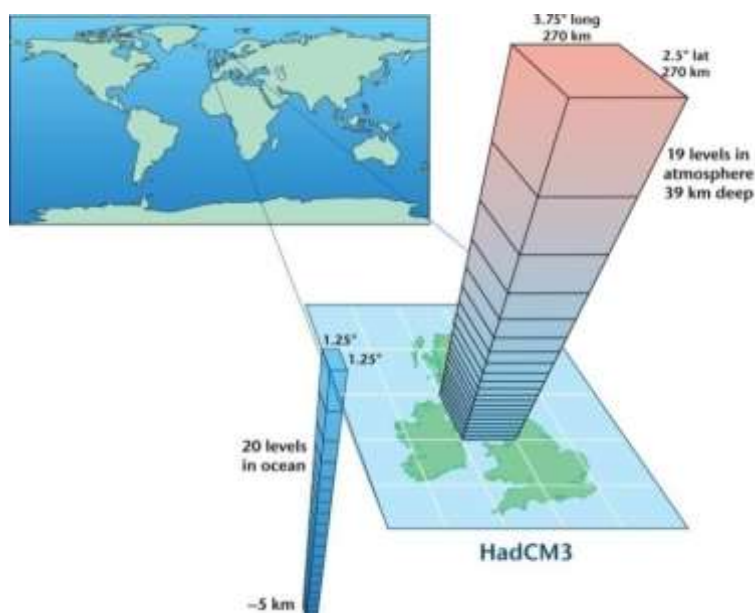


Figura 1. Esquema do modelo climático acoplado HadCM3.

Fonte: <http://ukclimateprojections.defra.gov.uk/22813>

Em relação ao uso do downscaling, um dos principais modelos utilizados no Brasil é o Eta. Segundo Chou (1996) e Resende e Chou (2014), o modelo Eta foi desenvolvido entre a Universidade de Belgrado e o Instituto de Hidrometeorologia da Iugoslávia, o qual se tornou operacional no National Centers for Environmental Prediction (NCEP). O mesmo foi instalado no CPTEC em 1996 para complementar a previsão numérica de tempo desenvolvida por modelos de circulação geral atmosférica. Inicialmente possuía uma resolução horizontal de 40 km e vertical de 38 camadas e buscava prever, com maiores detalhes, fenômenos associados a frentes, orografia, brisa marítima, tempestades severas, etc., enfim, sistemas organizados em mesoescala. Hoje sua escala horizontal para previsão do tempo é de 15 km.



Os dados do Modelo HadCM3/Eta/CPTEC (20 e 40 km) para a América do Sul estão disponíveis para o ensino e a pesquisa no portal “Cenários de Mudanças Climáticas” no site do Centro de Ciências do Sistema Terrestre (CCST/INPE) (<http://dadosclima.ccst.inpe.br/>).

## **O SUDOESTE DO RIO GRANDE DO SUL: O FENÔMENO DA ARENIZAÇÃO, AS CHUVAS NO SÉCULO XX, AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E OS CENÁRIOS PARA O SÉCULO XXI**

A presença de feições arenosas no sudoeste do Rio Grande do Sul promoveu, nas décadas de 1970 e 1980, diversas discussões sobre a existência de desertos e de processos de desertificação na região, sobretudo, envolvendo a mídia.

Graças ao trabalho desenvolvido por Suertegaray (1987) os areais da região vêm sendo desqualificados como processos de desertificação e qualificados como decorrentes de um fenômeno denominado arenização. Precipitações médias anuais em torno de 1400 mm e a ausência de elementos que indiquem que a região encontra-se em áreas de climas áridos ou semiáridos reforçaram sua tese.

Para a autora, a arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul é consequência do “retrabalhamento de depósitos areníticos pouco ou nada consolidados e que promovem nessas áreas, uma dificuldade de fixação da vegetação devido à mobilidade dos sedimentos pela ação das águas e dos ventos” (SUERTEGARAY, 1987).

Outro importante trabalho que aborda os areais na região de estudo, principalmente quanto às dinâmicas hidroclimáticas é o de Verdum (1997), o qual também desmitificou os areais gaúchos como consequência de processos de desertificação/desertização, considerando que as chuvas irregulares, e por vezes torrenciais na região, são responsáveis por parte da dinâmica das ravinas e voçorocas.

Tratando detalhadamente a variabilidade interanual dos valores médios de precipitação na área de ocorrência dos areais, por um período de 30 anos, os quais revelaram um regime pluviométrico com uma distribuição muito irregular, Verdum (op.cit.), pormenorizou sua análise a partir das precipitações mensais e diárias, verificando a ocorrência de uma alternância de eventos secos e úmidos, caracterizados por períodos longos de secas atmosféricas e períodos de chuvas torrenciais (superiores a 100 mm/dia), com excedentes hídricos.

Já Sanches (2013) procurou verificar se comportamento das precipitações, em parte da região dos areais, teria sofrido algum tipo de modificação, no decorrer do século XX, que

puдesse ser considerada como evidência das mudanças climáticas e quais as perspectivas para o comportamento das chuvas para o século XXI.

Procurando reconstruir uma longa série temporal para a região, o autor selecionou por meio da plataforma hidroweb da Agência Nacional de Águas, dados de um conjunto de quatro postos pluviométricos: Alegrete (INMET), Alegrete (ANA), Passo Mariano Pinto, Fazenda Três Capões e Estação do Tigre (Figura 2).

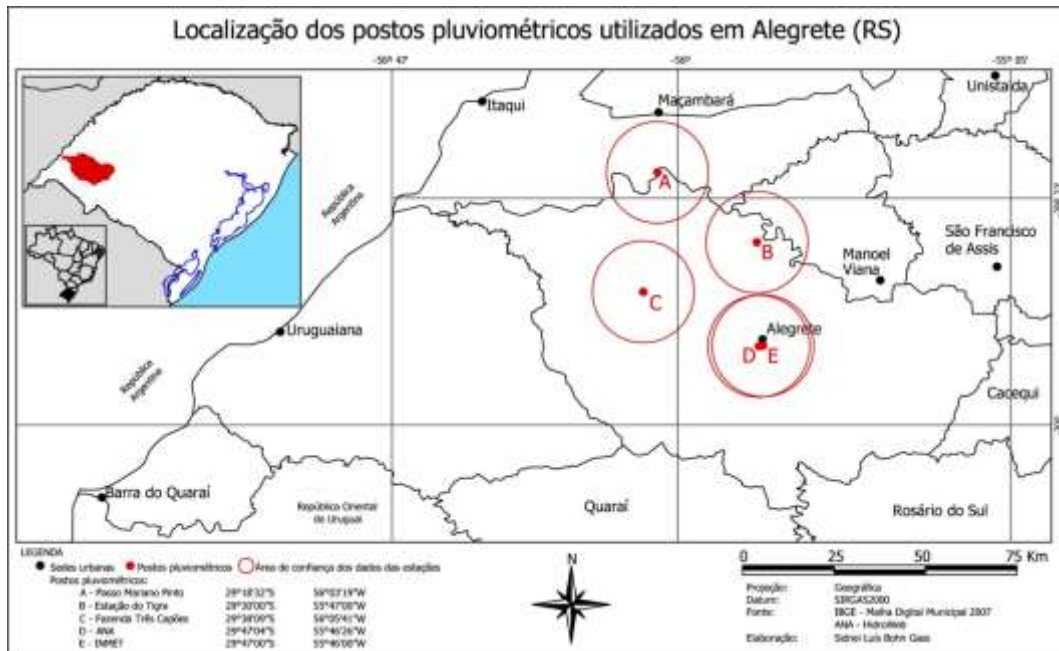


Figura 2. Localização dos postos pluviométricos utilizados em Alegrete (RS).

Fonte: Sanches (2013).

Após a identificação da existência de falhas em alguns conjuntos de dados, foram aplicadas técnicas estatísticas para o seu preenchimento (regressão linear) e para verificação da consistência dos novos dados (Correlação de Pearson e Teste de Dupla-massa). Dessa forma, com base na Tabela 1, obteve-se a sequência de um conjunto de dados pluviométricos diários para um período de 82 anos (1928-2009).

Tabela 1. Sequência temporal de dados pluviométricos para série Alegrete (RS).

Posto Pluviométrico	Período
Alegrete (INMET)	1928 – 1946
Estação do Tigre	1947 – 1952
Alegrete (INMET)	1953 – 1969
Passo Mariano Pinto	1970 – 1978
Alegrete (INMET)	1979 – 1985
Passo Mariano Pinto	1986
Alegrete (ANA)	1987 - 1995
Passo Mariano Pinto	1996 - 2009

A sequência diária de dados pluviométricos permitiu que fossem analisados desde o comportamento das precipitações anuais até a ocorrência de eventos diários de precipitação intensa.

Buscando verificar se as anomalias como o El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) influenciaram no comportamento das precipitações anuais na região dos areais, Sanches et al., (2014a) aplicou o Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) ao conjunto de dados, os quais revelaram que houve melhor correlação com a componente positiva do fenômeno ENOS (El Niño) do que com a componente negativa (La Niña) na região de estudo (Figura 3)

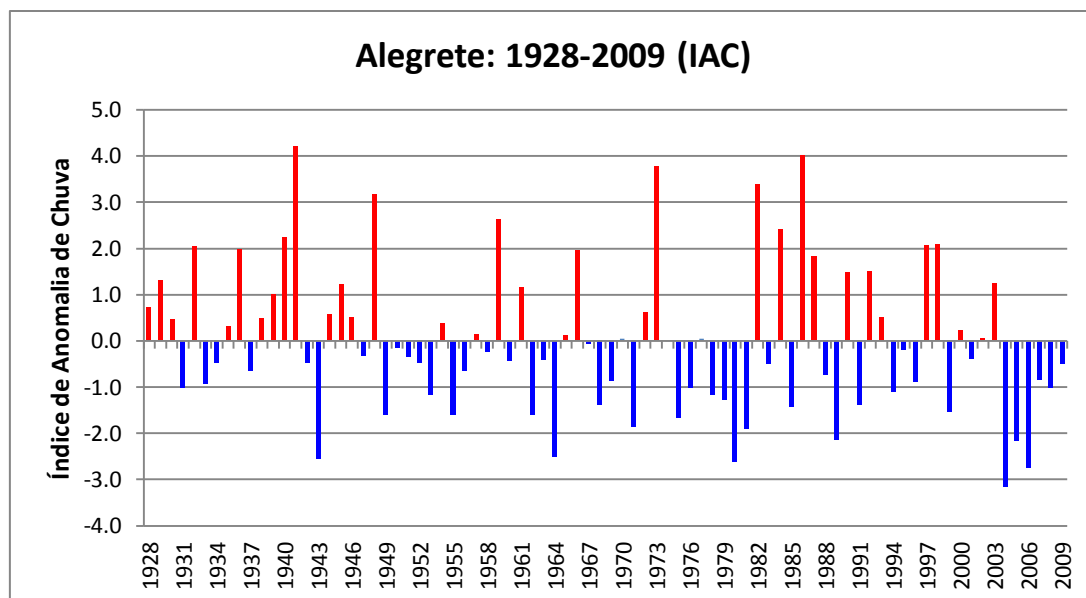


Figura 3: Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para a série Alegrete (1928-2009).

Fonte: Sanches, et al., (2014a).

Quando os valores da série Alegrete (1928-2009), após a aplicação do IAC, foram comparados às fases positivas e negativas da ODP no decorrer do século XX, encontraram-se forte correspondência entre os eventos, inclusive os de maior intensidade (Figura 4)

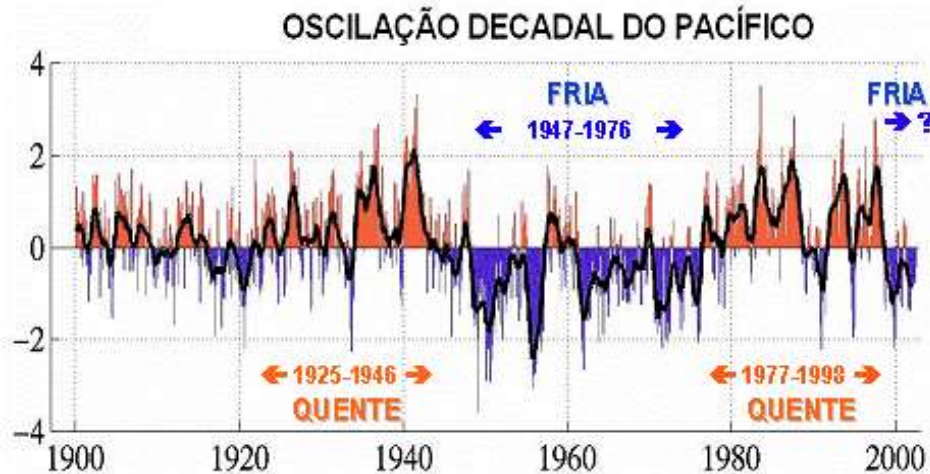


Figura 4: Série temporal do Índice da Oscilação Decadal do Pacífico.  
Fonte: Molion (2005).

Sendo assim, de acordo com os as informações encontradas através da aplicação do IAC aos dados de Alegrete (1928-2009), acredita-se que a ODP esteve modulando as precipitações anuais na região sudoeste do Rio Grande do Sul no decorrer do século XX.

Outra vantagem que uma longa série temporal permite é a de analisar a tendência de determinadas condições ou parâmetros.

Em Sanches et al., (2013) os totais anuais de precipitação da série Alegrete (1928-2009) foram submetidos ao Teste de Mann-kendall (MK) para verificação de sua tendência.

O MK consiste em um teste de tendência, o qual adota a hipótese de estabilidade de uma série temporal, onde a posição de seus valores deve ser independente e, sua probabilidade deve permanecer sempre a mesma. A partir do resultado da estatística de MK é necessário tomar a decisão de aceitar ou rejeitar a hipótese de que não há tendência na série analisada. Ao se adotar o nível de confiança de 95% ( $\alpha = 0,05$ ), a hipótese de que não há tendência, nem positiva nem negativa, deverá ser rejeitada sempre que o valor MK encontrado estiver entre -1,96 e +1,96 ( $-1,96 < MK < +1,96$ ).

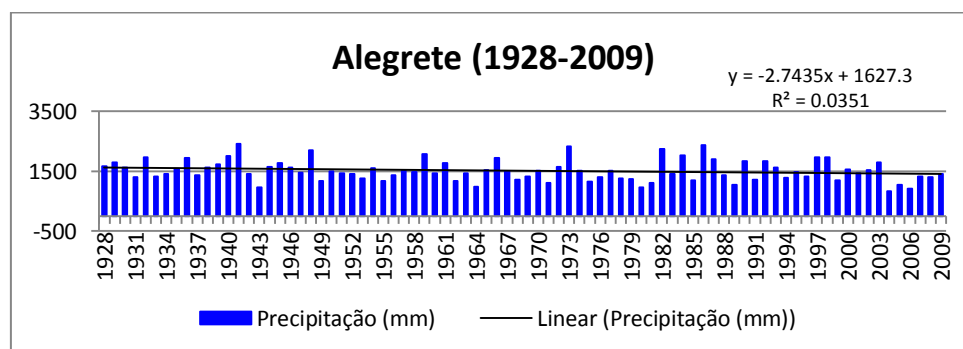


Figura 5. Totais anuais de precipitação da série Alegrete (RS) e respectiva linha de tendência.  
Fonte: Sanches et al., (2013).

A Figura 5 mostra a tendência negativa encontrada para os totais anuais de precipitação para Alegrete (1928-2009) a qual promoveu uma redução de 222,2 mm ao longo da série. O teste MK avaliou a tendência negativa encontrada demonstrando por meio do seu escore ( $Z=1,97$ ) que as precipitações anuais sofreram modificações consideradas significativas para mudança de comportamento.

Já a avaliação dos totais trimestrais e totais mensais, ambos os conjuntos normalizados, não demonstraram tendências significativas quando avaliados pelo teste MK. Destaque deve ser dado às tendências positivas observadas para os meses de novembro e fevereiro, mesmo tendo sido consideradas como não significativas após aplicação do MK.

No trabalho de Sanches et al., (2014b), outros parâmetros, igualmente analisados pelo MK, foram os dias com precipitações  $\geq 1$  mm,  $\geq 10$  mm,  $\geq 20$  mm,  $\geq 30$  mm,  $\geq 50$  mm,  $\geq 80$  mm,  $\geq 100$  mm e do maior período seco em cada mês (CDD/mês). Tanto a tendência de aumento nos dias com precipitações fracas ( $\geq 1$  e 10 mm) nos meses de abril, quanto na ocorrência de eventos extremos ( $\geq 80$  e 100 mm) nos meses de novembro e fevereiro, demonstram que as precipitações sofreram mudanças, consideradas significativas, no decorrer do século XX (Tabela 2).

Tabela 2 Tendências consideradas significativas pelo Teste de Mann-Kendall para os dias com precipitações  $\geq 1$  mm,  $\geq 10$  mm,  $\geq 20$  mm,  $\geq 30$  mm,  $\geq 50$  mm,  $\geq 80$  mm,  $\geq 100$  mm e CCD/mês.

Precipitações	Mês	Tendência	MK (conf.95%)
$\geq 1$ mm	Abril	Positiva	2,08
$\geq 10$ mm	Abril	Positiva	2,38
$\geq 20$ mm	Fevereiro	Positiva	1,99
$\geq 30$ mm	-----	-----	-----
$\geq 50$ mm	Janeiro	Negativa	2,12
$\geq 80$ mm	Novembro	Positiva	2,04
$\geq 100$ mm	Fevereiro	Positiva	2,11
CCD/mês*	Abril	Negativa	2,07

\*CCD/mês: corresponde ao maior comprimento de dias secos em um mês.

O mês de fevereiro demonstrou ter sofrido modificações na dinâmica de suas precipitações (Figura 6). Classificados por Verdum (1997) como período de primavera hidrológica muito curta, os meses de fevereiro e março se caracterizam por serem mais secos e com eventos de precipitação intensa. As tendências positivas significativas encontradas para valores pluviométricos  $\geq 20$  e  $\geq 100$  mm demonstram que os eventos pluviométricos de maior intensidade, sobretudo, os eventos extremos, tornaram-se mais frequentes na região dos areais

de Alegrete no século XX, podendo ser considerados como evidências de mudanças climáticas.

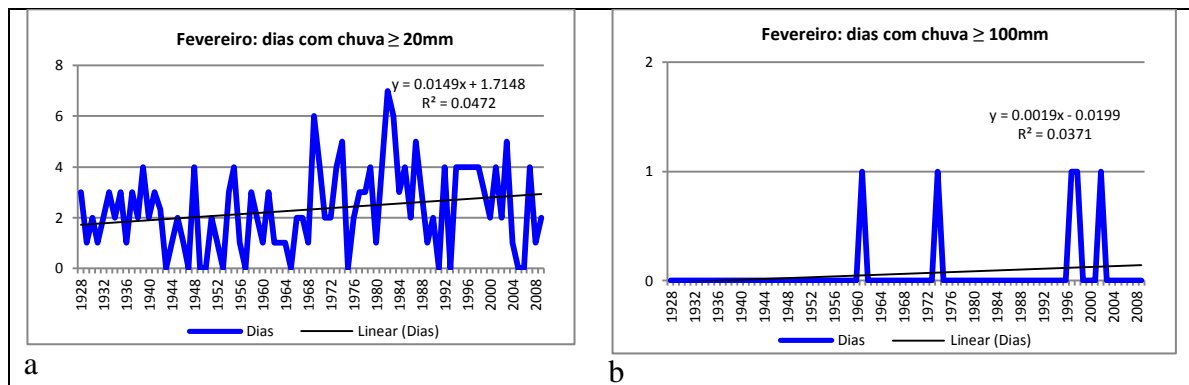


Figura 6. Tendência, consideradas significativas, dos dias com precipitações  $\geq 20$  mm (a) e  $\geq 100$  mm (b) em fevereiro, na região de Alegrete (RS).

Fonte: Sanches et al., (2014b)

Já o período de abril a junho alterna fortes precipitações e períodos de seca (Verdum, 1997). A tendência positiva encontrada para precipitações  $\geq 1$  mm (Tabela 2) e  $\geq 10$  mm de baixos volumes nos meses de abril (Figura 7a) indica que a umidificação do sistema atmosfera-superfície contribuiu para a redução dos períodos secos.

Por fim, ao observar a tendência positiva para as precipitações  $\geq 80$  mm nos meses de novembro (Figura 7b), os resultados sugerem que tenha ocorrido mudança significativa na frequência de tais episódios. Para Verdum (1997), o período de setembro a novembro se caracteriza por chuvas fortes tanto em setembro, quanto em novembro. A tendência de aumento desses eventos extremos nos meses de novembro, no século XX, demonstra que, tal intensificação, pode ser considerada como decorrentes de mudanças climáticas.

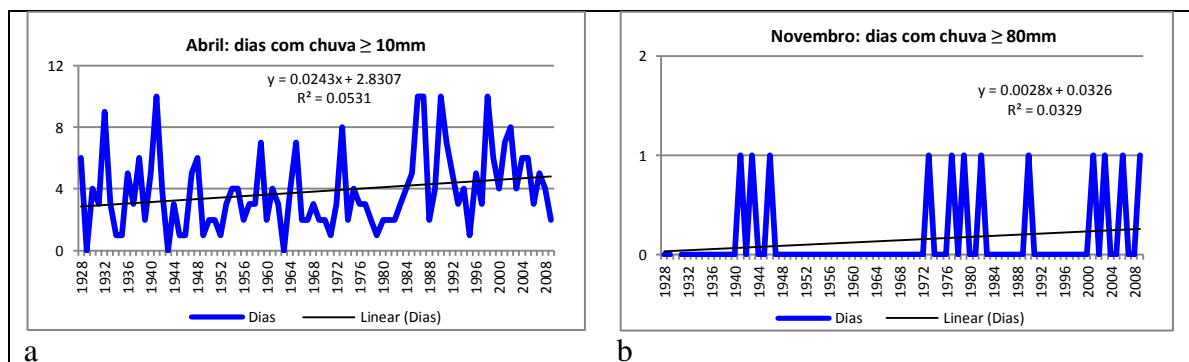


Figura 7. Tendência, consideradas significativas, dos dias com precipitações  $\geq 10$  mm em abril (a) e  $\geq 80$  mm em novembro (b), na região de Alegrete (RS).

Fonte: Sanches et al., (2014b)



Considerando o uso de dados oriundos de modelo climáticos globais, o trabalho de Sanches et al., (2014c) procurou demonstrar o uso de dados do Modelo HadCM3/Eta/CPTEC 40 km na avaliação das chuvas anuais, trimestrais e mensais projetadas para a região sudoeste do Rio Grande do Sul.

O modelo fornece quatro conjuntos de dados que correspondem a quatro intervalos de tempo, ou fatias de tempo (time slice): 1961-1990, 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2099.

Os dados do período de 1961-1990 servem para verificar se o modelo conseguiu capturar o comportamento das precipitações observadas no período equivalente. A comparação entre os dados do modelo com os dados observados permite verificar se o modelo superestima ou subestima o comportamento da variável em análise. Essa fase é conhecida como fase de calibração e verificação do modelo.

Inicialmente os totais mensais de ambas as séries foram avaliados por meio da Correlação de Pearson ( $R^2=0,99$ ) e, posteriormente, os conjuntos submetidos ao teste t de student para verificação de sua homogeneidade. Os resultados da estatística t revelaram que ambas as séries podem ser consideradas, estatisticamente, homogêneas.

A Figura 8 mostra como produto da comparação, os resíduos entre os dados observados e os gerados pelo modelo HadCM3/Eta/CPTEC – 40 km para o sudoeste do Rio Grande do Sul.

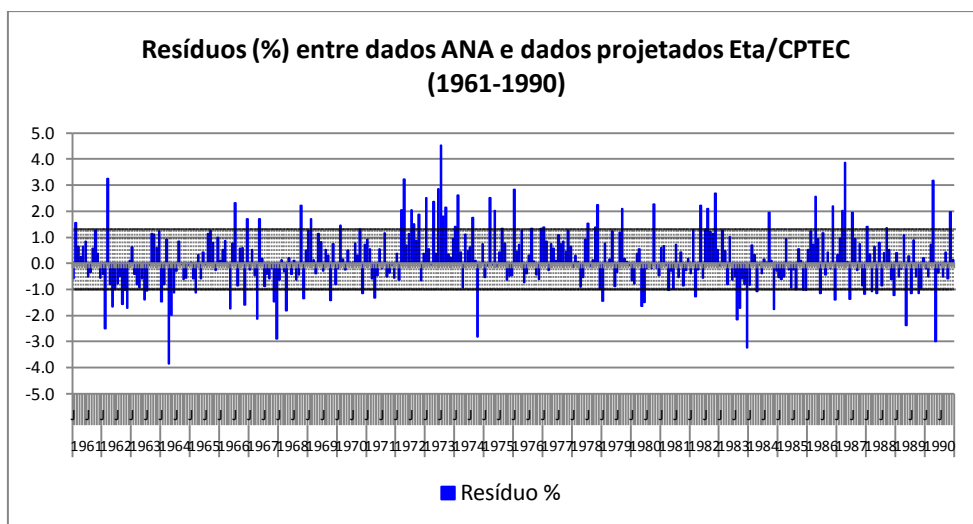


Figura 8. Resíduos percentuais entre dados observados ANA e dados projetados pelo Eta/CPTEC para o período de 1961-1990

Fonte: Sanches et al., (2014c).

A Figura 8 demonstra que o Modelo HadCM3/Eta/CPTEC apresentou certo nível de dificuldade em representar o comportamento (mensal) do fenômeno ENOS ocorridos no

período analisado. No entanto, em relação às precipitações mensais, consideradas como regime climatológico ou a normal climatológica, o modelo demonstrou ter capturado bem a dinâmica das chuvas, o que pode ser confirmado visto a maior parte dos dados (mensais) encontrarem-se dentro do intervalo do desvio padrão da série.

Por fim, a submissão dos dados do modelo para o século XXI ao teste de Mann-Kendall, revelou que, provavelmente, haveria um incremento de 313,6 mm nos totais anuais pluviométricos até o final do século.

Em relação às chuvas sazonais, os verões (DJF) e os outonos (MAM), igualmente, assistiriam um aumento nas precipitações de 116,4 mm e 169 mm, respectivamente, no final do século.

Já, em relação às chuvas mensais, o aumento significativo das precipitações ocorreria nos meses de janeiro (52,4 mm), março (72,8 mm) e outubro (52,2 mm), corroborando, em parte, com as tendências de aumento observadas nas chuvas ao longo do século XX.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho procurou demonstrar as principais fontes de dados, técnicas estatísticas e os recursos que podem ser utilizados para a reconstrução de longas séries temporais.

A análise de variabilidade (de longo e de curto prazo), juntamente com os parâmetros propostos ETCCDI, permite identificar evidências de mudanças climáticas. Testes que avaliam a tendência da série temporal contribuem para a análise do fenômeno.

A qualidade dos dados reconstruídos possibilita a melhor calibração dos dados de saída dos modelos climáticos para, posteriormente, serem avaliados com relação a sua possível tendência no século XXI.

Dessa forma, com base nas evidências encontradas nos dados observados e nas perspectivas propostas para o final do século XXI, é possível desenvolver reflexões sobre as possíveis conseqüências para a sociedade em virtude das mudanças climáticas.

## **REFERÊNCIAS**

ALEXANDER, L.V.; ZHANG, X.; PETERSON, T.C.; CAESAR, J.; GLEASON, B.; KLEIN TANK, A.M.G.; HAYLOCK, M.; COLLINS, D.; TREWIN, B.; RAHIMZADEH, F.; TAGIPOUR, A.; RUPA KUMAR, K.; REVADEKAR, J.; GRIFFITHS, G.; VICENT, L.; STEPHENSON, D. B.; BURN, J.; AGUILAR, E.; TAYLOR, M.; NEW, M.; ZHAIN, P.;

RUSTICUCCI, M.; VAZQUEZ-AGUIRRE, J.L. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **Journal of Geophysical Research**. v.111, D05109. doi: 10.1029/2005JD00690.

AMBRIZZI, T.; ROCHA, R.P.; MARENGO, J.A.; PISNITCHENCO, I. ALVES, L.M., FERNANDEZ, J.P.R. **Cenários regionalizados de clima no Brasil para o século XXI: projeções de clima usando três modelos regionais: relatório 3**. Brasília: MMA, 2007.

BETTS, R.; NOBRE, C.; KAY, G.; SAMPAIO, G.; CHOU, S. Como modelamos o clima. In: MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A.; CHOU, S. C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES, L. M.; OBREGÓN, G. O.; SOARES, W. R. BETTS, R.; KAY, G. **Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil: análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia**. 2011.

BLAIN, G.C. Detecção de tendências monótonas em séries mensais de precipitação pluvial no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.69, n4, p.1027-1033, 2010.

CHOU, S.C. Modelo regional Eta. **Climanálise**. v.1, n.Ed. Especial, p.203-207, 1996.

FOLHES, M.T.; FISCH, G. Caracterização climática e estudo de tendência nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). **Rev. Ambi-Agua**, Taubaté, v.1, n.1, p.61-71, 2006.

FRANK, B., SEVERO, D.; SILVA, H.S. Validade do preenchimento de falhas em séries temporais. In: V Congresso Brasileiro de Meteorologia. **Anais...** Rio de Janeiro, 1988.

FRANK, B.; SILVA, H.S.; SARAIVA, J.M.B.; RIZZO, P.T. Estudo climatológico da bacia do Itajaí: resultados preliminares. In: IV Congresso Brasileiro de Meteorologia. **Anais...** Brasília, 1986.

FREITAS, R.A.; LINDERMANN, D.; SOUZA, L.S.; FARIA, H.; SANTOS, M.; ELESBON, A. Análise de séries temporais de vazão e precipitação na bacia do rio São Francisco. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. **Anais...** Belém, 2010.

HAYLOCK, M.R.; PETERSON, T.C.; ALVES, L.M.; AMBRIZZI, T.; ANUNCIÇÃO, Y.M.T.; BAEZ, J.; BARROS, V.R.; BERLATO, M.A.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; CORRADI, V.; GARCIA, J.; GRIMM, A.M.; KAROLY, D.; MARENGO, J.A.; MARINO, M.B.; MONCUNILL, D.F.; NECHET, D.; QUINTANA, J.; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J.L.; TREBEJO, I.; VINCENT, L.A. (2006). Trends in Total and Extreme South American Rainfall in 1960–2000 and Links with Sea Surface Temperature. **Journal of Climate**, v.19, p.1490-1512.

IPCC Technical Summary. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013.

MARENGO, J.A. **Caracterização do clima no século XX e cenários no Brasil e na América do Sul para o século XXI derivados dos Modelos de Clima do IPCC**. Relatório nº 1. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a diversidade. MMA. CPTEC/INPE, São Paulo: 2007.

MARENGO, J.A.; CHOU, S.C.; KAY, G.; ALVES, L.M.; PESQUERO, J.F.; SOARES, W.R.; SANTOS, D.C.; LYRA, A.A.; SUEIRO, G.; BETTS, R.; CHAGAS, D.J.; GOMES, J.L.; BUSTAMANTE, J.F.; TAVARES, P. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections:

Climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Parana River Basins. **Climate Dynamics**, v.38, Issue 9-10. 2012. p.1829-1848.

NOBRE, A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Cenários de mudança climática pra a América do Sul para o final do século XXI. **Parcerias e Estratégias**. Brasília: n.27, dezembro, 2008.

OBREGÓN, G.; MARENGO, J.A. **Caracterização do clima no Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e Temperaturas Médias Extremas**. Relatório nº 2. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Diretoria de Conservação da Biodiversidade. 2007.

OLIVEIRA, L. F. C.; FIORENZE, A.P.; MEDEIROS, A.M.M.; SILVA, M.A.S. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.11, p.1186-1192, 2010.

RESENDE, N.; CHOU, S.C. Influência das condições do solo na climatologia da previsão sazonal do Modelo Eta. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 15, jul/dez. 2014.

SANCHES, F.O. **Os Areais do sudoeste do Rio Grande do Sul: estudo sobre as chuvas no século XX e um possível cenário para o século XXI**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013. 188p.

SANCHES, F.O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Estudo de tendência de chuvas de longo prazo. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, p. 212-228, 2013.

SANCHES, F.O.; VERDUM, R.; FISCH, G. O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009). **Caminhos de Geografia (UFU)**, v. 15, p. 73-84, 2014a.

SANCHES, F.O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Tendência de longo prazo das chuvas diárias no Sudoeste do Rio Grande do Sul: os eventos extremos e a arenização. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, p. 1100-1109, 2014b.

SANCHES, F.; VERDUM, R.; FISCH, G. Projeção das chuvas no século XXI para o sudoeste do Rio Grande do Sul/Brasil utilizando o modelo HadCM3/Eta/CPTEC. In: SILVA, C.A.; FIALHO, E.S.; STEINKE, E.T. (Org.). **Experimentos em Climatologia Geográfica**. Ied. Dourados MS: Editora da UFGD, 2014c. p. 291-306.

SILLMANN, J.; ROECKNER, E. (2008). Indices for extreme events in projections of anthropogenic climate change. **Climatic Change**. 86:83-104. doi:10.1007/s10584-007-9308-6.

SILVA, D.F.; SOUSA, F.A.S.; KAYANO, M.T. Uso e IAC e ondeletas para análise da influência das multi-escalas temporais na precipitação da bacia do rio Mundaú. **Revista de Engenharia Ambiental**. v.6, n.1, p.180-195, 2009.

SILVA, D.F.S.; SOUSA, A.B.; MAIA, L.M.; RUFINO, L.L. Efeitos da associação de eventos de ENOS e ODP sobre o Estado do Ceará. **Revista de Geografia (UFPE)**. v.29, n.2, 2012.

SUERTEGARAY, D.M.A. **A Trajetória da Natureza: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quarai - RS**. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987. 243 p.

TUCCI, C.E.M.(Org.) **Hidrologia: ciência de aplicação**. 4.ed., 1ª reimp. – Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009.

ULIANA, E.M.; SILVA, D.D.; RODRIGUES, B.S.; CORRÊDO, L.P. Análise de tendência em séries históricas de vazão e precipitação: uso de teste estatístico não paramétrico. **Rev. Ambi-Água**. Taubaté, vol.10, n.1, 2015.

VALVERDE, M.C.; MARENGO, J.A. (2014) Extreme rainfall indices in the hidrographic basins of Brazil. **Open Journal of Modern Hidrology**, v.4, n.1, p. 10-26.

VERDUM, R. **Approche géographique des “déserts” dans les communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana, État du Rio Grande do Sul, Brésil**. Tese de Doutorado, UFR de Géographie et Aménagement, Université de Toulouse Le Mirail, Toulouse, 1997. 211p.

VINCENT, L.A.; PETERSON, T.C.; BARROS, V.R; MARINO, M.B.; RUSTICUCCI, M.; CARRASCO, G.; RAMIREZ, E.; ALVES, L.M.; AMBRIZZI, T.; BERLATO, M.A.; GRIMM, A.M.; MARENGO, J.A.; MOLION, L.; MONCUNILL, D.F.; REBELLO, E.; ANUNCIACÃO, Y.M.T.; QUINTANA, J.; SANTOS, J.L.; BAEZ, J.; CORONEL, G.; GARCIA, J.; TREBEJO, I.; BIDEGAIN, M.; HAYLOCK, M.R.; KAROLY, D. (2005). Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960–2000. **Journal of Climate**, v.18, p.5011-5023.

WMO – World Meteorological Organization – Disponível em <[http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/CA\\_3.php](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/CA_3.php)>. Acesso em 30 de abril de 2015.

## **O DIAGNÓSTICO AMBIENTAL A PARTIR DE UMA VISÃO GEOSSISTÊMICA**

Trabalho apresentado no XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Teresina, Piauí, Brasil, junho de 2016.

**JOSÉ MANUEL MATEO RODRIGUEZ**

Universidad de La Habana

### **INTRODUÇÃO:**

O diagnóstico ambiental incorpora-se como uma das principais fases de, praticamente, todas as variantes dos trabalhos de Planejamento Ambiental. Em particular, utiliza-se nos trabalhos de Ordenamento Ambiental, nos Estudos de Impacto Ambiental, na Avaliação Ambiental Estratégica, e na elaboração dos Sistemas de Gestão Ambiental, ainda que estes últimos recebam o nome de Avaliação do Desempenho. (Antipov, 2006). Para este propósito, em geral, usaram-se três concepções científicas: a visão fatorial, a bio-ecossistêmica, e a geoecológico-geossistêmica. Considerando que a Geografia desde finais do século XIX elaborou a concepção geoecológica sistêmica e na sua base desenvolveu a chamada concepção do Planejamento das Paisagens. (Nikolaiev, 2006)

Ainda que existam avanços científicos na fundamentação dos diagnósticos ambientais, porém em muitas ocasiões, o que acontece é, principalmente, uma lista de problemáticas isoladas, e não articuladas, e na maior parte dos casos baseia-se em uma avaliação do estado de alguns componentes naturais e sócio-econômicos. Não existe uma fundamentação científica sólida e argumentada, que permita ter uma idéia sobre bases coerentes da situação ambiental dos territórios. (Gennadiev y Krivolutskiy, 2004)

Para sair dessa situação paradoxal, é pertinente procurar as pesquisas realizadas há mais de 100 anos pela Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica que constituíram a base, para a elaboração conceitual e metodológica do diagnóstico ambiental desenvolvido pelo chamado Planejamento das Paisagens. (Sochava, 1978) No presente artigo dá-se uma visão dos avanços do diagnóstico ambiental baseado na concepção geoecológico-geossistêmica.

### **INVENTÁRIO E ANÁLISE AMBIENTAL:**

Na verdade, o diagnóstico deve ser precedido por outras duas etapas, o inventário e a análise.

- No inventário, precisa-se de identificar, classificar, caracterizar e cartografar as unidades, mas o que as unidades tratam? Entramos num problema epistemológico complexo. Na figura 1 expõem-se as categorias analíticas da Geografia segundo, a última geração de conceitos. As mesmas podem-se estabelecer, em dependência de dois critérios: o substancial ou de fundamento (o cripto sistema) e o morfológico (Gonzalez Bernaldez, 1981). Ficando fora de toda discussão, parte-se de assumir à paisagem ou geossistema natural, como o ponto de partida para fazer o inventário e no máximo considerar a paisagem antrop natural (ou seja as unidades da paisagem natural e o seu uso). Existe já um consenso acerca de como proceder a captação de tais unidades (Mateo et al, 2004).



- A etapa analítica é direcionada a realizar uma radiografia completa a partir de uma interpretação geossistêmica das unidades distintas. Implica conhecer sua estrutura, seu funcionamento, sua dinâmica, sua evolução, e os mecanismos de auto-regulação e auto-organização e auto-sustentabilidade dos sistemas. Na bibliografia brasileira essas questões se explicam detalhadamente (Mateo, 2011).

### **PREMISSAS PARA ELABORAR UMA CONCEPÇÃO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL BASEADA NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.**

O diagnóstico ambiental deve constituir em um antecedente para elaborar um desenho de planejamento ambiental do território. Esse desenho deve basear-se nos princípios do desenvolvimento sustentável. Oficialmente foi no ano de 1992 durante a celebração da Cúpula de Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento que assumiu-se pela Organização das Nações Unidas e os diversos países dessa organização, ao desenvolvimento sustentável como concepção científica e prática para incorporar a dimensão ambiental nos processos de desenvolvimento. No ano de 2012, na Cúpula de Rio mais 20, aceitou-se de novo a concepção, tomarem providências para reforçar a sua implementação. Essa concepção programou-se como forma para resolver um conflito que gerou no mundo entre a idéia de desenvolvimento e de meio ambiente. (Mateo, 2007). Por muito tempo, prevaleceu uma idéia errada na qual considerava-se como desenvolvimento ao impacto, a utilização e a exploração dos bens, recursos e serviços naturais, contrapondo-se ao meio ambiente, que interpretava-se como a sua proteção. Pensou-se que os dois aspectos eram contraditórios, e que não era possível utilizar e proteger simultaneamente. A proteção da natureza considerou-se como não ligada a utilização, e que pelo contrário devia-se encaminhar a uma natureza selvagem não interferida de acordo a o seu valor intrínseco, e isolada dos espaços e sistemas restantes. (Mateo, 2012)

A concepção de desenvolvimento sustentável é o resultado de uma longa e complexa evolução do próprio conceito de Desenvolvimento. Esta noção começou a interpretar se não só como crescimento econômico, mas sim como uma melhor organização e aproveitamento dos espaços e territórios, nas quais está inserida a natureza, ocupada, assimilada e transformada pelas ações humanas. O desenvolvimento sustentável surgiu para tentar articular três dimensões: a econômica, a sócio-cultural, a ambiental. Esta última implicando entender a natureza como a base do processo de desenvolvimento, ou seja, que tudo no planeta Terra tem o seu ponto de partida na natureza. Assim, o desenvolvimento sustentável na sua visão original, supõe que a sustentabilidade ambiental (da natureza) deve ser priorizada e que a sustentabilidade econômica (das entidades econômicas, as empresas e as atividades econômicas) e a social (dos grupos sociais, as culturas e as comunidades), deverá se adaptar ou se adequar às condições da natureza. Trata-se então de passar a uma visão de adaptação humana a natureza, a sua propriedade e leis. Assim a sustentabilidade ambiental supõe aceitar quatro tarefas fundamentais (Isachenko, 1980; Mateo, 2008; Mateo e da Silva, 2013)

1.- Desenvolver a capacidade de reprodução dos recursos e serviços ambientais: Trata-se de que as formas de utilização da natureza devem garantir que não sejam degradados os recursos e serviços naturais. Pelo contrário os recursos e serviços devem se reproduzir, ou seja, devem se conservar as chamadas “propriedades úteis”. Por tanto, não devem explorar se os recursos além do nível ou patamar de sua reprodução, ou seja, do nível ótimo, a partir do qual o recurso tem a tendência de se degradar ou esgotar se por completo. No caso dos recursos irrenováveis, trata-se de manter um estoque ou reserva mínima, que permita o funcionamento dos sistemas econômicos e sociais que dependem dele.

2.- Fomentar a capacidade de regeneração das condições ecológicas do meio: Trata-se de que as formas de ocupação, assimilação e apropriação do espaço natural permitam uma condição adequada do hábitat para a população humana, e que essas condições não sejam deterioradas, mas pelo contrário, melhorem ou mantenham se estáveis e duradouras.

3.- Estimular a capacidade de manutenção das propriedades do espaço natural: Parte-se de considerar sete atributos sistêmicos: estrutura, o funcionamento, a dinâmica, a evolução, a capacidade produtiva, a auto-regulação e a auto-organização. Assume-se o princípio de que se o geo ou o eco sistema conservam uma estrutura ótima, funcionam de maneira estável, e tem uma tendência dinâmico evolutiva de estabilização, a capacidade produtiva, e a auto-regulação e a auto-organização (ou seja, a resiliência) será a que naturalmente o sistema reproduz. Se se precisa melhorar ou aperfeiçoar a capacidade produtiva é preciso levar ao sistema a um nível onde as propriedades estruturais funcionais de auto-regulação, e a capacidade de auto-organização do equilíbrio ecológico que não deteriore o sistema e sua capacidade de suporte possam assumir novas capacidades produtivas e de auto-regulação.

4.- Implementar a capacidade de suporte do equilíbrio ecológico dos territórios: Aqui, as propriedades do sistema é necessário colocar a análise em um contexto espacialmente abrangente e complexo. Trata-se de ver como o sistema influi ou condiciona o equilíbrio do sistema hierárquico superior, ou seja, uma bacia, uma região ou um território no qual pertence.

Assim, um processo de planejamento e ordenamento ambiental, deverá estar encaminhado a estabelecer as bases para a incorporação da dimensão ou sustentabilidade ambiental aos processos de desenvolvimento.

## O DIAGNÓSTICO AMBIENTAL:

O diagnóstico ambiental tem como objetivo, estabelecer o estado, a situação, e determinar os problemas que experimentam as unidades ambientais que se distingam. Essas unidades supõem se que experimentam um determinado uso ou pressão: trata-se de conhecer como elas estão, a até que limite podem suportar um determinado nível e grau de exploração. (Muller e Ab Saber, 1994) Aceitam se três tipos de diagnóstico: o diagnóstico das unidades naturais e antropo naturais, o diagnóstico do uso dessas unidades, e o diagnóstico integrado. Todos esses diagnósticos tem como ponto de partida a consideração das unidades naturais (no caso as paisagens naturais e antropo naturais) e aos geossistemas desde uma interpretação sistêmica como o ponto de partida para a realização dos diagnósticos. (Ahern, 2005)

- **Diagnóstico das unidades naturais:**

Na realidade este é o tipo de diagnóstico mais conhecido. Trata-se de determinar como a natureza encontra-se em relação com sua situação original. Ou seja, como as propriedades da natureza estão e qual é a disponibilidade da oferta ambiental posterior a modificação e transformação dos sistemas, e como estão as características que garantam sua estabilidade e funcionamento normal. Aceita se que nessa etapa podem realizar a seguinte análise:

- ***Avaliação do potencial de recursos e serviços ambientais e da qualidade da paisagem:*** Esta questão analisa-se freqüentemente nos trabalhos de diagnóstico ambiental. Esta foi uma temática muito analisada e discutida nos anos de 1970 e 1980 na Alemanha do Leste. (Bastian et al, 2006) Considera se como potencial da paisagem: “a característica da medida do possível cumprimento pela paisagem das funções sócio econômicas que refletem o grau da possível participação da paisagem na

satisfação das diferentes demandas da sociedade.” (Aleksandrova, e Preobrazhenskii, 1988). O potencial da paisagem depende de suas propriedades naturais e da direção e formas de utilização. Foram estabelecidas uma tipologia de potenciais naturais que incluem o potencial agrícola, o turístico, o hídrico, de recursos minerais e outros. Em geral, o conceito de potencial natural é próximo ao conceito de recurso natural, que tem sido definido como “os corpos e as forças da natureza que em um determinado nível de desenvolvimento das forças produtivas e do estudo, podem ser utilizados para a satisfação das necessidades das sociedades humanas na forma de sua participação direta na atividade material.” (Mints, 1972, p. 27). Ao mesmo tempo, elaborou-se o conceito de condição natural, considerado como “os corpos e as forças da natureza que no nível dado de desenvolvimento das forças produtivas são essenciais para a vida e a atividade da sociedade humana, mas que não participam diretamente na atividade material produtiva e não produtiva das pessoas.” (Mints, 1972, p. 26).

Foi também elaborado o conceito de recursos e serviços ecossistêmicos, baseado na diretriz nas Nações Unidas articuladas com a Avaliação dos Ecossistemas do Milênio (UNEP, 2005). Geralmente distinguem-se os serviços ecossistêmicos dos seguintes tipos: formadores, reguladores, sustentadores e culturais. Existe a tentativa de utilizar a concepção geossistêmica para avaliar esses serviços. (Romanova et al, 2010)

De acordo com os recursos, condições e serviços de que dispõe uma paisagem foram propostos procedimentos e indicadores para avaliar a qualidade da paisagem (Ibarra Belloch, 2013) que determina o que é conhecido como oferta ambiental que é de acordo com as suas propriedades e atributos naturais que um sistema natural pode brindar a sociedade humana para sua utilização e exploração.

- **Determinação dos graus do estado ambiental:** Pressupõe a Identificação da problemática e da degradação ambiental. Em relação ao Planejamento das Paisagens, o estado ambiental determina-se para cada unidade que foi identificada, em relação a existência dos problemas ambientais, sua medição e sua somatória de maneira simples. (Mateo, 2008). Essa medição dá a possibilidade de ao mínimo três níveis: o satisfatório, o inadequado e o crítico. A partir desse estabelecimento elaboram-se mapas utilizando-se a escala do “semáforo ambiental”: verde, amarelo e vermelho, para as gradações estabelecidas (Blowers, 1993).

Em estreita relação com o estado ambiental, está a noção de degradação ambiental, que é sua expressão sistêmica em uma tendência de involução. (figura 3) Mateo e Ortiz (2001), analisaram em detalhe essa questão.

- **Análise do Impacto Ambiental (ações, efeitos, conseqüências):** O impacto ambiental tem sido uma noção amplamente usada nos chamados Estudos e Avaliações de Impacto Ambiental, com o objetivo de avaliar a falibilidade dos projetos para a outorga das licenças para seu empreendimento. (Muller e Ab’Saber, 1994). Em geral, considera-se mais que tudo como os efeitos (positivos e negativos) de uma determinada obra, que realiza-se de acordo com as características dos componentes, para usar a técnica da sobreposição e definir-se “unidades de impacto ambiental”.

Estas são avaliadas segundo diferentes critérios: intensidade, área abrangente etc. (Garcia Alvarez, 1995)

Na realidade, segundo a visão geoecológica paisagística, desde há mais de 40 anos a análise de impacto das atividades humanas sobre as paisagens e os geossistemas naturais está se fazendo também utilizando-se outra visão (Preobrazhenskii et al, 1982). Define-se como a relação dialética entre as mudanças, os efeitos e as conseqüências que acontecem em um sistema ambiental, como resultado da ação exercida por uma determinada força sobre o mesmo. (Figura 2) Assim estabelecem-se os seguintes momentos (Chestakov y Drozdov, 1992):

- ✓ Um sistema ambiental: no caso, uma paisagem ou geossistema natural, em relação a uma determinada classificação ou hierarquia.
- ✓ A ação (impacto): que exerce se sobre o sistema geralmente determina-se também uma hierarquia.
- ✓ As mudanças: as propriedades e atributos sistêmicos que experimenta o sistema com resultado da ação (da estrutura, do funcionamento, da dinâmica, da evolução, e dos mecanismos de regulação e organização).
- ✓ Os efeitos que manifestam-se no sistema e no seu entorno são os problemas ambientais de ordem natural e sua interação.
- ✓ As conseqüências, que manifestam-se nos sistemas econômicos e sociais que utilizam ou defendem esse sistema para a sua existência.

Elabora-se a matriz de impacto/resposta (Doncheva1977) em um determinado território ou região. Segundo essa matriz para os geossistemas identificados estabelecem-se as respostas (mudanças, efeitos e conseqüências) atuais ou perspectivas de determinadas ações. Elaboram-se mapas que identificam essa complicada interação, que os mesmos conceitos de impacto contem como noção.

Freqüentemente estabelece a seguinte classificação das ações:

- a. A direção e a da forma de atividade humana (agrícola, industrial)
- b. A direção do intercâmbio de substâncias, e energia (extração, acumulação)
- c. A duração do impacto
- d. O regime do impacto (permanente, periódico, cíclico).

Em relação aos efeitos ambientais ou nível de impacto, utiliza-se a seguinte gradação:

- ✓ e. Efeitos muito fortes: desapareção total das plantas e dos animais. Poluição atmosférica, hídrica e edáfica muito alta. Erosão muito severa. Perda total da capacidade produtiva, funcional e do equilíbrio ecológico do sistema, y dos valores e potenciais naturais.
- ✓ f.-Efeitos fortes: erosão severa. Indicadores de perda da capacidade produtiva. Perda de nutrientes. Poluição residual. Perda de algumas espécies. Ameaça de deterioração de valores ambientais.
- ✓ g. Efeitos moderados: Aparição de manchas de espécies exóticas. Erosão leve a moderada.
- ✓ h. Efeitos leves: erosão laminar de baixa intensidade. Começo de processo de deterioração. Poluição leve. Poucas perdas de espécies.

- ✓ i. Não se manifestam efeitos significativos.

- **Análise do perigo, riscos e vulnerabilidade:** Este é uma temática que na atualidade se analisa muito amplamente, fundamentalmente em relação com os desastres naturais. Foram elaborados os conceitos de perigo e risco, e as vulnerabilidades ante esses eventos. (Cunha, 2014). Tem se exposto ideais para considerar esta análise para cada uma das paisagens identificadas (Mateo, 2014).

- **A situação ambiental:** Existem experiências sobre como estabelecer formas para integrar o diagnóstico ambiental das unidades naturais. Se definiu o conceito de situação ambiental, para integrar as noções de qualidade ambiental (disponibilidade de recursos e serviços), o estado em que se encontra o sistema, o impacto que experimenta o sistema, os riscos e a vulnerabilidade a exposição. (Solntsev, 1997)

### **Diagnóstico do uso das unidades naturais:**

Desde a perspectiva geoecológica formulou-se a concepção da utilização da natureza (Reimers, 1990). Essa noção se considera como a esfera das atividades práticas da sociedade encaminhada a satisfazer as necessidades humanas a partir da utilização dos bens, os objetos e as riquezas naturais (Timashev, 1999, pp. 99).

Desde o ponto de vista do diagnóstico da utilização da natureza, trata-se de analisar como avaliar a utilização do espaço natural pelas diferentes atividades econômicas e sociais empreendidas por diversos agentes e atores que se associam em uma determinada configuração sócio-política e de acordo com as seguintes questões básicas (Rudskii y Sturman, 2007):

- **A eficácia da utilização:** trata-se de determinar até que ponto a utilização corresponde com as propriedades do sistema, suas potencialidades de recursos e serviços, ambientais, de tal forma que não só possam se manter, mas que possam se aperfeiçoar, e se garanta a sua reprodução. Nessa tarefa o procedimento fundamental é a Avaliação da utilização do uso das paisagens, mais conhecido como Compatibilidade de uso ou relação uso/potencial, e a Análise do cumprimento das funções sócio-econômicas.

- **Análise da relação uso/potencial:** Trata-se de estabelecer a relação entre o nível de potencial natural e o Grau do uso do espaço. Estabelecem-se três categorias: sobre utilização (o uso e de maior intensidade em relação ao potencial): Sub-utilização (o potencial é de maior requerimento que o uso): a utilização racional (a utilização corresponde com o potencial). Para determinar essa confrontação, dispõe-se o do tipo de uso e potencial, o da intensidade, de acordo com a carga com que se utiliza o potencial. Uma experiência interessante da determinação da capacidade do uso agrícola é oferecida pelo Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas (Sepúlveda y Edwards, 1996).

- **A avaliação das funções sócio-econômicas:** É interessante a experiência feita por Jaritonova (2014), na qual utilizando esquemas em forma de estrela mostram se os pontos dos indicadores, e compara três situações diferentes no uso dos pântanos na Rússia Central (pântano natural, pântano seco e utilizado por atividades agrícolas intensivas e pântano abandonado com brechós em estado de recuperação natural). Para fazer essa avaliação usam se os seguintes indicadores:



Para a função asseguradora:

1. Produtividade do ecossistema
2. Valor econômico da produção do ecossistema
3. Balanço da substância orgânica
4. Recursos hídricos.

Para a função reguladora:

5. Nível das águas subterrâneas
6. Qualidade das águas superficiais
7. Regulação da vazão
8. Regulação do clima
9. Regulação da erosão
10. Infecções dos focos naturais
11. Estabilidade do funcionamento

Para a função de suporte (sostendora) :

12. Diversidade biológica
13. Fertilidade edáfica
14. Condições de acidez/basicidade
15. Balanço dos gases de efeito estufa

Para a função cultural:

16. Atração para o lazer e o eco turismo
17. Valor estético
18. Valor informacional

Esses indicadores baseiam-se em dados capturados em condições de pesquisas semi-estacionares e constituem uma informação de valor para a identificação e a avaliação dos impactos (ações, mudanças, efeitos, conseqüências) dos geossistemas que se analisem.

- **A eficiência da utilização:** Trata-se de estabelecer a relação entre o custo e o benefício, mais que tudo econômico. A idéia ótima é que o gasto nas intervenções externas, não seja maior que os benefícios econômicos, resultado do aproveitamento e da exploração dos sistemas naturais. Além da análise econômica é possível usar o procedimento de identificação dos fatores que limitam ou potencializam o uso do potencial: institucionais, econômicos e sociais. (Majalova y Chalov, 2004)

- **A efetividade da utilização:** Trata-se de conhecer como a utilização da natureza conduz a benefícios sociais e culturais, tangíveis e intangíveis para a sociedade envolvida no território que experimenta o aproveitamento e a exploração. Se usam os procedimentos da Avaliação do Retorno Social do uso dos recursos e serviços ambientais e da Análise da relação qualidade ambiental/Qualidade de vida. (Checa et al, 2013)

- ✓ O retorno social, tenta medir o coeficiente de igualdade/desigualdade da população, por indicadores sociais e de renda, e determinando de onde vem a renda da população. Analisa-se como a exploração dos recursos se usa na localidade para a solução dos problemas próprios do território. É fundamental essa questão ter em conta como são as providências do governo para a re-distribuição e socialização do lucro no território que é feito pelas empresas que se localizam no território. A análise da relação qualidade



ambiental/qualidade de vida, tenta procurar a relação que existe entre os espaços com maior qualidade da dotação de recursos e serviços, e os níveis de vida da população. Este último se determina de acordo com o nível de renda, e os fatores que determinam a satisfação das necessidades básicas.

Como é conhecido as classes e os grupos sociais mais poderosos, frequentemente localizam-se nos espaços de maior qualidade ambiental, não só em relação a dotação de recursos e serviços, mas também em um nível de melhores condições ambientais (ar puro, água limpa e a vontade, passagens com árvores e de alta qualidade estética). Em todo caso, é preciso apoiar essas avaliações com dados empíricos.

### **DIAGNÓSTICO TERRITORIAL INTEGRADO:**

Na realidade essa etapa corresponde, mais que tudo, a fazer a análise do diagnóstico do território, que se considera como um objeto de maior abrangência, que inclui os espaços gerenciados por uma determinada estrutura de poder. (Massiris Cabeza, 2009). No caso, além dos sistemas naturais, como objeto de diagnóstico envolvem-se os sistemas econômicos e os sociais. Desde o ponto de vista ambiental, trata-se de refletir e dar informações para uma fase de diagnóstico, mais ampla e abrangente. Em geral, nesse diagnóstico integrado se analisam desde o ponto de vista ambiental os seguintes elementos fundamentais:

- ***Avaliação ambiental das políticas, planos, programas e mecanismos de regulação da utilização da natureza:*** A ISO 14 000 (ISO, 2000) contém um conjunto de procedimentos para desenhar, e avaliar a política ambiental a diversos níveis hierárquico, que se podem aplicar e avaliar a avaliação de planos, programas e os mecanismos de regulação da utilização da natureza. O fundamental é ter clareza de quando essas diretrizes e instrumentos de gestão garantem de maneira real o uso racional dos espaços naturais, de seus recursos e serviços ambientais. Também devem de fazer-se sugestões para a otimização das políticas e aperfeiçoar a capacidade de direção e gestão dos órgãos de governo e da sociedade.

- **Elaboração e medição dos indicadores de sustentabilidade, incluindo o balanço das potencialidades e dos limitantes para a utilização:** A sustentabilidade do desenvolvimento tem que ver com garantir a continuidade e perdurabilidade do processo do crescimento econômico e a melhoria social, tendo a dimensão ambiental, como aquele que determina a evolução dos sistemas envolvidos. Para isso é preciso a procura de um mecanismo de adaptação e adequação dos sistemas econômicos e sociais que garantam o funcionamento e a estrutura ótima dos sistemas naturais e antropogênicos. Para isso é preciso a procura e a criação de um sistema de indicadores para medir a sustentabilidade ambiental, que deverão cumprir com as seguintes exigências: refletir os atributos e as propriedades dos sistemas naturais, estabelecer com clareza o estado dos sistemas e de seus recursos e serviços; escolher indicadores que reflitam a inter-relação dos sistemas naturais com os sistemas econômicos e sociais. A experiência ensina, que só a partir de unidades integrais espaciais e de sua identificação e caracterização concreta é que se pode escolher e desenhar indicadores fiáveis e coerentes. (Mateo, 2007, 2012.).

- ***A avaliação do valor estético e da fragilidade visual da paisagem:*** A paisagem visual é um intermediário entre o espaço real (espaço natural, antropogênico e geográfico) e a população humana. Existe um conjunto de métodos, técnicas e conceitos para a identificação e valoração

da paisagem visual. A análise do impacto comporta duas questões: a mudança sobre o recurso estético e sobre a posição dos observadores. (Mateo, 2013)

- **Impacto no espaço e na paisagem cultural:** o conceito de espaço e paisagem cultural consiste na apropriação subjetiva das sociedades humanas do espaço geográfico, e leva a marca da história, dos comportamentos, e do contexto de vida e das representações da sociedade sobre a natureza. Ou seja, é a forma em que a sociedade apropria-se culturalmente da natureza. (Druzhinin y Streletskii, 2014). Existem métodos específicos para o diagnóstico da situação de preservação dos espaços e paisagens culturais, que podem ser usados como ferramentas do diagnóstico territorial. (Mateo, 2013).

- **Determinação da situação geral do território:** Para ter uma visão da situação geral do território e de suas tendências de evolução nos diferentes cenários, é imprescindível estabelecer uma avaliação geral dos sistemas naturais, e antropogênicos, de seus recursos e serviços, da racionalidade de sua utilização, da eficácia das diretrizes e formas de gestão. Podem ser no mínimo, três cenários: tendencial, crítico, ideal. Junto com a identificação e caracterização dos cenários, é necessário fazer seu diagnóstico integral. Essa avaliação geral permitirá identificar áreas ou espaços críticos, considerados como os espaços no qual a situação ambiental vai se movimentando de um estado crítico a um estado catastrófico. Simultaneamente é preciso determinar os conflitos existentes entre atores, agentes, seu caráter e manifestação espacial, e como esses conflitos poderão evoluir, e como poderiam ser visualizados nos três níveis de cenários estabelecidos, e que fazer para sua minimização ou eliminação (Mateo e da Silva, 2013).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento das paisagens tem como propósito o desenho de três questões básicas (Isachenko, 1981):

- A elaboração do plano das paisagens, com a proposta da organização espacial mais efetiva e racional.
- A otimização das paisagens, com o melhoramento das potencialidades e o aperfeiçoamento e a regulação das funções sócio-econômicas.
- O desenho da paisagem sustentável, que procure a maximização da exploração das potencialidades, um ótimo ecológico e ambiental, e a minimização dos processos de degradação.

Nisso, os resultados que podem ser obtidos na etapa de diagnóstico ambiental é uma segurança cognitiva e metodológica, porque em dependência do conhecimento e das informações que possam ser obtidas, e que poderá se elaborar um conceito efetivo de planejamento. O diagnóstico fornece uma fotografia clara, uma fiel radiografia do que está acontecendo na natureza. Deve-se por tanto aprofundar nas suas causas e suas interações com os fatores econômicos e sociais que determinam o estilo da utilização da natureza. Só com esse conhecimento se poderão propor caminhos para levar a um futuro o mais promissor e melhor possível, que no final de contas é o propósito de planejamento ambiental.

Assim, os requerimentos para a elaboração dos diagnósticos ambientais são de três tipos (Shishenko, 1988):

- Dispor de uma base teórico-conceitual holística e abrangente, como é a concepção das paisagens e os geossistemas.
- A construção de indicadores que possam ser mensurados e captados sem complicações.
- O caráter multidisciplinar do planejamento ambiental que facilite a participação dos especialistas em ciências econômicas e sociais, basicamente nos diagnósticos do uso, e nos diagnósticos integrais nessa questão, a partir de uma base natural coerente e sólida.

Assim, o diagnóstico ambiental é uma fase e ferramenta eficaz para as propostas de planejamento rígidas e fundamentadas. Mas também, constitui um veículo muito útil nas avaliações rápidas, geralmente de caráter qualitativo, que não precisa de elaborações complexas dos dados empíricos, e de pesquisas aprofundadas. Quando as autoridades ou algum órgão da sociedade civil precisem de uma ideia geral rápida ou de um monitoramento preliminar, o diagnóstico ambiental rápido que oferece uma visão geral e abrangente da situação dos espaços naturais e os seus recursos e serviços ambientais. Aqui o diagnóstico pode se reduzir a algumas tarefas gerais, e não se acompanhar de dados exatos.

O diagnóstico ambiental rápido também pode utilizar nos casos da realização de avaliações, depois de um evento catastrófico ou um desastre ambiental. Essa visão é necessária para implementar ações, incluindo empreendimentos para mitigar os efeitos dos acontecimentos severos. Também, em alguns tipos de espaços (costeiros, litorais), com vistas a implementação de programas especiais de apropriação do espaço.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

AHERN, J.- Theories, methods and strategies for sustainable landscape planning; In: TRESS, G.B., G. TRESS, G. FRY, P. OPDAM (Eds.).- From Landscape Research Landscape Planning. Aspects of Integration, Education and Applications., 2005, Springer, Wageningen UR Frontis Series, The Netherlands, pp.122- 128

ALEKSANDROVA T.D y V.S., PREOBRAZHENSKII (Eds.). Fundamentos geocológicos de la proyección y la planificación territorial., (en ruso ), Editorial de la Academia de Ciencias de la URSS, Moscú, 1988, 114 pgs.

ANTIPOV, A.N (Edición y compilación).- Landscape Planning. Tools and experience in implementation., Bonn. Irkutsk; Russian Academy of Science and Federal Agency for Nature Conservation, 2006, 149 pgs.

BASTIAN, O., R. KRONERT, Z. LIPSKY.- Landscape diagnosis on different space and times scales- a challenge for landscape planning., Landscape Ecology, 2006, No.21, pp.359 -374.

BLOWERS, A. (Ed.).- Planning for a sustainable environment. A report by the town and country planning Association; Earthscan Publ. Ltd., London, 1993, 139 pgs.

CHECA ARTASN, M.M., A.GACRICA., P.SOTO, P.SUNYER.- Paisaje y territorio. Articulaciones teóricas y empíricas., Tirant Humanidades, Universidad Autónoma Metropolitana, Mexico D.F., 2014,30 pgs.

CHESTAKOVA. A.S ., V.DROZDOV.- La dinámica de los paisajes y la degradación del medio ambiente (en ruso)., En: GLAZOVSKII,N.F.,G.D.SDASIUK, L.YU.MAMAIEVA.- Cambios globales e inter relaciones regionales. Análisis geográfico ., II.- Cambios del medio ambiente., (en ruso)., Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de la URSS, Moscú, 1992, pp. 98 – 121

CUNHA, L.- Perigosidade, vulnerabilidades e riscos. Exemplos em Portugal Continental, VIII SLAGF, IV SIGF, Santiago de Chile, 2014, presentacao em Powell point.

DONCHEVA, A. N.- Hileras dinámico funcionales de los complejos naturales transformados antropogenicamente.,(en ruso)., Problemas de la Geografía, 1977,No.106,Moscu, pp. 83-89.  
DRUZHININ, A. G., STRELETSKII, V. N. (Red.).- El fenómeno de la cultural en la Geografía social Rusia: opiniones de expertos, analítica, conceptos., (en ruso)., Editora de la Universidad Federal del Sur, Rostov na Donu, 2014,532 pgs., PP. 255 ‘ 265

GARCIA ALVAREZ, A.- Evaluación de impacto ambiental de proyectos. Conceptos y Metodología., Prointec, Ingenieros Consultores, Madrid, 1995,142 pgs.

GENNADIEV,A.N., D.A.KRIVOLUTSKII.- Recursos naturales, su utilización y protección., Moscú, 2004, Editorial Gorodietz, 649 pgs.

GONZALEZ BERNALDEZ, F. Ecología y Paisaje., H.Blume Ediciones, Madrid, 1981, 250 pgs.

IBARRA BENLLOCH, Paloma.- El diagnostico del paisaje: En: Curso “El diseño de la planificación territorial del paisaje. Elementos y métodos”, Universidad de Zaragoza, España, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, 2014, 22 pgs.

ISACHENKO, A. G.- Optimización del medio natural. (en ruso)., Editorial ”Misl”, Msocú,1980, 264 pgs.

ISO.- Serie de normas ISO 14000, 2000

JARITONOVA, T. I.- El cambio de las funciones ecológicas y socio económicas de los paisajes de post mejoramiento., En: ”Horizontes de la Ciencia del Paisaje”Voprosi Geografii (Problemas de la Geografía)., No.138,Moscu, Casa Editorial “Kodeks”, 2014,pp.409-435.

MALJALOVA, S. M., R.S.CHALOV (Redactores).- Procesos antropógeno naturales y riesgo ecológico., (en ruso)., Moscú, 2004, Editorial Gorodietz, 604 pgs.

MASSIRIS CABEZA, Ángel.- Geografía y Territorio. Procesos territoriales y socio espaciales. Aproximación desde Iberoamérica; Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; Tunja, Colombia, 2009, 268 pgs.

MATEO RODRIGUEZ, J. M.-Geografía de los Paisajes. Segunda Parte. Paisajes Culturales., Editorial Universitaria Félix Varela, La Habana,2013, 171 pgs.,

MATEO RODRÍGUEZ, J. M.- La dimensión espacial del desarrollo sostenible: una visión desde América Latina., Editorial U.H., Editorial Científico Técnica, La Habana, 2012, 293 pgs.

MATEO RODRÍGUEZ, J. M.- Paisajes Naturales. Geografía de los Paisajes. Primera Parte., Editorial Félix Varela, La Habana, 2011, 198 pgs.

MATEO RODRIGUEZ, J. M.- Vulnerabilidades socio ambientales de los peligros naturales: una mirada desde la Geoecología de los Paisajes: VIII SLAGF, IV SIGF, Santiago de Chile, 2014, presentacao em Powell point.

MATEO RODRIGUEZ, J. M., Edson Vicente da SILVA.- Planejamento e Gestão Ambiental. Subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistemica.,Edições UFC,Fortaleza, 2013,370 pgs.

MATEO, J.- Aportes a la formulación de una Teoría Geográfica de la sostenibilidad ambiental; Universidad de La Habana, Tesis para la obtención del Grado de Doctor en Ciencias, La Habana, 2007, 180 pgs.

MATEO, J. (Editor y compilador).- Estructura geográfico – ambiental y sostenibilidad de cuencas hidrográficas superficiales; Editorial Félix Varela, La Habana, 2008, 275 pgs.

MATEO, J., E. VICENTE DA SILVA y A.P.B. CAVALCANTI).- Geoecologia das Paisagens. Uma visão geossistémica da análise ambiental; Editora UFC Fortaleza, Ceara, 2004, 222 pgs.

MATEO RODRIGUEZ, J. M. e M.A. ORTIZ PEREZ.- La degradación de los paisajes como concepción teórico – metodológica., Instituto de Geografía, UNAM, México D.F., Serie Varia, Nueva Época, No.1, 2001, 40 pgs.

MINTZ, A. A.- Evaluación económica de los recursos naturales (en ruso)., Moscú, Editorial Misl, 1972, 135 pgs.

MÜLLER-PLATENBERG, C., Aziz Nacib AB SABER.-(Orgs.).- Previsão de impactos. O estudo de impacto ambiental Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha., EdUsp, São Paulo,1994, 569 pgs.

NIKOLAEV, V. A.- Ciencias del Paisajes. Seminarios y Tareas prácticas. (en ruso)., Facultad de Geografía de la UEM,2006,208 pgs.

NIKOLAIEV, VA. A., I.A. AVESSALOMOVA, V.P. CHIZHOVA.- Paisajes antropógeno – naturales: urbanos, recreacionales de parques y jardines.( en ruso) , Manual docente, Facultad de Geografía de la EU, 2011, Moscú, 112 pgs.

NIKOLAIEV,V.A.,L.J.KAZAKOV, N.G.UKRAINTSEVA.- Paisajes antropógeno – naturales: sistemas geotécnicos industriales y de transporte. Fundamentos geocologicos de la



construcción paisajística. (en ruso)., Manual docente, Facultad de Geografía de la Universidad Estatal de Moscú, 2013, Moscú,88 pgs.

PREOBRAZHENSKII, V.S (Red. principal), ALEKSANDROVA,T.V., M.DANEVA, G.HAASE,IA.DROSH.(Colegio de redacción) - Protección de los paisajes. Diccionario interpretativo., (en ruso), Moscú, Editorial “Progress”, Moscú, 1982, 272 pgs.

REIMERS, N.F.- Utilización de la naturaleza. Diccionario informativo (en ruso)., Editorial MISL, Moscú, 1990,637 pgs.

ROMANOVA,E.P.,B.A.ALEKSEIEV, M.A.VASILIEVA.- Evaluación Geo ecológica de los Paisajes (en el ejemplo del territorio de Netherlands)., Vestnik MGU., Serie 5 Geografía, 2010, Nop.1, pp.3-10

RUDSKII,V.V, V.I.STURMAN.- Fundamentos de la utilización de la naturaleza (en ruso)., Moscú, Aspekt Press, 2007, 271 pgs.

SEPULVEDA, S., R. EDWARDS.- (Compiladores).- Desarrollo Sostenible. Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Rural. Lecturas seleccionadas: IICA/GTZ. Serie Publicaciones Misceláneas, San José, Costa Rica, 1996, 498 pgs.

SHISHENKO, P.G.- Geografia Física Aplicada (en ruso)., Golovnoe Izdatelstvo, “Visha Shkola”, Kiev, 1988, 191 pgs.

SOCHAVA, V.B.- Introducción a la Teoría de los Geosistemas; (en ruso), Editorial Nauka, Novosibirsk, Rusia, 1978, 319 pgs

SOLNTSEV, V.N.- Los paisajes contemporáneos como mecanismos sistémicos de la interacción entre la sociedad y la naturaleza.(en ruso)., . (8-16 p) En: GENNADIEV, A.N. y E.V.MILANOVA.- “Cambios del medio natural. Aspectos globales y Regionales”, Moscú, 1997, Editorial de la Universidad Estatal de Moscú,199 pgs

TIMASHEV, I. E.- Diccionario de Referencias en Geoecología ruso – inglés; (en ruso)., Editorial Gai – Muravei, 1999, 167 pgs.

UNEP (UNITED NATION’S ENVIRONMENTAL PROGRAM.)- Millennium eco system assessment ; Nairobi, Kenya, 2005, 35 pgs.



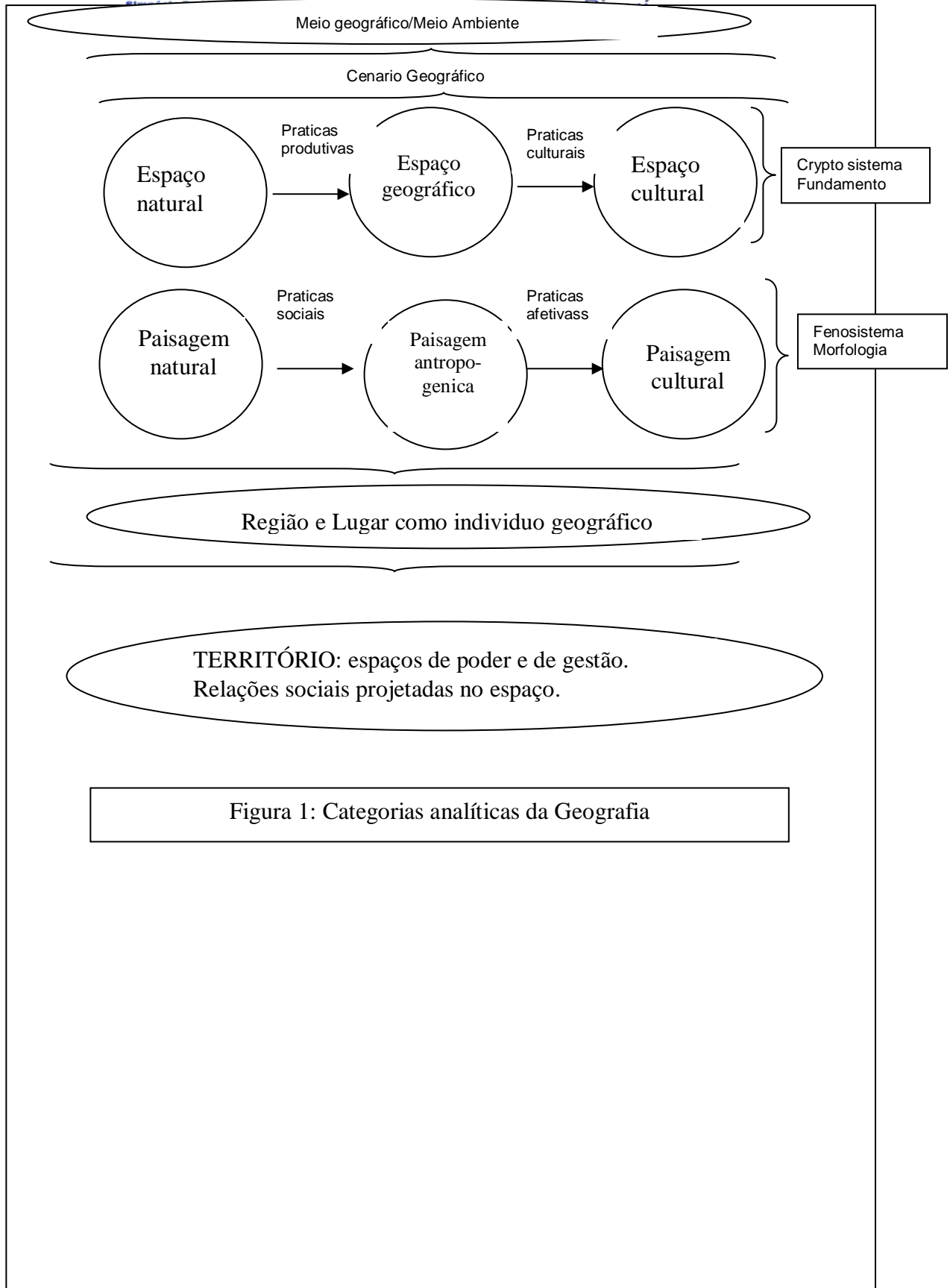


Figura 2.- O conceito de impacto Ambiental (Doncheva, 1977, Mateo, 2008)

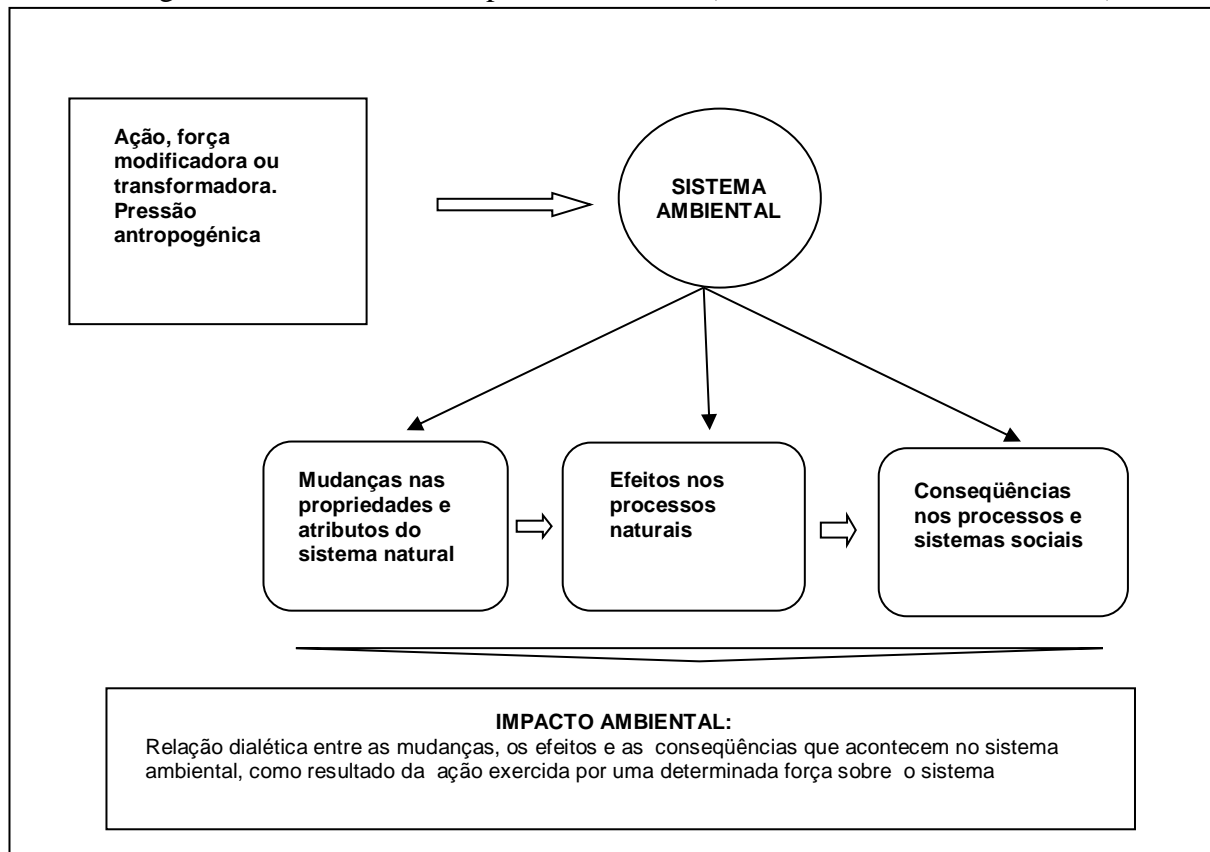
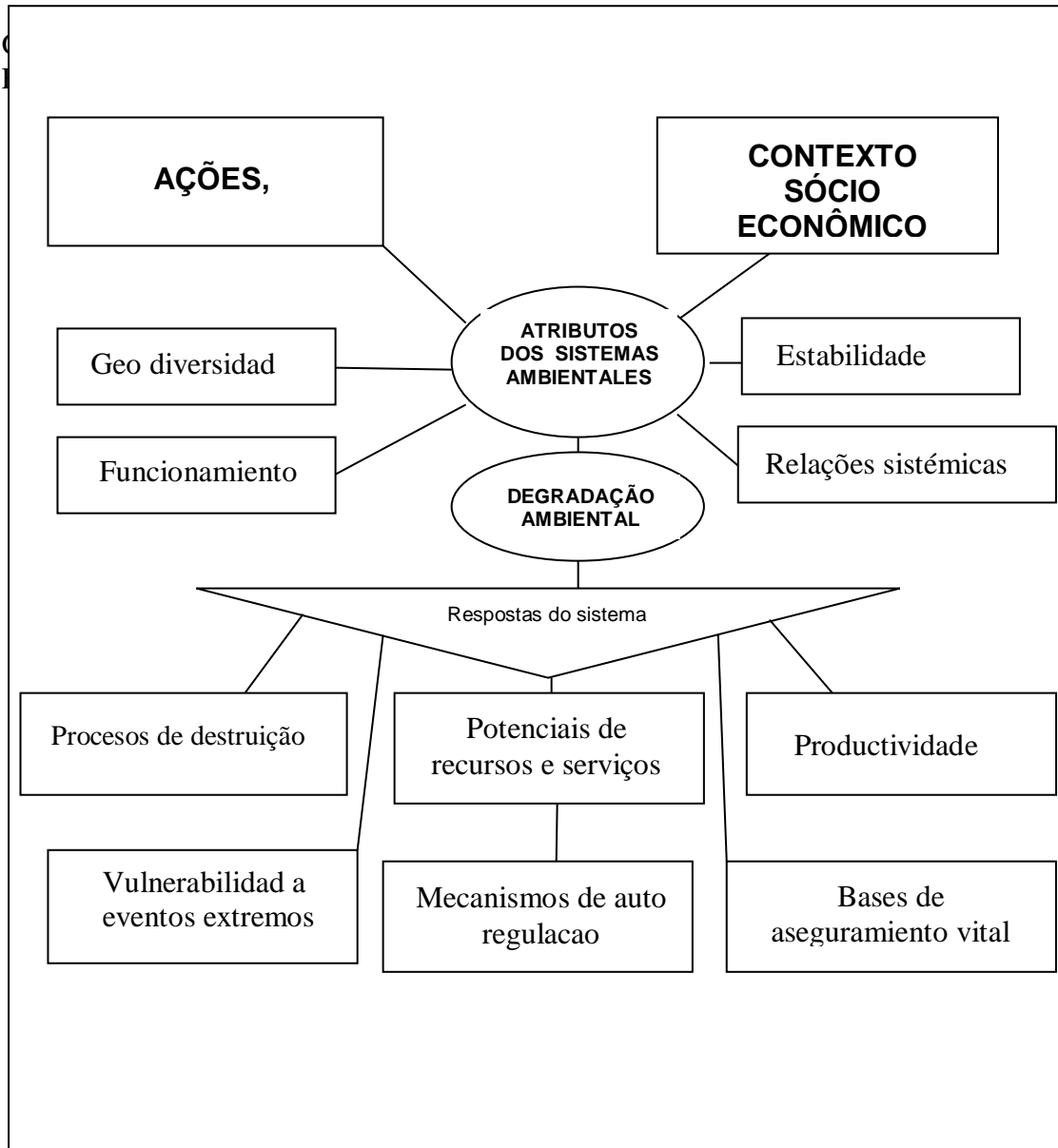


Figura 3.- A degradação ambiental desde uma visão geosistêmica (modificado de Mateo Rodriguez y Ortiz Pérez, 2001)



**PALEOSUPERFÍCIES E PERFIS DE ALTERAÇÃO ASSOCIADOS:  
POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES NA RECONSTITUIÇÃO DE  
PALEOPAISAGENS**

**FRANCISCO SERGIO BERNARDES LADEIRA**

fsbladeira@ige.unicamp.br

Departamento de Geografia

Instituto de Geociências

Universidade Estadual de Campinas

Rua João Pandiá Calógeras, 51 – 13.083-870 – Campinas, SP.

**Resumo:** A associação entre formas de relevo e antigos perfis de alteração é bastante comum na literatura. No Brasil há diversas referências, em especial à associação entre perfis de alteração e paleosuperfícies, especialmente as posicionadas em condições de cimeira na paisagem. Essa associação deve ser realizada com certa reserva, entretanto novos procedimentos metodológicos permitem o uso mais seguro deste tipo de informação.

**Palavras chave:** paleosuperfície, perfis de alteração, ferricrete

**Summary:** The association between landforms and ancient weathering profiles is common in the literature. In Brazil there are several references, especially the association between weathering profiles and paleosurfaces, especially those positioned in summit conditions. This association should be done carefully, however new methodological procedures permit the safer use of such information.

**Keywords:** paleosurface, weathering profiles, ferricrete

**Resumen:** La asociación entre formas de relieve y los perfiles de alteración antiguos es bastante común en la literatura. En Brasil hay varias referencias, especialmente la asociación entre los perfiles de alteración y paleosuperfícies, especialmente aquellos posicionado en las condiciones de la cumbre en el paisaje. Esta asociación debe hacerse con cuidado, sin embargo nuevos procedimientos metodológicos permiten un uso más seguro de esa información.

**Palabras clave:** paleosuperfície, perfiles de alteración, ferricrete

## **INTRODUÇÃO**

A importância das formas de relevo na formação dos solos e características destes que influenciam a elaboração das formas de relevo foi bastante trabalhada na literatura nacional e internacional. A relação solo/relevo é estudada como possuindo uma dependência processual,

permitindo uma melhor compreensão da dinâmica de elaboração da paisagem, apesar de serem muito comuns os conflitos entre os cientistas que analisam a gênese das formas de relevo a partir de uma ótica pedológica daqueles que observam esta relação de uma ótica geomorfológica.

Queiroz Neto (2010) afirmou que Tricart (1968) foi um dos raros geomorfólogos a tratar da relação solo-relevo, e que Tricart destaca que a Geomorfologia estaria subordinada à Geologia Estrutural da mesma forma de a Pedologia estaria subordinada à Geomorfologia. Para Queiroz Neto (op cit) boa parte dos geomorfólogos viam e veem os solos apenas como um papel coadjuvante, de pouca importância, na elaboração dos relevos.

Situação completamente oposta são indicadas por autores como Turkington et al. (2005), que chegam a afirmar que o intemperismo é sem sombra de dúvida o mais crucial e fundamental fenômeno na evolução da paisagem e desenvolvimento topográfico, sendo o conjunto destes processos (de ordem física, química e biológica) o precursor necessário para ocorrência dos processos de erosão, sedimentação e denudação.

A questão amplia sua complexidade quando a relação entre geomorfologia/pedologia não se refere a perfis de alteração e formas de relevo atuais. Recentemente muitos trabalhos têm procurado resgatar essa relação (muitas vezes em períodos geológicos distantes), procurando analisar e reconstituir antigas paisagens e processos superficiais associados.

Aqui parte-se do pressuposto que elaboração de formas de relevo e de perfis de solo estão intrinsicamente associadas, e que diferentes processos geram diferentes formas e perfis de solos, e que os estudos de geomorfogênese e de pedogênese devem ser realizados numa ótica em que estes “elementos da paisagem” evoluem de forma estritamente associada, especialmente em condições tropicais.

Alguns autores foram centrais no desenvolvimento de trabalhos realizando esta associação, especialmente após os conceitos, na escala de vertente, de catena (Milne, 1935) e de topossequência (Boulet et al., 1982), que permitiram definir que diversos processos pedogenéticos operam ao mesmo tempo em determinada paisagem, e mesmo em uma única vertente. Esta noção foi fundamental e permitiu associar diferentes processos de alteração, proporcionando uma melhor interpretação da dinâmica das paisagens. Entretanto estes autores trabalharam com formas de relevo e solos que estão em pleno desenvolvimento, permitindo uma associação direta entre estes.

A partir do momento que há uma interação significativa entre estes elementos da paisagem e os avanços significativos da interpretação destas associações (geofísica, datações

absolutas, análises químicas refinadas), é possível (com diversas limitações obviamente) usar os perfis de alteração na reconstituição de antigas formas de relevo, do qual, normalmente, restam pequenas porções da forma geomórfica e dos processos de intemperismo associados originais. O princípio do uniformitarismo, apesar de suas limitações, é essencial nesta análise.

Nestas escalas mais amplas, e tempos mais remotos, os conceitos de etchplanação de Büdel (Büdel 1982, Vitte, 2001, 2005) também foram fundamentais para a interpretação da elaboração das formas associadas com o desenvolvimento de perfis de alteração, especialmente em condições tropicais e equatoriais. Apesar dessa associação, nem sempre os estudos abordaram, de forma mais detalhada os processos de alteração associados às formas.

A relação entre evolução do relevo e perfis de alteração, pode recuar muito no tempo. Ao mesmo tempo que existem trabalhos associando perfis de paleossolos e solos enterrados do Quaternário (Boardman, 1985; Catt, 1986; Catt e Bonger 1998; Camargo Filho et al. 2011 entre outros) outros trabalhos abordam esta relação em tempo muito mais recuado, reconstruindo resquícios de paleosuperfícies até do Mesozóico (Taylor e Eggleton, 2001; Scott e Pain, 2009, entre outros).

Claro que estas reconstituições são parciais, assim como são restritas as condições adequadas para a preservação de antigos perfis de alteração, entretanto essas análises podem ser ferramenta importante para interpretações paleoambientais. Esta interpretação genético-ambiental dos perfis desenvolvidos sob condições ambientais pretéritas, distintas das condições atuais, implica certa complexidade de análise, apesar destes solos terem se desenvolvido sob processos que basicamente podem ter sido similares àqueles vigentes nas diversas paisagens pedológicas atuais (FIRMAN, 1979). Isto ocorre devido à dificuldade no reconhecimento de uma série processos posteriores que os afetaram, como alterações decorrentes da superposição de diferentes processos pedogenéticos sucessivos (perfis poligenéticos) e/ou da ação de processos diagenéticos posteriores (ANDREIS, 1981).

Para a realização destes estudos são necessárias informações sedimentológicas, estratigráficas, tectônicas e paleopedológicas. Estes estudos são, por definição, bastante complexos, mas importantes, pois como destacam Thiry et al. (1999) "os estudos de paleointemperismo contribuem para a reconstituição paleoambiental e paleogeográfica, correlações de depósitos regionais, taxas e épocas de soerguimento/erosão e inventários de jazidas minerais".

Aqui o objetivo não é esgotar o assunto, ao contrário, é estimular a discussão, em uma área que ainda carece de mais estudos, especialmente em um país que apresenta diversas



possibilidades na área, seja decorrente de suas dimensões continentais, seja de sua história paleoclimática.

## **PERFIS LATERÍTICOS X GEOMORFOGÊNESE**

Para Semmel (1989), a função básica dos perfis de alteração, para a geomorfologia, consiste em indicar as condições ambientais sob as quais as formas de relevo evoluíram. Entretanto, procedimentos modernos de datação tem permitido também indicar a idade de formação de algumas concentrações minerais (como por exemplo Monteiro et al. 2014), que se não permite uma datação absoluta de toda a evolução da paleosuperfície, permite ao menos um bom indicativo de quando esta estava evoluindo, antes de começar a ser desmantelada. Obviamente há uma complexidade elevada no uso destas ferramentas para interpretação da geomorfogênese, mas sem sombra de dúvidas é um avanço significativo nestas interpretações.

Ainda há diversas dificuldades de análise nesta área. Por exemplo, Thiry et al. (1999) afirmam que as paleopaisagens frequentemente são policíclicas e apresentam feições de várias idades que correspondem às combinações de sucessivas mudanças nas condições tectônicas e climáticas. Como demonstra Simon-Coinçon (1999), a descrição de exumação de antigas superfícies com perfis de alteração associados são bastante comuns na literatura e existem situações que uma mesma paisagem apresenta uma série de superfícies com diferentes processos de intemperismo associados.

Meyer (1987) detalha que as superfícies geomórficas pretéritas correspondem a superfícies ora deposicionais ora erosionais. Naquelas superfícies erosionais, correspondentes a paleopaisagens em situação de degradação, não há aportes sedimentares exteriores e portanto as paleosuperfícies podem evoluir por tempos mais extensos e assim formar solos mais espessos e desenvolvidos, não raro, em condições tropicais, gerar perfis lateríticos. Entretanto, nestas condições muito raramente os perfis de alteração podem ser preservados, devido à predominância de processos erosivos, que terminarão por eliminar estes perfis. Destaca-se que nestas condições, apesar de como Meyer (op. cit.) destaca, a possibilidade de preservação de um perfil de alteração se preservar é remota, mas há situações em que esta preservação é possível. Perfis lateríticos podem se preservar na paisagem, resistindo a erosão em grande parte por conta de espessos perfis de ferro, que são altamente resistentes aos processos erosivos, e muitas vezes são preservados em posições elevadas do relevo, gerando muitas vezes importantes inversões topográficas (Tardy, 1993). Para (Braucher et al. 1998a,

b, 2000, 2004) as taxas de erosão nestes materiais variam de 0,5 a 9 metros por milhão de anos, indicando sua baixa condição de degradação.

Desta forma os perfis lateríticos são importantes indicadores de antigas superfícies, pois só podem evoluir em paisagens de relativa estabilidade em termos tectônicos e climáticos e durante longo tempo cronológico, tornando-se por isso um bom marcador de uma superfície geomórfica, conforme indica Firman (1994). Esta situação não ocorre com solos mais rasos, pois estariam indicando um tempo de formação menor e conseqüentemente uma posição em superfícies menos estáveis cronologicamente.

Assim, para se realizar uma boa observação dos perfis de alteração é fundamental que estes estejam preservados, e quanto mais completos, ou seja, sem truncamentos, mais completa será a interpretação paleoambiental obtida a partir deles, lembrando que sua preservação depende de variáveis climáticas e tectônicas posteriores à sua gênese. Desta forma, quanto mais estável a superfície geomórfica em termos cronológicos, maior será a ação do intemperismo nestas porções estáveis do continente podendo resultar em “assinaturas geoquímicas” significativas com a formação de perfis lateríticos, como bauxitas (alucrites), ferricretes, mas também silcrites, calcrites, gipsicretes, permitindo realizar correlações abrangendo grandes áreas, tanto para a estratigrafia como para a interpretação de paleosuperfícies (Thiry, 1999). Deve-se destacar também que as antigas superfícies continentais estáveis, nas quais ocorrem pequena ou nenhuma deposição ou erosão, podem ser marcadas por paleossolos descontínuos, mas localmente espessos (Thiry et al., 1999), correspondentes aos paleossolos residuais na concepção de Andreis (1981).

Como destacam Thiry et al. (1999), os perfis de paleoalteração compõem o registro geológico, entretanto numerosos componentes são sistematicamente perdidos, levando à constatação de que toda reconstituição paleoambiental é distorcida e incompleta. Os autores destacam ainda que comumente as porções superiores do perfil também são eliminadas, preservando-se apenas as porções inferiores dos antigos perfis de alteração. Desta maneira, os espessos perfis de alteração evoluídos sob climas quentes e úmidos possuem maior probabilidade de preservação que aqueles evoluídos em climas mais frios e/ou secos de pequena espessura.

Além disso, as diferenças de perfis em determinada paisagem dificultam a reconstituição da paleopaisagem. Numa escala regional, pode-se observar concomitantemente perfis com muitos metros de espessura em uma área plana e, em uma vertente perfis muito rasos. No caso destes perfis posicionados sobre a mesma superfície, ao mesmo tempo, serem

incorporados a uma sequência sedimentar ou permanecerem como reliquiais, e não apresentarem continuidade lateral, suas análises poderão resultar em uma interpretação incorreta dos ambientes que geraram estes perfis, correndo-se o risco de interpretá-los como dois momentos evolutivos distintos, daí o cuidado a ser tomado em correlações laterais destes perfis.

Decorrente destas dificuldades, trabalhos como os de Twidale e Bourne (1988), Brown et al. (2000) e Corrêa e Mendes (2002) alertam para os problemas do uso destes perfis de alteração para correlações de superfícies geomórficas. As correlações precisam ser cautelosas, especialmente quando se distanciam os pontos de observação e quando entre os pontos de observação encontram-se em unidades geomorfológicas distintas.

De qualquer forma, tomando-se os devidos cuidados, a reconstituição de antigas superfícies pode ser realizada. Isso ocorre porque os perfis lateríticos se desenvolvem em superfícies muito estáveis do passado. Estes são perfis de alteração que apresentam elevado grau de intemperismo, concentrando especialmente ferro e alumínio, desenvolvidos em áreas quentes e úmidas do planeta, muito comuns no território brasileiro. Um perfil laterítico típico é mostrado na figura 1.

Estes perfis se desenvolvem em superfícies estáveis por um tempo muito longo. Nahon e Lappartient (1977) calcularam que um ferricrete de 0,5 a 1,0 metro de espessura requer 0,3 a 0,75 Ma. para sua individualização. Estes autores indicam que para a evolução de um perfil laterítico, sobre rochas vulcânicas, com a evolução de um manto de alteração caulínico, individualização de um horizonte de acumulação de ferro e a evolução físico-química da crosta ferruginosa, são necessários 6 Ma.. Na amazônia brasileira, Oliveira e Schwab (1980) estimam um tempo mínimo de 2,8 Ma. para evolução de um perfil laterítico bem estruturado.

Desta forma o desenvolvimento de espessos perfis de alteração não são eventos comuns na superfície terrestre, o que viabiliza sua utilização como um bom marcador de uma antiga paisagem, seja em seu aspecto estratigráfico seja no que se refere à útil ferramenta para a interpretação paleoambiental (especialmente no que se refere às características de clima e de formas de relevo) de antigas paisagens.



Figura 1: Perfil laterítico ideal. Neste caso com a concentração de alumínio.

Fonte: Bourman e Ollier, 2002 modificado por Augustin, 2013.

Perfis de alteração muitas vezes podem ser utilizados para a realização de uma geocronologia relativa. Diferentes perfis podem estar associados a diferentes superfícies, e estes podem auxiliar no estabelecimento de uma cronologia entre quais as superfícies são as mais antigas e as mais novas. Atualmente alguns tipos de datações permitem estabelecer uma cronologia absoluta dos materiais de alteração.

A geocronologia relativa se utiliza de conceitos da estratigrafia para ser estabelecido. A pedostratigrafia consiste no uso de solos ou perfis de alteração para estimar a idade relativa das formações superficiais e as geoformas nas quais se desenvolvem (Zinck, 2013). Para este autor a pedostratigrafia seria o uso do solo/perfil de alteração como um traçador estratigráfico, contribuindo para o estabelecimento de uma cronologia relativa de eventos geológicos, geomorfológicos e pedológicos em determinada área.

Apesar de não utilizarem estes termos (pedostratigrafia, geossolo ou pedofácies), há muito tempo autores no Brasil relacionam materiais de alteração com as diferentes superfícies regionais, já fazendo inferências sobre sua representatividade espacial a partir da continuidade destes materiais de alteração, ora destacando-se suas possibilidades, ora suas limitações.

A existência e a importância de extensas superfícies erosivas na elaboração do modelado durante o Cenozóico foram ressaltados já há décadas por Ab'Saber (1954), King (1956) e inúmeros pesquisadores que se seguiram, inferindo suas idades relativas e seus respectivos significados ambientais, caracterizando-as como produtos de eventos de longa duração, utilizando-as para balizamentos em correlações regionais. A associação entre

superfícies geomórficas e perfis de alteração foi proposta e utilizada por alguns autores (Firman, 1994; Andreis, 1981).

No Brasil a ocorrência de materiais lateríticos associados à superfícies não é novo, sendo de ampla ocorrência geográfica, chegando a recobrir mais de 11% do território nacional (Ladeira e Leonardi, 2013). Os materiais lateríticos tanto podem estar *in situ*, associados ao desenvolvimento de um perfil laterítico, quanto transportados, associados à superfícies de deposição, formando níveis de fragmentos de materiais cimentados, como de ferricrete por exemplo.

Os perfis lateríticos, com elevadas concentrações em ferro podem ser extremamente endurecidos, e nestes casos são capazes de retardar os processos de denudação sobre eles, permitindo a preservação parcial de formas e processos que remontam o Paleógeno.

Observando-se estas duas situações, pode-se afirmar que quando existem espessos perfis de alteração, especialmente com concentrações lateríticas, esses podem ser utilizados para compreender a evolução de superfícies antigas, e permite realizar algumas correlações entre estas paleosuperfícies, obviamente com limitações para sua realização (Ladeira e Santos, 2005).

## CONCLUSÃO

Como já destacado por diferentes autores (Retallack, 1990; Thiry et al., 1999 entre outros) os perfis de alteração podem ser um importante instrumento para a reconstituição paleoambiental com destaque para a reconstituição de superfícies.

O desenvolvimento destes perfis implicam, necessariamente, em um momento de estabilidade em uma superfície, que permitiu o desenvolvimento de materiais de alteração muito espessos, sendo importante momento de estabilidade de uma paleopaisagem.

Para os espessos perfis de alteração a estabilidade ambiental exigida para seu desenvolvimento é muito grande. Como são perfis que podem atingir espessuras da ordem de centenas e metros, e muitas vezes estão associados a horizontes endurecidos (de ferro, alumínio e outros), eles podem ser preservados na paisagem mesmo sem serem incorporados a sequências sedimentares. Por isso aparecem sustentando grandes divisores de bacias hidrográficas, seja em áreas de embasamento seja em áreas de bacias sedimentares.

### Agradecimentos

O autor agradece o apoio financeiro da FAPESP (Processo 2011/23325-7) e do CNPq (Bolsa Produtividade em Pesquisa).

### BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, A. N. (1954) As altas superfícies de aplainamento do Brasil Sudeste. *Rev. Fac. Campineiras*, 1 (4): 60-67.

ANDREIS, R. R. (1981) *Identificación e Importancia Geológica de los Paleosuelos*. Editora da UFRGS, Porto Alegre. 67p.

AUGUSTIN, C. H. R. R.; LOPES, M. R. S.; SILVA, S. M. (2013) Lateritas: um conceito ainda em construção. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 14(3): 241-257.

BOARDMAN, J. (1985) *Soils and Quaternary Landscape Evolution*. John Wiley & Sons. 391p.

BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. (1982) - Analyse structurale et cartographie en pédologie. I. Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. *Cah. ORSTOM, série Pédologie*, **19** (4): 309-322.

BOURMAN, R.P.; OLLIER, C.D. A critique of the Shellmann definition and classification of laterite. *Catena* Vol. 47, Issue 2, p.117-131, 2002.

BRAUCHER, R.; COLIN, F.; BROWN, E.T.; BOURLÈS, D.L.; BAMBA, O.; RAISBECK, G.M.; YIOU, F. & KOUD, J.M. (1998a) African laterite dynamics using in situ-produced <sup>10</sup>Be. *Geochem. Cosmochim. Acta*, 62:1501-1507.

BRAUCHER, R.; BOURLES D.L.; COLIN, F.; BROWN, E.T. & BOULANGÉ, B. (1998b) Brazilian laterite dynamics using in situ-produced <sup>10</sup>Be. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 163:197-205.

BRAUCHER, R.; BOURLÈS, D.L.; BROWN, E.T.; COLIN, F.; MULLER, J.P.; BRAUN, J.J.; DELAUNE, M.; EDOU- MINKO, A.; LESCOUET, C.; RAISBECK, G.M. & YIOU, F.



(2000) Application of in situ-produced cosmogenic  $^{10}\text{Be}$  and  $^{26}\text{Al}$  to the study of lateritic soil development in tropical forest: Theory and examples from Cameroon and Gabon. *Chem. Geol.*, 170:95-111.

BRAUCHER, R.; LIMA, C.V.; BOURLÈS, D.L.; GASPAR, J.C. & ASSAD, M.L.L. (2004) Stone-line formation processes documented by in situ-produced  $^{10}\text{Be}$  distribution, Jardim River basin, DF, Brazil. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 222:645- 651.

BROWN, R.W.; GALLAGHER, K.; GLEADOWN, A. J. W.; SUMMERFIELD, M.A. (2000) Morphotectonic evolution of the South Atlantic margins of Africa and South America. In SUMMERFIELD, M.A. *Geomorphology and Global tectonics*. 225-281, Wiley.

BUDEL, J. (1982) *Climatic geomorphology*. Princeton, Princeton Univ. Press. 443p.

CAMARGO FILHO, M.; BERTOTTI, L.G.; KATAOKA, A.M.; SILVA, D.W. (2011) - Paleossolos de 40 ka presentes em encosta do centro-sul do Paraná, Brasil – estudo de caso. *Revista Geográfica de América Central Número Especial EGAL*, pp. 1-19.

CATT, J. A. (1986) *Soils and Quaternary Geology: a handbook for field scientists*. Monographs on Soil and Resources Survey. Oxford Science Publications. 267p.

CATT, J. A. & BRONGER, A. (1998) Reconstitution and Climatic Implications of Paleosols. *Catena Special Issue*, 34(1-2), 207p.

CORRÊA, A. C. B.; MENDES, I. A. (2002) O problema das superfícies de erosão: novas abordagens conceituais e metodológicas. *Revista de Geografia* 18(2): 70-86.

FIRMAN, J.B. (1979) Paleopedology applied to land use studies in Southern Australia. *Geoderma*, 22(2): 105-117.

FIRMAN, J. B. (1994) Paleosoils in laterite and silcrete profiles evidence from the South East Margin of the Australian Precambrian Shield. *Earth Science Reviews*, 36: 149-179.

KING, L.C. (1956) A geomorfologia do Brasil Oriental - *Revista Brasileira de Geografia*. 18(2): 3-265.

LADEIRA, F. S. B.; SANTOS, M. (2005) O uso de paleossolos e perfis de alteração para a

identificação e análise de superfícies geomórficas regionais: o caso da Serra de Itaqueri (SP).  
*Revista Brasileira de Geomorfologia*. 6(2): 3-20.

LADEIRA, F. S. B.; LEONARDI, F. (2013) The lateritic materials occurrence in Brazil - geographic distribution and association to the paleosurfaces. In: 8th International Conference on Geomorphology, 2013, Paris. 8th International Conference on Geomorphology - *Abstract volume*, v. 1. p. 177-177.

MILNE, G. (1935) Some suggested units of classification and mapping for East African soils.  
*Soil Res.* 4:183–198.

MEYER, R. (1987) *Paléolittés et Paléosols: l’empreinte du continent dans les séries sédimentaires*. BRGM, Orleans, 163p.

MONTEIRO, H. S.; VASCONCELOS, P. M.; FARLEY, K. A.; SPIER, C. A.; MELLO, C. L. (2014) (U–Th)/He geochronology of goethite and the origin and evolution of cangas .  
*Geochimica et Cosmochimica Acta*, 131 (15): 267–289.

NAHON, D. e LAPPARTIENT, J-R. (1977) Time factor and geochemistry in iron crusts genesis. *Catena*. 4 (3): 249-254.

OLIVEIRA, N.P. & SCHWAB, R. G. (1980) Itacupim: Um exemplo da influência do fósforo sobre o desenvolvimento de perfis lateríticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, 1980, Balneário de Camboriú. *Anais...*, Balneário de Camboriú, SBG. v. 1, p. 185- 196

QUEIROZ NETO, J. P. (2010) - O Papel da Pedogênese no modelado do Relevo: busca de novos paradigmas. In. VI Seminário Latino Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. *Anais...* Universidade de Coimbra, Maio de 2010, pp. 1-19.

SCOTT, K.; PAIN, C. (2009) *Regolith Science*. Springer, 462p.

SEMMELE, A. (1989) Paleopedology and geomorphology: examples from the Western part of Central Europe. BRONGER, A.; CATT, J.A. (ed) *Paleopedology: Nature and application of paleosols*. Catena Supplement, 16. p.143-162.

SIMON-COINÇON, R. (1999) Palaeolandscape reconstruction of the south-western Massif Central (France). THIRY, M.; SIMON-COINÇON, R. (ed) *Palaeoweathering, Palaeosurfaces and Related Continental Deposits*. IAS/Blackwell Science. 225-244.

TARDY, Y. (1993) – *Petrologie des Latérites et des Sols Tropicaux*. Dunod, Paris. 459 pág.

TAYLOR, G.; EGGLETON, R. A. (2001) *Regolith Geology and Geomorphology*. John Wiley & Sons. 375p.

THIRY, M.; J.-M. SCHIMITT; SIMON-COINÇON, R. (1999) Problems, progress and future research concerning palaeoweathering and palaeosurfaces. THIRY, M.; SIMON-COINÇON, R. (ed) *Palaeoweathering, Palaeosurfaces and Related Continental Deposits*. IAS/Blackwell Science. 3-20.

TRICART, J. (1968) As relações entre a morfogênese e a pedogênese. Campinas, *Not. Geomorf.* 8:5-18

TURKINGTON, A.V.; PHILLIPS, J.D.; CAMPBELL, S.W. (2005) – Weathering and landscape evolution. *Geomorphology* 67: 1-6.

TWIDALE, C.R.; BOURNE, J.A. (1988) The use of duricrusts and topographic relationships in geomorphological correlation: conclusions based in Australian experience. *Catena*, 33: 105-122.

VITTE, A. C. (2001) Considerações sobre a teoria da etchplanação e sua aplicação nos estudos das formas de relevo nas regiões tropicais quentes e úmidas. *Terra Livre*, 16: 11-24.

VITTE, A. C. (2005) Etchplanação dinâmica e episódica nos trópicos quentes e úmidos. *Revista do Departamento de Geografia*, 16: 105-118.

ZINCK, J. A. (2013) *Geopedology*. ITC. Enschede, The Netherlands, 127p.

## **PLANEJAMENTO PARTICIPATIVO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: ações em desenvolvimento na UGRH Paranapanema - Brasil**

**ANTONIO CEZAR LEAL**

Professor do Departamento de Geografia da FCT/UNESP,  
campus de Presidente Prudente, e Pesquisador PQ/CNPq - cezar@fct.unesp.br

**Resumo:** Na perspectiva de contribuir para o debate sobre planejamento participativo de bacias hidrográficas aplicado ao gerenciamento descentralizado dos recursos hídricos, apresenta-se a experiência em desenvolvimento na Unidade de Gestão de Recursos Hídricos Paranapanema para elaboração de seu Plano Integrado de Recursos Hídricos. Nas Oficinas da etapa de Diagnóstico, a metodologia incluiu a realização da análise SWOT e o mapeamento ambiental, com a participação de representantes de órgãos gestores, de Comitês de Bacias Estaduais, de usuários de recursos hídricos e de entidades civis. A experiência demonstra a importância da participação social no planejamento participativo de bacias hidrográficas para a identificação de problemas, alternativas para solução e para a gestão integrada das águas.

**Palavras-chave:** planejamento participativo, bacia hidrográfica, análise SWOT, mapeamento ambiental, UGRH Paranapanema, gestão das águas.

## **PLANIFICACIÓN PARTICIPATIVA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS: acciones desarrolladas en la UGRH Paranapanema, Brasil**

**Resumen:** Con el propósito de contribuir al debate sobre la planificación participativa de cuencas hidrográficas aplicada a procesos de gestión descentralizada de los recursos hídricos, se presenta aquí la experiencia que ha tenido la Unidad de Gestión de Recursos Hídricos Paranapanema durante la elaboración del Plan Integral de Recursos Hídricos. La metodología utilizada para la etapa de diagnóstico consistió en la realización de talleres participativos y en análisis mediante la utilización de matrices SWOT, así como en la elaboración de cartografía ambiental, proceso que contó con la participación de los representantes de los órganos gestores, de Comitês de Cuenca Hidrográfica Estatales, de los usuarios de recursos hídricos y de entidades civiles. La experiencia demostró la importancia de la participación social en los procesos de planificación de cuencas hidrográficas, especialmente para la identificación de problemáticas, proposiciones de alternativas de solución y para la gestión integral de las aguas.

**Palabras claves:** Planificación Participativa, Cuenca Hidrográfica, Análisis SWOT, Cartografía Ambiental, UGRH, Paranapanema, Gestión de Aguas.

## **WATERSHED PARTICIPATING PLANNING: developed actions in the UGRH Paranapanema, Brasil.**

**Abstract:** In order to contribute to the discussion about the participating in watershed planning, applied to processes of management decentralized of water resources, this work presents the experience has had the Unit Water Resources Management Paranapanema during the formulation of the Integrated Water Resources Plan. The methodology used for the diagnostic stage consisted in conducting participatory workshops and analysis by matrices SWOT, as well as environmental mapping processing, a process which was attended by representatives of government institutions, managers of Watershed Committees, users of water resources and private entities. This experience showed the importance of social

participation in the processes of watershed planning, especially to identify issues, alternative solutions and for integrated water management.

**Key-Words:** Participatory Planning, Watershed, Analysis SWOT, Environmental Mapping, Water Management.

## INTRODUÇÃO

A água é imprescindível a qualquer processo de desenvolvimento socioeconômico, pois sua sustentabilidade está relacionada à disponibilidade desse recurso em quantidade e qualidade condizentes com as demandas de diferentes usos (urbano, doméstico, industrial e irrigação, dentre outros) e manutenção de ciclos naturais. Essa disponibilidade está condicionada a diversos fatores naturais e sociais, tornando a água, ao contrário do imaginário coletivo que a considera como abundante e inesgotável, um recurso estratégico e um bem econômico de alto valor, que pode se tornar escasso pela variabilidade natural de sua distribuição no tempo e no espaço, pela degradação provocada pelas atividades antrópicas ou pela gestão ineficiente.

Esses fatores possuem uma expressão que pode ser abordada a partir de bacias hidrográficas, adotadas como unidades básicas para a gestão das águas em várias experiências no país e no exterior, objetivando ao controle e preservação das águas, que devem ter um justo valor e serem eficientemente geridas para evitar ou dirimir os conflitos decorrentes de seus múltiplos usos e garantir sua conservação e preservação para as atuais e futuras gerações.

Tendo em vista a crise hídrica que atinge parte do país e do estado de São Paulo, notadamente com a escassez de água no Sistema Cantareira que abastece milhões de pessoas na Região Metropolitana de São Paulo, e considerando-se a importância da água para todas as formas de vida e para as atividades humanas, é fundamental o desenvolvimento de ações para a recuperação e a proteção dos corpos hídricos, notadamente dos mananciais de abastecimento público, de forma a garantir a disponibilidade de águas para as atuais e futuras gerações, com saúde e qualidade de vida.

Nesse contexto, a realização do XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada ocorre em um momento muito importante para o país e potencializa o debate sobre a gestão das águas em bacias hidrográficas, de forma descentralizada e com participação social.

Na perspectiva de contribuir para o debate do tema da mesa redonda “Bacias Hidrográficas: conceitos, métodos e técnicas para fins de planejamento e gestão”, apresenta-se uma experiência de planejamento participativo em andamento na Unidade de Gestão de Recursos Hídricos Paranapanema, na perspectiva de fomentar a interlocução com professores,

alunos e gestores, bem como demais interessados na temática, tendo em vista os grandes desafios que se apresentam para a superação da situação atual e a efetiva proteção das águas.

## **PLANEJAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Na Resolução Nº 145/2012 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), os Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas são definidos como “instrumentos de gestão de recursos hídricos de longo prazo, previstos na Lei nº 9.433, de 1997, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos, que visam a fundamentar e orientar a implementação das Políticas Nacional, Estaduais e Distrital de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos no âmbito das respectivas bacias hidrográficas” (BRASIL, CNRH, 2012).

Segundo a Agência Nacional de Águas, os Planos de Recursos Hídricos “deverão ser elaborados em três níveis: I. Plano Nacional de Recursos Hídricos: abrange todo o território nacional e deve ter cunho eminentemente estratégico. Deve conter metas, diretrizes e programas gerais; II. Plano Estadual (Distrital) de Recursos Hídricos: plano estratégico de abrangência estadual, ou do Distrito Federal, com ênfase nos sistemas estaduais de gerenciamento de recursos hídricos; e III. Plano de Bacia Hidrográfica: também denominado de plano diretor de recursos hídricos, é o documento programático para a bacia, contendo as diretrizes de usos dos recursos hídricos e as medidas correlatas. Em outras palavras é a agenda de recursos hídricos da bacia.” (ANA, 2011)

A bacia hidrográfica constitui a unidade físico-territorial para planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, como estabelecido na Lei Federal 9.433/1997, sendo a área de atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas Estaduais (em águas de domínio dos Estados e do Distrito Federal) ou dos Comitês de Bacias Hidrográficas Interestaduais (com rios de domínio da União). A bacia hidrográfica também constitui a unidade espacial para integração de políticas públicas e referência para o planejamento do setor de saneamento básico no país, como estabelecido na Lei 11.445/2007.

A bacia hidrográfica é definida como a “área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionando como um sistema aberto” (CHRISTOFOLETTI, 1980). Para Rodriguez, Silva e Leal (2011) a bacia hidrográfica “pode ser caracterizada de acordo com as seguintes definições: é a superfície terrestre drenada por um sistema fluvial contínuo e bem definido; as águas vertem a outro sistema fluvial ou a outros corpos hídricos; seus limites



estão geralmente determinados pelos divisores d'água principais, segundo o relevo; é um conjunto de terras drenadas por um curso d'água principal; é um espaço físico-funcional”.

No âmbito nacional, para a divisão hidrográfica do país, o CNRH aprovou a Resolução Nº. 30/2002 com a metodologia proposta por Otto Pfafstetter, que “desenvolveu um método de subdivisão e codificação de bacias hidrográficas, utilizando dez algarismos, diretamente relacionado com a área de drenagem dos cursos d'água”. Na Resolução CNRH Nº. 32/2003 aprovou-se a divisão do país em 12 regiões hidrográficas, consideradas como o “espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos”. No Plano Nacional de Recursos Hídricos foi adotada essa divisão hidrográfica como a base físico-territorial para a elaboração e a implementação do Plano, considerando-se sua desagregação em 56 unidades de planejamento e a “regionalização em Situações Especiais de Planejamento (SEP), espaços territoriais cujos limites não necessariamente coincidem com os de uma bacia hidrográfica”. (BRASIL/MMA/SRH, 2006).

Para o planejamento e gerenciamento de recursos hídricos é fundamental a definição da divisão hidrográfica do território em unidades hidrográficas para atuação dos Comitês de Bacias e implantação dos instrumentos de gestão, notadamente do plano de recursos hídricos. De acordo com Costa (1999), a elaboração de um plano de recursos hídricos constitui um instrumento fundamental para a gestão ao prever e/ou subsidiar a implantação da política hídrica e os mecanismos para articulação dos agentes sociais e políticos, em diversas escalas espaciais, em um processo de negociação social em torno da solução de problemas relacionados às águas, assumindo o caráter de compromisso de ação concreta dos acordos celebrados nos colegiados de decisão. Esses acordos devem incorporar o reconhecimento da água enquanto insumo estruturante para o desenvolvimento sustentável e fator relevante para o (re)ordenamento do território.

O planejamento de recursos hídricos, portanto, constitui um instrumento fundamental para o gerenciamento da água e da bacia hidrográfica, uma vez que pode induzir ou restringir o uso e ocupação da terra e a implantação de planos de desenvolvimento econômico em sua área de abrangência, pelo disciplinamento e controle do acesso e uso da água.

Os planos de recursos hídricos devem estar integrados aos demais instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos, notadamente: Outorga de direito de uso da água,

Cobrança pelo uso da água, Enquadramento de corpos hídricos e Sistema de informações, como expresso na Figura 1.



Figura 1. Integração do Plano de recursos Hídricos com demais instrumentos de Gestão.  
Fonte: ANA (2011)

De acordo com a Agência Nacional de Águas (2011), o “planejamento na gestão das águas é um processo que procura definir as melhores alternativas de utilização dos recursos hídricos e orientar a tomada de decisão, de modo a produzir os melhores resultados econômicos, sociais e ambientais, sendo essencialmente interativo, em decorrência da variabilidade natural do ciclo hidrológico e das incertezas quanto aos cenários de desenvolvimento socioeconômico”. Para tanto, destaca-se que “esse planejamento consiste na busca de soluções de compromisso, principalmente com objetivo de minimizar conflitos pelo uso da água, sejam existentes ou potenciais, tendo em vista os múltiplos interesses dos usuários da água, do poder público e da sociedade civil organizada, bem como as múltiplas metas a serem alcançadas, sejam elas de cunho econômico, financeiro, social ou ambiental, ou ainda, propiciar a prevenção e a mitigação de eventos hidrológicos críticos, como as secas ou inundações” (ANA, 2011).

Para a construção desses planos devem ser previamente elaborados os Termos de Referência específicos “a partir da articulação entre a entidade gestora de recursos hídricos e o Comitê de Bacia, quando ele existir, considerando as especificidades da bacia hidrográfica”

(BRASIL, CNRH, 2012), prevendo-se as etapas de Diagnóstico, Prognóstico e Plano de ação, contemplando os recursos hídricos superficiais e subterrâneos e estabelecendo metas de curto, médio e longo prazos e ações para seu alcance, com o seguinte conteúdo, no mínimo, conforme previsto na Resolução CNRH 145/2012:

a) **Diagnóstico** da situação atual dos recursos hídricos incluindo os seguintes aspectos:

I – caracterização da bacia hidrográfica considerando aspectos físicos, bióticos, socioeconômicos, políticos e culturais.

II – caracterização da infraestrutura hídrica;

III – avaliação do saneamento ambiental;

IV - avaliação quantitativa e qualitativa das águas superficiais e subterrâneas;

V - avaliação do quadro atual dos usos da água e das demandas hídricas associadas;

VI – balanço entre as disponibilidades e demandas hídricas avaliadas;

VII – caracterização e avaliação da rede de monitoramento quali-quantitativa dos recursos hídricos;

VIII - identificação de áreas sujeitas à restrição de uso com vistas à proteção dos recursos hídricos;

IX – avaliação do quadro institucional e legal da gestão de recursos hídricos, estágio de implementação da política de recursos hídricos, especialmente dos instrumentos de gestão;

X - identificação de políticas, planos, programas e projetos setoriais que interfiram nos recursos hídricos;

XI – caracterização de atores relevantes para a gestão dos recursos hídricos e dos conflitos identificados.

b) **Prognóstico** com proposição de cenários futuros, compatíveis com o horizonte de planejamento, devendo abranger os seguintes aspectos:

I – a análise dos padrões de crescimento demográfico e econômico e das políticas, planos, programas e projetos setoriais relacionados aos recursos hídricos;

II – proposição de cenário tendencial, com a premissa da permanência das condições demográficas, econômicas e políticas prevaletentes, e de cenários alternativos;

III – avaliação das demandas e disponibilidades hídricas dos cenários formulados;

IV – balanço entre disponibilidades e demandas hídricas com identificação de conflitos potenciais nos cenários;

V – avaliação das condições da qualidade da água nos cenários formulados com identificação de conflitos potenciais;

VI - as necessidades e alternativas de prevenção, ou mitigação das situações críticas identificadas;

VII – definição do cenário de referência para o qual o Plano de Recursos Hídricos orientará suas ações.

c) **Plano de Ações** visando a mitigar, minimizar e se antecipar aos problemas relacionados aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, de forma a promover os usos múltiplos e a gestão integrada, devendo compreender:

I - definição das metas do plano;

II - ações ou intervenções requeridas, organizadas em componentes, programas e subprogramas, com justificativa, objetivos, executor, investimentos, fontes possíveis de recursos, prazo de implantação;

III - prioridades e cronograma de investimentos;

IV - diretrizes para os instrumentos de gestão;

V - arranjo institucional ou recomendações de ordem institucional para aperfeiçoamento da gestão dos recursos hídricos e para implementação das ações requeridas;

VI - recomendações de ordem operacional para a implementação do plano;

VII - indicadores que permitam avaliar o nível de implementação das ações propostas;

VIII – recomendações para os setores usuários, governamental e sociedade civil.

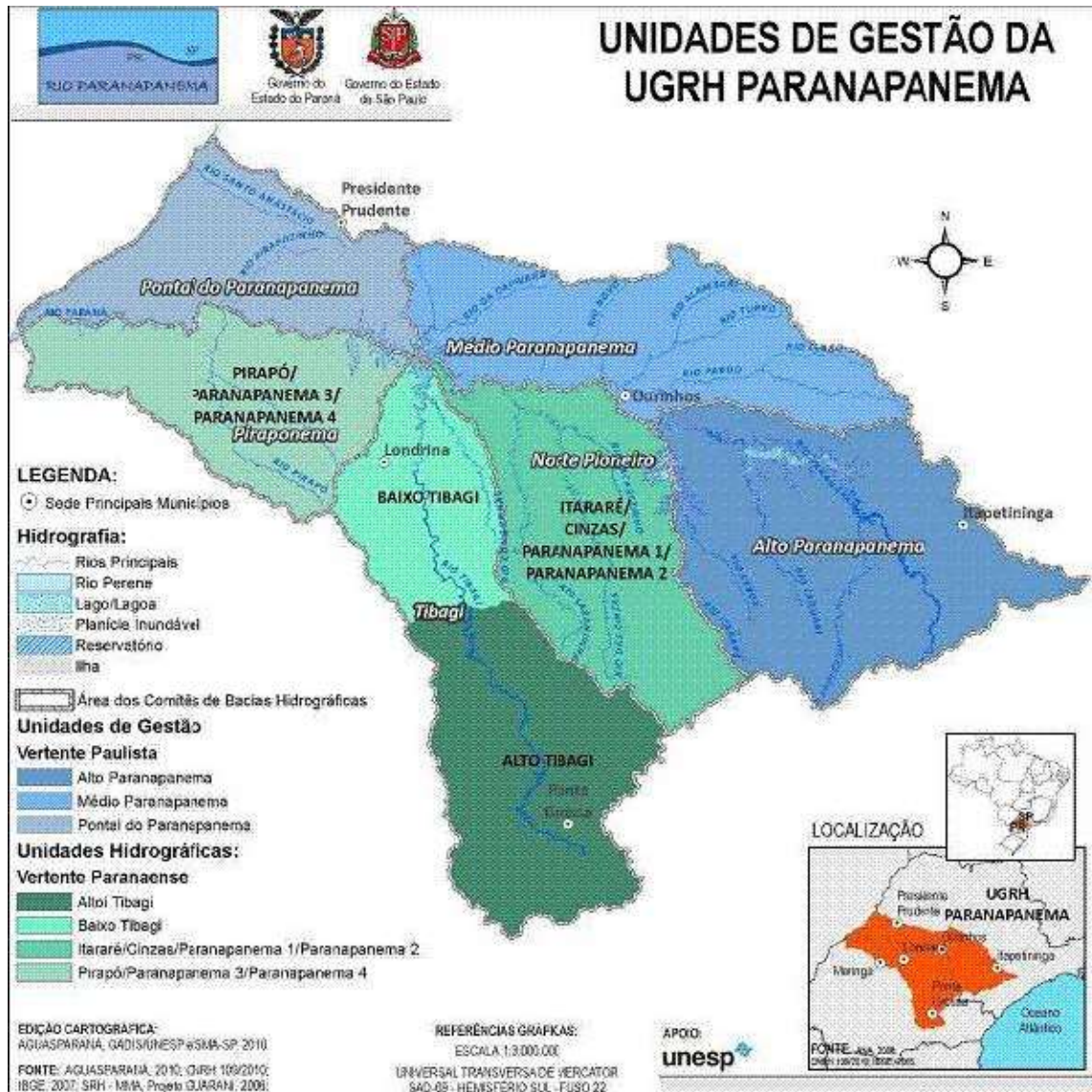
A Resolução CNRH 145/2012 também estabelece que “os estudos elaborados referentes ao Plano de Recursos Hídricos serão divulgados, em linguagem clara, apropriada e acessível a todos, pela entidade responsável pela sua elaboração”, e que a “participação da sociedade em cada etapa de elaboração dar-se-á por meio de consultas públicas, encontros técnicos, oficinas de trabalho ou por quaisquer outros meios de comunicação, inclusive virtuais, que possibilitem a discussão das alternativas de solução dos problemas, fortalecendo a interação entre a equipe técnica, usuários de água, órgãos de governo e sociedade civil, de forma a contribuir com o Plano de Recursos Hídricos”.

Nesse contexto, aborda-se a seguir a experiência em andamento na Unidade de Gestão de Recursos Hídricos (UGRH) Paranapanema para a construção participativa de seu Plano Integrado de Recursos Hídricos.



## Experiência de planejamento participativo na UGRH Paranapanema

A UGRH Paranapanema tem 105.921 km<sup>2</sup>, abrangendo terras do Estado de São Paulo e do Paraná, com população superior a cinco milhões de habitantes, em 247 municípios total ou parcialmente inseridos nessa unidade hidrográfica (Figura 2).



**Figura 2.** UGRH Paranapanema: Unidades Hidrográficas e Comitês de Bacias Hidrográficas.

Fonte: São Paulo e Paraná (2010b).

Constitui a área de atuação de um comitê de bacia hidrográfica interestadual, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema (CBH-Paranapanema), constituído em 05/12/2012, abrangendo as áreas de atuação de seis comitês de bacias hidrográficas estaduais, a saber: no estado de São Paulo - CBH Alto Paranapanema (constituído em 17/05/1996), CBH Médio Paranapanema (02/12/1994) e CBH Pontal do Paranapanema (21/06/1996); e no

estado do Paraná - CBH Rio Tibagi (26/02/2002), CBH Piraponema (03/03/2008) e CBH Norte Pioneiro (17/02/2009) (Quadro 1).

Quadro 1. Unidades hidrográficas estaduais e Comitês de Bacias instituídos nas vertentes paulista e paranaense da UGRH Paranapanema.

UF	Unidade Hidrográfica de Gestão Estadual	Denominação*	Comitê de Bacia
SP	UGRHI 14 – Alto Paranapanema	Alto Paranapanema	Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema– CBH-ALPA
	UGRHI 17 – Médio Paranapanema	Médio Paranapanema	Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema– CBH-MP
	UGRHI 22 – Pontal do Paranapanema	Pontal do Paranapanema	Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema – CBH-PP
PR	Unidades Hidrográficas Itararé, Cinzas, Paranapanema 1 e Paranapanema 2	Norte Pioneiro	Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios das Cinzas, Itararé, Paranapanema I e II – CBH Norte Pioneiro
	Unidades Hidrográficas Alto Tibagi e Baixo Tibagi	Tibagi	Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Tibagi - CBH Tibagi
	Unidades Hidrográficas Pirapó, Paranapanema 3 e Paranapanema 4	Piraponema	Comitê das Bacias Hidrográficas do Pirapó, Paranapanema 3 e 4 –

Fonte: ANA e CBH-Paranapanema (2013).

As principais cidades e polos regionais da UGRH Paranapanema são: Londrina, Ponta Grossa, Maringá, no estado do Paraná, Presidente Prudente e Itapetininga, no estado de São Paulo. O Rio Paranapanema tem cerca de 900 km de extensão das nascentes, na Serra de Paranapiacaba, no Estado de São Paulo, até a foz no Rio Paraná. Seus principais afluentes são: os rios Tibagi, Turvo, Itararé, Ivaí, das Cinzas, Laranjeiras, Jacarezinho e Pirapó.

Entre os principais problemas que impactam os recursos hídricos na UGRH Paranapanema estão a destinação inadequada de resíduos sólidos urbanos e o baixo percentual de tratamento de esgotos urbanos em várias cidades, a aceleração de processos erosivos e a irrigação no alto curso da bacia (SÃO PAULO e PARANÁ, 2010b). Nos estudos para a formação do CBH-Paranapanema observou-se que as atividades relacionadas com o desenvolvimento social e econômico exercem forte pressão sobre os recursos hídricos, causando impactos sobre os aspectos quali-quantitativos das águas e favorecendo a ocorrência



de conflitos de uso. Faz-se necessário, nestes casos, medidas preventivas e corretivas que possam ser mais facilmente alcançadas, com a ação conjunta e integrada de toda a sociedade da bacia, presente nos diversos comitês estaduais. (SÃO PAULO; PARANÁ, 2010a).

O processo de formação do CBH-Paranapanema incluiu a elaboração de documentos administrativos, estudos técnicos e de mobilização regional e, após sua constituição, umas das ações prioritárias tem sido a elaboração do plano integrado de recursos hídricos da UGRH Paranapanema, atendendo-se à Resolução CNRH 145/2012, procurando-se articular os planos de recursos hídricos dos estados de São Paulo e do Paraná, os planos de bacias hidrográficas dos CBH Estaduais e os demais planos territoriais e ambientais. Para tanto, o CBH-Paranapanema, através de sua Câmara Técnica de Integração (CTIPA), criou o Grupo de Trabalho para elaboração dos Termos de Referência para elaboração do Plano Integrado de Recursos Hídricos da UGRH Paranapanema (TDR/PIRH-Paranapanema), que foi elaborado durante o ano de 2013 e aprovado em reunião plenária, conforme Deliberação Nº 05/2013.<sup>3</sup>

O TDR/PIRH-Paranapanema foi elaborado com o objetivo de “orientar a elaboração do PIRH da UGRH Paranapanema, com foco na definição de diretrizes para a implantação dos instrumentos de gestão, na promoção do uso múltiplo da água, na proposta de adequação do arranjo institucional e do programa de investimentos” (ANA e CBH-Paranapanema, 2013).

Foi estabelecido que o PIRH-Paranapanema deve ser construído como “um instrumento de planejamento e de gestão fortemente pactuado e de integração da bacia, que permita a gestão efetiva dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, em benefício das gerações presentes e futuras”. A Agência Nacional de Águas está elaborando o PIRH-Paranapanema, com acompanhamento pelo GT-Plano, “instância com função de acompanhamento técnico e de facilitação na construção dos acordos a serem pactuados entre os atores na bacia” (ANA e CBH-Paranapanema, 2013). No GT-Plano participam representantes do Poder Público (órgãos gestores de recursos hídricos da União e dos estados de São Paulo e Paraná), dos Usuários de Recursos Hídricos, das Universidades e dos seis Comitês Estaduais Afluentes.

Como atribuições do GT-Plano foram estabelecidas: acompanhamento técnico da construção do PIRH-Paranapanema; esclarecimento de dúvidas e solução de pendências técnicas; construção de acordos em torno dos recursos hídricos para a bacia no âmbito do plano; estabelecimento de consenso de critérios, procedimentos e encaminhamentos necessários; e outros temas voltados ao desenvolvimento harmônico da construção do plano.

---

<sup>3</sup> Informações e documentos do CBH-Paranapanema podem ser acessados em <http://www.paranapanema.org>

Na elaboração do PIRH-Paranapanema busca-se propiciar ampla participação social com a realização de Encontro de apresentação do TDR/PIRH-Paranapanema, Oficinas, Reuniões de acompanhamento técnico e de facilitação de acordos, e Encontros ampliados (Figura 3).

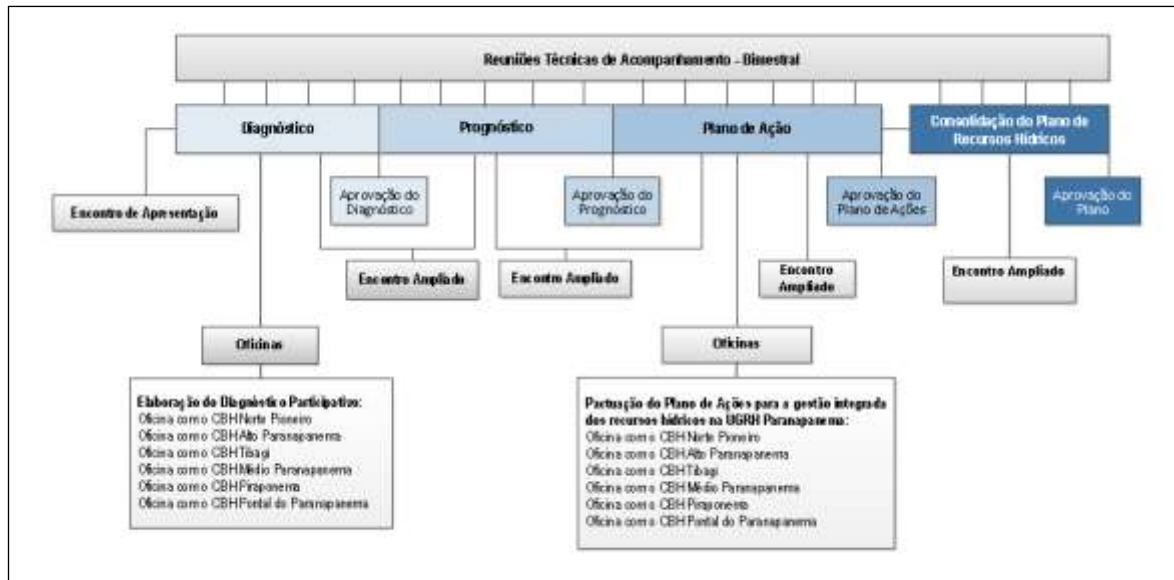


Figura 3. Eventos de mobilização social previstos para a construção do PIRH-Paranapanema. Fonte: ANA e CBH-Paranapanema (2013).

A realização das ações previstas no TDR/PIRH Paranapanema encontra-se em andamento, destacando-se para o debate no XVI SGBFA a etapa de elaboração do Diagnóstico participativo. Nessa etapa foi prevista a realização de oficinas com o objetivo de “identificar os principais eixos de ação do PIRH sob o ponto de vista local e regional, analisando os problemas relacionados aos recursos hídricos e os fatores que interferem na gestão”. Foi prevista também a aplicação das “metodologias (i) mapeamento participativo para levantamento de conflitos e potencialidades e (ii) desenvolvimento e aplicação da Matriz SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats), também conhecida como FOFA (Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças) ou DAFO (Debilidades, Ameaças, Fortalezas e Oportunidades)” (ANA e CBH-Paranapanema, 2013).

Carpi Jr et al (2015) destacam que o “mapeamento participativo, definido por Herlihy e Knapp, citado por Acsegrad e Coli (2008), como aquele que reconhece o conhecimento espacial e ambiental de populações locais e o insere em modelos mais convencionais de conhecimento. Há um reconhecimento geral de que existem diversos métodos de mapeamento participativo e de elaboração de cartografias sociais/populares e diferentes enfoques temáticos

e recortes espaciais ou sociais”. Quanto à matriz SWOT, geralmente é utilizada como ferramenta de análise em instituições e empresas para subsidiar seu planejamento, mas também vem sendo empregada em estudos aplicados ao gerenciamento de recursos hídricos (Lanna, 2005, Calhman, 2008 e Ottoni et al., 2011).

De acordo com Carpi Jr. et al (2015), as “atividades realizadas nas oficinas seguiram um padrão básico, com algumas adaptações na forma de condução das atividades e nos horários estipulados conforme as peculiaridades de cada local de realização e necessidade de aperfeiçoamento identificada nas oficinas que iam sendo realizadas.” Foram realizadas seis oficinas, no segundo semestre de 2014, na área de atuação de cada um dos Comitês Estaduais Afluentes, com cerca de 300 participantes, representantes do poder público, usuários de recursos hídricos, entidades civis e demais interessados na gestão das águas.

No desenvolvimento das oficinas foram realizadas a análise SWOT (Fotos 1, 2, 3 e 4) e o mapeamento ambiental participativo (Fotos 5, 6, 7 e 8) de cada unidade de gestão estadual que compõe a UGRH Paranapanema, seguindo-se a apresentação do Diagnóstico Preliminar dessa UGRH, encaminhamento final e encerramento.



Fotos 1, 2, 3 e 4. Elaboração de Análise SWOT durante Oficinas do PIRH-Paranapanema.  
Fonte: ANA, 2015.



Fotos 5, 6, 7 e 8. Elaboração do Mapeamento Ambiental Participativo durante Oficinas do PIRH-Paranapanema.  
Fonte: ANA, 2015.

Os resultados dessas oficinas foram sistematizados em Nota Técnica da Agência Nacional de Águas, com as principais Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças apontadas pelos participantes, as quais também foram representadas em mapas por Unidades hidrográficas estaduais e pela UGRH Paranapanema. Esses resultados subsidiarão a conclusão do Diagnóstico da UGRH Paranapanema, embasando as próximas etapas de Prognóstico e Plano de Ação previstas no TDR/PIRH-Paranapanema, nas quais também ocorrerá a participação social em sua elaboração.

Para Carpi Jr. et al (2015) é possível “afirmar que a análise SWOT/FOFA associada às informações levantadas no diagnóstico da UGRH, permite a identificação dos principais problemas para a gestão dos recursos hídricos, buscando utilizar as fortalezas locais para tentar resolver ou minimizar os problemas identificados, estabelecendo metas e prazos”. Os autores também destacam que a “observação do Mapa Ambiental Participativo permite notar um já previsto adensamento de informações que coincide com as áreas mais populosas, ao contrário das áreas menos povoadas, o que explica a presença de espaços vazios na bacia com



ausência de insumos gráficos. Dessa forma, as áreas mais populosas e com concentração de áreas urbanas apresentam um maior número de aspectos ambientais que são percebidos pela população, em função da maior convivência com as situações observadas.” (CARPI JR. et al, 2015).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O planejamento participativo de bacias hidrográficas constitui uma oportunidade de gerar e disseminar dados e informações locais e regionais sobre a situação das águas. A aplicação da análise SWOT e do mapeamento ambiental participativo potencializa a participação social e valoriza conhecimentos de gestores, usuários de recursos hídricos, membros de entidades civis e moradores para a identificação de problemas e alternativas de solução.

A participação social no planejamento evidencia a necessidade de ampliação de ações educativas e de produção e divulgação de conhecimentos que articulem a gestão da unidade hidrográfica em várias escalas geográficas, seja como componente de bacias hidrográficas maiores ou pelas delimitações político-administrativas, na perspectiva de propiciar a gestão estratégica de águas compartilhadas entre estados da Federação brasileira e com outros países da América do Sul.

## **REFERÊNCIAS**

ACSELRAD, H.; COLI, L. R. Disputas territoriais e disputas cartográficas. In: ACSELRAD, Henri. (Org.) Cartografias sociais e território. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, 2008. 168 p. (Coleção Território, Ambiente e Conflitos sociais; n. 1). p. 13 – 43

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). Plano de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água / Agência Nacional de Águas. - Brasília: SAG, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). Plano Integrado de recursos Hídricos Participação Social. OFICINAS DE DIAGNÓSTICO. Apresentação para o GT-Plano. Marília, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAPANEMA. Termos de Referência para orientar a elaboração do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Unidade de Gestão dos Recursos Hídricos Paranapanema. Deliberação CBH-Paranapanema N° 15 de 12/11/2013.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução N° 145, de 12 de Dezembro de 2012. CNRH. Brasília, 2012.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução Nº 32, de 15 de outubro de 2003.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução Nº 30, de 11 de dezembro de 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. *Plano Nacional de Recursos Hídricos: síntese Executiva*. Brasília: MMA, 2006.

CALHMAN, O. K. B. Gestão de Recursos Hídricos em Bacias de Rios Fronteiriços e Transfronteiriços – Rio Quaraí/Bacia do Prata. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2008.

CARPI JÚNIOR, S., LEAL, A.C., AMORIM, B. de, MELLO, L.G.M., NUNES, R. da S. Planejamento participativo e gestão da água na bacia hidrográfica do Rio Paranapanema, Brasil. Anais do XV Encuentro de Geógrafos de América Latina. La Habana, Cuba, 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188p.

COSTA, F.J.L. Plano nacional de recursos hídricos. In: SEMANA INTERNACIONAL DE ESTUDOS SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1999, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu, ABRH, 1999. 11p. (Anais virtuais).

LANNA, A.E., Análise Diagnóstico Transfronterizo. In: Programa Marco para La Gestion Sostenible de los Recursos Hidricos de la Cuenca del Plata, eN Relacion com los Efectos Hidrológicos de la Variabilidad y El Cambio Climatico, FMAM, PNUMA, OEA, FONPLATA, OMM, 2005.

OTTONI, B. M. de P., COUCEIRO, S. R. M., CASTRO, V. L. L. de, PEREIRA, R. A outorga do direito de uso dos recursos hídricos no Rio Grande do Norte. HOLOS, Ano 27, Vol. 1, 2011. p. 57-61.

RODRIGUEZ, J.M.M., SILVA, E.V. da e LEAL, A.C. Planejamento Ambiental de Bacias Hidrográficas desde a visão da Geoecologia das Paisagens. In: Severo, A. e Foletto, E. (org.) Diálogos em geografia Física. Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2011.

SÃO PAULO (Estado) e PARANÁ (Estado). Justificativa Circunstanciada. Resolução conjunta para a criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema. Diretoria Provisória. Volume 1, 2010a.

SÃO PAULO (Estado) e PARANÁ (Estado). Caracterização Geral da UGRH Paranapanema. Volume 2, 2010b.



## **MAPEAMENTO DE SISTEMAS AMBIENTAIS E APLICAÇÕES PRÁTICAS PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E O ORDENAMENTO TERRITORIAL**

**MARCOS JOSÉ NOGUEIRA DE SOUZA**  
PROFESSOR DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

A presente contribuição trata de alguns princípios orientadores do mapeamento de sistemas ambientais naturais. Busca demonstrar o seu significado prático para as políticas de conservação e proteção da natureza e do ordenamento territorial. Incluídas como áreas estratégicas na dimensão ambiental da concepção de desenvolvimento sustentável, elas se alinham às dimensões econômico-social, científico-tecnológica e político-institucional (MPO – PROJETO ÁRIDAS, 1995).

Os sistemas ambientais são integrados por variados componentes que mantêm relações mútuas entre si, sendo perpetuamente sujeitos às trocas de matéria e de energia. Os componentes são relativos ao suporte (litotipos, geofomas e águas subterrâneas), ao envoltório (clima e águas superficiais) e à cobertura (solos e biodiversidade).

Essencialmente, a dimensão ambiental ou geocológica, incorpora o uso racional dos recursos naturais e a proteção do meio físico-biótico. Nas discussões sobre as áreas estratégicas, incluídas na dimensão ambiental, o Projeto Áridas priorizou a conservação da natureza e a proteção ambiental, além do ordenamento do espaço regional. Buscou também, estabelecer, especialmente para o Nordeste brasileiro, alguns Programas prioritários. Para a conservação da natureza e proteção ambiental deu-se destaque aos seguintes: otimização dos recursos hídricos; previsão do clima e defesa contra os efeitos das secas; conservação de solos; ampliação da biodiversidade e controle ambiental. Para o ordenamento do espaço regional foram incluídos Programas como o zoneamento ecológico-econômico, reorganização do meio rural, desenvolvimento urbano e reforço da infraestrutura.

Neste trabalho, busca-se demonstrar a importância do mapeamento dos sistemas ambientais para as práticas de conservação da natureza e ordenamento territorial. Esse mapeamento constitui a base para a implementação das políticas públicas referentes às áreas e programas estratégicos referidos.

Sob o ponto de vista teórico-metodológico, o mapeamento em epígrafe implica em uma abordagem sistêmica, valoriza a multi-interdisciplinaridade e viabiliza prospectar cenários. A abordagem sistêmica integra o conjunto das variáveis ambientais retromencionadas. A valorização multi-interdisciplinar, contempla o espectro amplo do

contexto físico-biótico. A elaboração de cenários estabelece prospecções, simula situações em face do estado atual dos sistemas em função do processo histórico de uso e ocupação da terra e de apropriação dos recursos naturais. Pode-se acrescentar na estratégia metodológica do mapeamento, o sistema de informações a ser estruturado com base no uso e interpretação dos produtos de sensoriamento remoto e nas técnicas de geoprocessamento.

## **ESTRUTURAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS**

Conforme referências anteriores, os sistemas ambientais são delimitados em função das interações entre os componentes geoambientais, conforme o fluxograma da Figura 01. As bases teórico-metodológicas são fundamentadas na concepção geossistêmica (BERTRAND, 1972); (SOTCHAVA, 1976); (MONTEIRO, 2000); (ROSS, 2006); (SOUZA, 2000).

A delimitação dos sistemas e dos setores ambientais estratégicos tem o critério geomorfológico como referência de síntese do contexto geoambiental, especialmente no que tange à compartimentação topográfica e às feições morfoesculturais. A par das influências litológicas e estruturais, o componente geomorfológico orienta o escoamento hidrológico e justifica variações locais do clima e dos microclimas. Relaciona-se com as associações de solos e topossequências e tem implicações nos padrões fisionômicos e florísticos da vegetação. A denominação dos sistemas deve ser feita com base em topônimos do relevo ou da literatura geomorfológica. Enquadra-se em um determinado domínio natural, como por exemplo do litoral, de superfícies estruturais, de superfícies erosivas aplainadas ou dissecadas, de regiões montanhosas ou de áreas deposicionais extensivas, dentre outras. Os setores ambientais estratégicos têm atributos e indicadores essenciais capazes de conduzir à definição de parcelas naturais homogêneas contidas em cada sistema ambiental.

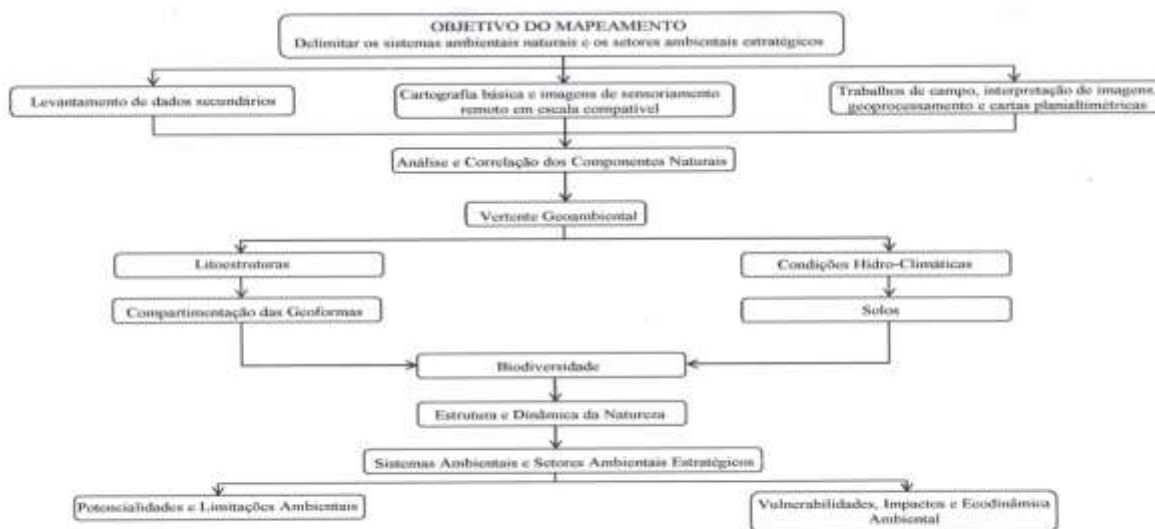


Figura 01: Fluxograma metodológico.

A avaliação da capacidade de suporte dos sistemas e setores ambientais, tem como referência as potencialidades (pontos fortes) e as limitações (pontos fracos). As potencialidades indicam favorabilidades ou atividades compatíveis com os limites de tolerância de cada sistema ou com a qualidade ambiental. Incluem as disponibilidades de recursos hídricos, solos férteis, solos profundos, biodiversidade conservada, regularidade pluviométrica, paisagens exóticas e atrativos para o turismo, topografias favoráveis, dentre outras. As limitações são consideradas como condições restritivas, expondo deficiências de recursos naturais ou vulnerabilidades ao potencial produtivo. Incluem escassez de recursos hídricos, solos rasos e afloramentos rochosos, baixa fertilidade, irregularidade pluviométrica, balanço hídrico deficitário, sítios urbanos desfavoráveis à expansão das cidades, impedimentos à mecanização, processos erosivos ativos, alta suscetibilidade à erosão, baixa resiliência, etc.

As vulnerabilidades e impactos ambientais registram os desequilíbrios gerados pelos vetores de pressão decorrentes das atividades praticadas. Dependem também de desmatamentos indiscriminados, queimadas, ocupações desordenadas, abertura de acessos, captação de água e uso incompatível com as vulnerabilidades e limites de tolerância dos sistemas ambientais.

A ecodinâmica é indicada conforme critérios de Tricart (1977), fazendo-se as necessárias adaptações às áreas de estudo. À luz do balanço morfogênese x pedogênese, são estabelecidas as categorias de meios medianamente estáveis, de transição ou “intergrade” e fortemente instáveis. Dentre as características de meios medianamente estáveis incluem-se: cobertura vegetal densa para impedir, de modo eficaz, as ações associadas com a morfogênese mecânica; dissecação moderada do relevo com superfícies planas e sem fortes incisões fluviais, sem solapamentos vigorosos dos cursos d’água e vertentes com lenta evolução; áreas tectonicamente calmas desde tempos muito remotos sob o ponto de vista geocronológico, com ausência de manifestações vulcânicas e de eventos sísmicos capazes de desencadear paroxismos de caracteres catastróficos; evidente predominância da pedogênese sobre a morfogênese em face da incapacidade das ações exodinâmicas de transportar materiais detríticos; solos espessos e maduros em equilíbrio natural com os demais componentes ambientais, configurando a existência de sistemas ambientais em estado de biostasia.

Os meios de transição ou “intergrade” marcam o estágio transitório entre os meios medianamente estáveis e fortemente instáveis. Conforme Tricart (1977), não existe nenhum corte, mas a presença de um contínuo para marcar a transição entre estabilidade e instabilidade. Admite que a caracterização desses meios, depende da interferência permanente da morfogênese e pedogênese, exercendo-se de modo concorrente em um mesmo espaço. Assim, o balanço pode favorecer uma ou outra: predominância da pedogênese conduz à primazia de sistemas ambientais com estabilidade; preponderando a morfogênese os sistemas tendem à instabilidade.

Os meios fortemente instáveis têm características opostas aos meios medianamente estáveis e a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica ambiental. Incluem-se como características a cobertura vegetal ausente ou muito aberta para favorecer os efeitos da morfogênese mecânica; geodinâmica interna muito instável, intervindo através de ações variadas como de erupções vulcânicas e sismos frequentes e que têm efeitos catastróficos sobre o ambiente; relevos fortemente dissecados e com classes de declives muito acentuadas e que impedem a ação dos processos pedogenéticos; presença de solos muito rasos e com frequentes afloramentos rochosos ou de chãos pedregosos; climas agressivos e manifestação direta dos processos, expondo sistemas ambientais em estado de resistasia. A incidência dos processos de desertificação em climas semiáridos e subúmidos secos, configura os estados de resistasia antrópica.

## **Aplicações Práticas do Mapeamento dos Sistemas Ambientais para a Conservação da Natureza e o Ordenamento Territorial**

No processo de planejamento de uso dos sistemas ambientais, atenta-se para alguns aspectos avaliados como essenciais para a conservação e proteção da natureza e para o ordenamento do território.

Serão analisados os seguintes aspectos mais relevantes:

- Qualidade ambiental, limites de tolerância dos sistemas e unidades de intervenção;
- Critérios indicativos de valores para a conservação e vocação de uso;
- Vetores de pressão e tendências: Elementos a controlar.

### **Qualidade ambiental, limites de tolerância dos sistemas e unidades de intervenção**

A qualidade ambiental expressa o estado de conservação dos sistemas e setores ambientais e da biodiversidade, além das tendências da sucessão ecológica, derivando para a progressividade ou regressividade.

São consideradas as seguintes categorias:

- (1) Fitoestabilizada: Preservação ou permanência dos remanescentes da vegetação primária e das sucessões ecológicas próximas das características da vegetação original, após longo período de pousio;
- (2) Derivada com dinâmica progressiva: Alterações parciais e moderadas dos atributos e funções dos componentes naturais dos sistemas e setores ambientais estratégicos, derivando para níveis de qualidade ambiental satisfatórias nas sucessões ecológicas secundárias. As condições de recuperação e/ou restauração, podem ser alcançadas após períodos de pousio prolongados desde que mantidas as principais qualidades edáficas.
- (3) Derivada ou desestabilizada com dinâmica regressiva: Alterações muito significativas dos atributos e funções dos componentes naturais dos sistemas e setores ambientais estratégicos, derivando para níveis de qualidade ambiental muito baixos ou desestabilizados nas sucessões ecológicas secundárias. As

condições de recuperação podem tender para a inviabilidade ou para o estado de degradação.

- (4) Degradada: Alterações drásticas dos atributos e funções dos componentes naturais dos sistemas e setores ambientais estratégicos, desestabilizando-os ou conduzindo-os para níveis de qualidade ambiental extremamente baixos ou irreversivelmente degradados.

Com referência aos limites de tolerância dos sistemas ambientais, há a considerar os indicadores inferidos a partir da incidência dos processos morfodinâmicos, pedogenéticos, além de informações sobre o estado atual dos componentes geoecológicos. Deve-se assim considerar: as disponibilidades dos recursos naturais; as condições de uso e ocupação da terra; a oferta ou disponibilidade de recursos hídricos superficiais e subterrâneos; a fragilidade do ambiente em face da suscetibilidade à erosão; inundações sazonais; instabilidade ecodinâmica; manifestação de desequilíbrios ecológicos e comprometimento da qualidade ambiental.

Os indicadores retro-mencionados agrupam-se em dois conjuntos expressos através da capacidade de suporte dos sistemas ambientais e dos processos que configuram a dinâmica desses sistemas.

Assim, os padrões ou indicadores ambientais servem como critérios normativos de tolerância altos (máximos) ou baixos (mínimos), admissíveis de gerenciamento e de gestão da utilização dos sistemas ambientais e de seus recursos naturais.

À luz dessas considerações, são estabelecidos como limites de tolerância ao uso e ocupação dos sistemas ambientais os seguintes:

- 1) Muito Baixa Tolerância.
- 2) Baixa Tolerância.
- 3) Tolerância Mediana.
- 4) Alta Tolerância.

#### 1) Muito Baixa Tolerância.

Áreas que são protegidas conforme preceitos da Legislação Ambiental pertinente, especialmente considerando as Áreas de Preservação Permanente (APP), ou seja:



- Ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde seu curso mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será considerada em função da Legislação;
- Nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados olhos d'água, qualquer que seja sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;
- Ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais;
- Nas áreas fitoestabilizadas.

## 2) Baixa Tolerância

Além da consideração dos preceitos normativos contidos no Código Florestal, devem ser considerados os seguintes critérios:

- Áreas com alta importância biológica pela existência de espécies, *habitats* ou tipos vegetacionais com representatividade nos sistemas ou setores ambientais estratégicos;
- Maior grau de conservação da vegetação quando comparados os sistemas;
- Áreas distantes de centros urbanos, rodovias ou de outros vetores de pressão sobre a biodiversidade;
- Áreas com elevado estado de conservação da vegetação;
- Áreas ou sistemas ambientais com remanescentes florestais que se apresente, também, como dinâmica ambiental progressiva;
- Áreas ou sistemas ambientais com nascentes e “olho d'água” com características naturais parcialmente mantidas.

## 3) Tolerância Mediana

- Áreas ou sistemas ambientais dotados de solos medianamente profundos;
- Áreas ou sistemas ambientais com recobrimento vegetal parcialmente suprimido e com solos moderadamente conservados e que têm sucessão ecológica com tendência progressiva;
- Áreas com médio a baixo risco quanto à incidência de processos de origem natural ou antrópica, tais como deslizamentos de terra, deslocamentos de blocos rochosos, ravinamentos, configurando alta susceptibilidade à erosão;
- Planícies alveolares com cobertura sedimentar colúvio-aluvial;

- Áreas ou sistemas ambientais com nascentes e “olho d'água” com características naturais parcialmente mantidas.

#### 4) Alta Tolerância

- Áreas ou sistemas ambientais dotados de solos profundos a medianamente profundos, em vertentes alongadas e com declives abaixo de 15%;
- Áreas com sistema ambiental apresentando estabilidade ecodinâmica ou de transição tendendo à fitoestabilização;
- Áreas com baixo risco quanto à incidência de processos de origem natural ou antrópica, tais como deslizamentos de terra, deslocamentos de blocos rochosos, ravinamentos, configurando baixa susceptibilidade à erosão;
- Baixas vertentes e interflúvios tabulares com solos e recobrimento vegetal conservados;
- Áreas ou sistemas ambientais com nascentes e “olhos d'água” com características naturais primárias mantidas ou preservadas.

As unidades de intervenção são definidas e delimitadas em função de sua fragilidade e/ou do grau de estabilidade ecodinâmica do ambiente, da capacidade produtiva dos recursos naturais e de critérios referentes à legislação ambiental. Em essência, considera-se a ecodinâmica da paisagem como critério básico, contemplando-se o balanço entre processos morfogenéticos e pedogenéticos para definir o grau de estabilidade e/ou instabilidade do ambiente, conforme indicadores expostos por Tricart (1977). As Unidades de Intervenção, conforme metodologia do ZEE (BRASIL, 2003), têm forte ancoragem nas fisionomias naturais (geomorfologia, sistemas ambientais), com detalhamento, em alguns casos, para os tipos de solos dominantes. Assim, o termo em pauta, representa uma primeira aproximação do zoneamento a ser estruturado.

### **CRITÉRIOS INDICATIVOS DE VALORES PARA A CONSERVAÇÃO E VOCAÇÃO DO USO.**

Um dos pontos de partida do ordenamento territorial, além dos critérios físicos espacializáveis, segundo roteiro metodológico do IBAMA (2001), deve incluir os indicativos de valores para a conservação e para a vocação de uso. No primeiro caso, tratando-se da conservação, há que considerar a representatividade e/ou riqueza de espécies, as áreas de Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

transição, áreas degradadas ou com predominância de espécies exóticas e a presença de sítios arqueológicos ou paleontológicos.

Os critérios indicativos para a vocação de uso, devem ter em pauta os limites de tolerância dos sistemas e setores ambientais estratégicos, o potencial de visitação turística, a prática de atividades de lazer, a presença de população, o potencial de conscientização ambiental, dentre outros.

### **VETORES DE PRESSÃO E TENDÊNCIAS: ELEMENTOS A CONTROLAR**

Os vetores de pressão sobre os sistemas ambientais ou setores ambientais estratégicos devem ser avaliados em função de desmatamentos, captação de água, despejo de efluentes não tratados nos corpos hídricos, na abertura de acessos, queimadas, ocupações desordenadas e incompatíveis com os limites de tolerância dos sistemas, plantio de espécies exóticas, supressão da vegetação arbórea, etc.

Devem ser considerados os vetores de pressão decorrentes de ocupações rurais, de ocupações urbanas, de acessos, do turismo e do abastecimento de água.

De conformidade com o Roteiro Metodológico para Gestão de Áreas de Proteção Ambiental (IBAMA/GTZ, 2001), deve-se atribuir um conjunto de diretrizes referenciadas nos elementos a controlar. As diretrizes normativas poderão ser aplicadas nos processos de licenciamento ambiental de atividades e empreendimentos, desde que apoiados em instrumentos jurídicos já existentes e que se refiram ao objeto de controle.

Devem ser incluídos como objetos de proteção os mosaicos de paisagens associados à biodiversidade, áreas com fragilidade ambiental, áreas de ocorrências associadas à preservação permanente, entre outros. Dentre os elementos a controlar incluem-se a exploração desordenada dos recursos naturais, abertura de vias de acesso, contaminação de nascentes, queimadas, atividades de mineração, ocupação de encostas íngremes, dentre outros.

### **A GESTÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS VISANDO SUBSIDIAR A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E O ORDENAMENTO TERRITORIAL**

A gestão dos sistemas ambientais e dos recursos naturais é uma atividade complexa, por excelência. Envolve diretrizes de naturezas variadas. As ações a serem implementadas perseguem a operacionalização de diretrizes de uso e regulação do solo, uso e conservação da biodiversidade, medidas capazes de conduzir ao controle e monitoramento da qualidade

ambiental, além da gestão integrada dos recursos hídricos. São, em essência, diretrizes apontadas desde a elaboração da Agenda 21 Brasileira (MMA, 2000).

### **PROMOVER A REGULAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

Conduz à definição do uso potencial da terra, tendo em vista a sua produção e conservação. Inclui, como objetivos estratégicos, a necessidade de proteger o solo e de identificar as possibilidades de exploração dos recursos minerais.

Proteger os solos implica nos seguintes objetivos estratégicos:

- Evitar a degradação dos solos, prevenindo a ablação dos horizontes superficiais, a acidificação e a salinização associadas a manejos inadequados;
- Evitar técnicas de manejo que conduzam à compactação e empobrecimento dos solos;
- Identificar as fontes de contaminação/poluição dos solos nas diferentes associações que são próprias de cada sistema ambiental ou setor ambiental estratégico;
- Recuperar áreas de preservação permanente no entorno dos sistemas lacustres e fluviais;
- Impedir a disposição inadequada dos resíduos sólidos.

Possibilidades de Exploração dos Recursos Minerais:

- Impedir a mineração desordenada, especialmente a retirada indiscriminada de areias para a construção civil;
- Estabelecer prioridades quanto ao uso sustentável dos recursos minerais.

### **ESTABELEECER MEDIDAS DE CONTROLE DA QUALIDADE AMBIENTAL**

Propor medidas de controle da qualidade ambiental, dando-se ênfase ao sistema de licenciamento de atividades poluidoras, do incremento de atividades de recuperação ambiental, do monitoramento e fiscalização de áreas degradadas.

Dentre os objetivos das medidas de controle da qualidade ambiental devem ser consideradas:

- Implementar e/ou fortalecer o sistema de licenciamento de atividades que poluem o meio ambiente, através da aplicação da legislação pertinente e das normas indicadas no zoneamento ambiental;

- Incrementar atividades de recuperação ambiental por ações do antropismo, definindo os agentes causadores de degradação e suas principais categorias que são ligadas à mineração, agropecuária, implantação de infraestruturas e assentamentos urbanos;
- Controlar a poluição difusa oriunda das atividades agrícolas, ligadas a agrotóxicos, inseticidas e outras fontes de poluição;
- Prevenir e atenuar efeitos de inundações sazonais em anos de volumes pluviométricos excepcionais.

### **INDICAR PRECEITOS SUSTENTÁVEIS PARA O USO E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**

- Cumprir os preceitos do zoneamento ambiental que delimita as zonas e sub-zonas de preservação segundo critérios estabelecidos pela Legislação;
- Incentivar a criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPN's;
- Utilizar os limites estabelecidos no Zoneamento Ambiental para a Zona de Uso Sustentável, buscando a compatibilização das atividades econômicas com a manutenção da capacidade produtiva dos solos;
- Incentivar o manejo sustentável de espécies florestais, visando desenvolver técnicas para a recuperação de sistemas ambientais degradados, mediante o reflorestamento com espécies nativas ou exóticas úteis;
- Proteger o conhecimento e as práticas utilizadas pelas comunidades locais, estabelecendo mecanismos capazes de preservar, manter e valorizar conhecimentos e hábitos culturais tradicionais.

### **IMPLEMENTAR A GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Conservar os recursos hídricos através de meios técnicos capazes de promover sua recuperação, revitalização e da utilização de instrumentos de gestão, visando o aumento e a manutenção de sua disponibilidade quantitativa e qualitativa.

Dentre os objetivos estratégicos, incluem-se os seguintes:

- Conservar os recursos hídricos, proporcionando o aumento das suas disponibilidades através de ações como as que se indicam a seguir: prevenir a escassez e a deterioração da qualidade da água; incentivar o uso eficiente das reservas disponíveis; monitorar,

sistematicamente, as disponibilidades; implantar tecnologias capazes de fazer a reutilização da água;

- Aumentar a oferta qualitativa e quantitativa de água, dando-se ênfase à realização de estudos hidrogeológicos e definindo, com maior precisão, as reservas dos mananciais subterrâneos;
- Promover a recuperação e a revitalização das bacias hidrográficas, incentivando-se o planejamento integrado das intervenções;
- Identificar prioridades quanto aos usos atuais e futuros dos recursos hídricos e em consonância com os anseios da comunidade;
- Criar mecanismos de proteção dos mananciais, difundindo práticas para a não-contaminação dos mesmos, alertando para os riscos do uso de agrotóxicos e demais poluentes;
- Incentivar a reconstituição e a manutenção das matas ciliares das planícies fluviais e lacustres.

## **PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DO MAPEAMENTO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS**

Para a consecução dos objetivos previamente delineados, devem ser cumpridos, sequencialmente, as seguintes etapas:

- Preparação da cartografia básica a ser elaborada através do Sistema de Informações Geográficas (SIG), contendo as principais informações planialtimétricas e em escala compatível;
- Análise e utilização dos produtos de levantamentos sistemáticos disponíveis sobre a área a ser mapeada, com destaque para os estudos geológicos, geomorfológicos, hidroclimáticos, pedológicos, fitoecológicos, uso e ocupação da terra e afins;
- Análise e interpretação de produtos de sensoriamento remoto, tendo em vista os estudos temáticos e as integrações parciais e progressivas dos temas, com vistas à estruturação da legenda do mapa de sistemas ambientais;
- Considerar, na estruturação da legenda do mapa de sistemas ambientais, o esboço regional e local da compartimentação geomorfológica (AB'SÁBER, 1969). Além de viabilizar a delimitação e interpretação dos compartimentos e das feições morfoesculturais, ela resulta da herança da evolução geoambiental do Neógeno ao



Quaternário. Assim, cada compartimento tem padrões próprios de drenagem, arranjos de solos e toposequências e padrões fisionômicos e florísticos da cobertura vegetal;

- Levantamentos sistemáticos de campo para fins de reconhecimento da verdade terrestre, tendo em vista a checagem da interpretação das imagens orbitais. Dá-se ênfase aos estudos da estrutura superficial da paisagem e dos processos morfodinâmicos para avaliar as condições ecodinâmicas;
- Estruturar a legenda com um contexto de informações geoambientais e considerando dados referentes ao potencial ecológico e à exploração biológica;
- Elaboração de quadro orientativo ou sinóptico dos sistemas, visando, na prática, a obtenção de parâmetros do processo de planejamento ambiental para subsidiar o escopo do Zoneamento Ecológico-Econômico.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AB'SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia** (18). IGEOG-USP, São Paulo, 1969.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra** (13). São Paulo, 1972.

IBAMA. **Roteiro metodológico para gestão de Área de Proteção Ambiental – APA**. Brasília – DF, 2001.

MMA/SDS. **Programa Zoneamento Ecológico-Econômico: diretrizes metodológicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil**. Brasília, 2001.

MPO – Ministério do Planejamento e Orçamento. **Projeto Áridas**. Brasília, 1995.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para Planejamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SOTCHAVA, U. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. **Biogeografia** (14). São Paulo, 1978.

SOUZA, M. J. N. de. **Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará**. Fortaleza: Editora FUNECE, 2000.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. IBGE/SUPREN. Rio de Janeiro, 1977.

## ANÁLISE DE FEIÇÕES DO RELEVO EM TRÊS COMPARTIMENTAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL/BRASIL

TARCÍSIO OLIVEIRA DA COSTA<sup>1</sup>  
AMANDA COMASSETTO LENSSE<sup>2</sup>

1 Universidade Federal de Santa Maria – UFSM/PPGGEO  
cisocosta@hotmail.com

2 Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
comassettoamanda@gmail.com

### Resumo

Este trabalho buscou analisar as formas de relevo presentes em três compartimentações geomorfológicas do estado do Rio Grande do Sul, na Depressão Periférica Sul-Rio-Grandense, no Planalto da Bacia do Paraná e na Planície Litorânea. Assim, a pesquisa desenvolvida desdobrou-se em dois âmbitos, um teórico e outro prático, objetivando abordar de forma teórica a origem dessas compartimentações e os processos atuantes na formação do relevo, e de maneira prática observar *in loco* através de trabalho de campo e registro fotográfico as formas do relevo presentes na paisagem dessas diferentes compartimentações. Considerando a importância do estudo relevo, a realização desta pesquisa com a prática de trabalho de campo apresentou um diferencial no seu desenvolvimento ao observar *in loco* as formas e processos que constroem ininterruptamente o relevo brasileiro evidenciando que quando adotado como instrumento metodológico a observação em campo, possibilita melhor análise e compreensão da paisagem e dos processos.

**Palavras-chave:** Geomorfologia. Paisagem. Processos Endógenos.

### Abstract

This study aimed to analyze the landforms present in three geomorphological partitioning of Rio Grande do Sul state, in the Depression Peripheral South Rio Grande, in the Plateau of Paraná Basin and the Coastal Plain. Thus, the developed research was divided into two areas, one theoretical and one practical, aiming to address theoretically the origin of these partitioning and processes active in the formation of relief, and practical way to observe *in loco* through field and record work the photographic relief forms present in the landscape of these different partitioning. Considering the importance of relief study, this research with field work practice showed a difference in their development to observe *in loco* the forms and processes that continuously build the Brazilian relief showing that when adopted as a methodological tool to observe in the field, enables better analysis and understanding of the landscape and processes.

**Key-words:** Geomorphology. Landscape. Endogenous Processes.

## **1. Introdução**

A geomorfologia é a ciência que tem por objeto de estudo o relevo, suas formas e dinâmica. No estudo do relevo a ciência geomorfológica considera os processos responsáveis por criar ou destruir as formas, tendo em vista o conhecimento das forças atuantes, endógenas, oriundas do interior da terra, e forças exógenas, provenientes do ambiente externo, originadas principalmente a partir da atmosfera.

Os estudos no âmbito da seara geomorfológica acompanharam os diferentes momentos vivenciados pelas sociedades, tendo ora avanços significativos ora restrições. Na fase renascentista o cunho científico da Geomorfologia ganhou impulso, resgatando-se os gregos e romanos. Neste período, trabalhos conduzidos por Leonardo da Vinci (1452-1519) também são observados (MOURA, 2013).

Passado esse período, no final do Séc. XVIII e início do Séc. XIX muitas das buscas estavam assentadas pelo entendimento sobre a erosão e deposição fluvial, o soerguimento da terra, a relação entre escoamento e vegetação no controle da erosão (ibid.).

A preocupação em torno de questões como estas lavaram as primeiras investigações da relação existente entre, por exemplo, os terremotos e a deformação da crosta terrestre e em mesma proporção a observação da permanência do fluxo dos rios e seu papel na modelagem.

Assim, é no intuito de rever questões comparadas a estas que este trabalho traz uma análise observacional de três compartimentações geomorfológicas do Estado do Rio Grande do Sul, a fim de demonstrar as formas, os processos e a dinâmica na modelagem das formas de relevo presentes no território brasileiro e contribuir para os estudos de campo na seara da geomorfologia.

## **2. Aspectos Metodológicos**

Para fins metodológicos foi aplicado nesta pesquisa o nível de compartimentação do relevo. Assim, considerou-se a classificação geomorfológica elaborada por ROSS (2005) em que são identificados no Rio Grande do Sul quatro compartimentos geomorfológicos: Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná, Depressão Periférica Sul-Rio-Grandense, Planalto Sul-Rio-Grandense e Planícies e Tabuleiros Litorâneos.

Desses compartimentos, analisaram-se três nesse trabalho, com exceção do Planalto Sul-Rio-Grandense.

Assim, foi desenvolvida pesquisa bibliográfica a fim de conceituar e discorrer acerca da temática em estudo, dando assim base teórica e sólida para o entendimento do objeto em estudo, bem como executou-se trabalho de campo para a prática de observação dos processos e dinâmica da paisagem nos três compartimentos geomorfológicos citados. Por fim foram feitas análises das formas e processos observados e registrados por meio de fotografias que seguem inseridas no corpo deste trabalho.

### **3. Compartimentações Geomorfológicas do Rio Grande do Sul**

De acordo com a classificação geomorfológica de Ross (2005), o estado do Rio Grande do Sul apresenta quatro compartimentos geomorfológicos: Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná, Depressão Periférica Sul-Rio-Grandense, Planalto Sul-Rio-Grandense e Planícies e Tabuleiros Litorâneos.

Esses compartimentos, localmente, são designados Planalto Norte-Rio-Grandense, Depressão Central, Planalto Sul-Rio-Grandense e Planície Litorânea (SIMIELLI, 2009). A Depressão Periférica é uma faixa de terras relativamente baixas, planas ou levemente onduladas, assemelhando-se a uma planície, que se estende de leste a oeste.

De acordo com Vieira (1983, p.162), é uma área "...da bacia sedimentar do Paraná não coberta pelo derrame de lavas e forma, por diferenças altimétricas entre o planalto arenito-basáltico e o escudo, uma região de terras baixas".

Esse compartimento geomorfológico constitui uma área sem grandes variações altimétricas, e, em quase toda a sua extensão oeste-leste, separa o Planalto Norte Rio-Grandense do Planalto Sul Rio-Grandense. É constituído de rochas sedimentares de formação recente, que datam à Era Cenozoica, ou seja, do Período Terciário, limite aproximado de 65 milhões de anos (BECKER e NUNES, 2012).

O Planalto Norte-Rio-Grandense constitui uma unidade de relevo formada por derrames basálticos da Era Mesozoica. A ocorrência de atividade vulcânica no passado cobriu extensões formadas por rochas sedimentares relativamente antigas, principalmente o arenito, que foram cobertas por camadas de rochas vulcânicas, Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

sobretudo o basalto. Por isso, o planalto é denominado de planalto arenítico-basáltico, alternando camadas de arenito e derrames basálticos, com solos ácidos da formação Serra Geral (Ibid.).

Neste compartimento encontram-se as maiores altitudes do estado, sendo que as mais altas se localizam na porção leste, onde o soerguimento foi mais acentuado. O ponto mais alto considerado no Estado é o Pico do Monte Negro, com 1398 metros, localizado no município de São José dos Ausentes, próximo à divisa com Santa Catarina (MOREIRA, 2003).

Na sua parte leste, o planalto termina por uma descida brusca muito acidentada, na Escarpa Falhada do Planalto.

A Planície Costeira por sua vez está localizada na porção leste do estado abrangendo toda a faixa litorânea no sentido norte-sul. A origem da Planície Litorânea corresponde ao período Quaternário, ou seja, área de formação recente geologicamente. Conforme afirma Hoffmann et al. (1997, p. 34), "... esta planície não existia há alguns milhões de anos atrás [...] portanto, a Laguna dos Patos, a Lagoa Mirim e outras menores ainda viriam a formarem-se, no Terciário e Quaternário".

A formação desse compartimento se deu através de regressões e transgressões marinhas da era Cenozoica. Constitui-se de baixas altitudes e formação de restingas, lagoas e lagoas, destacando-se, como as mais conhecidas, a Laguna dos Patos, Lagoa Mirim e Lagoa Mangueira ao sul (HOFFMANN, 1997).

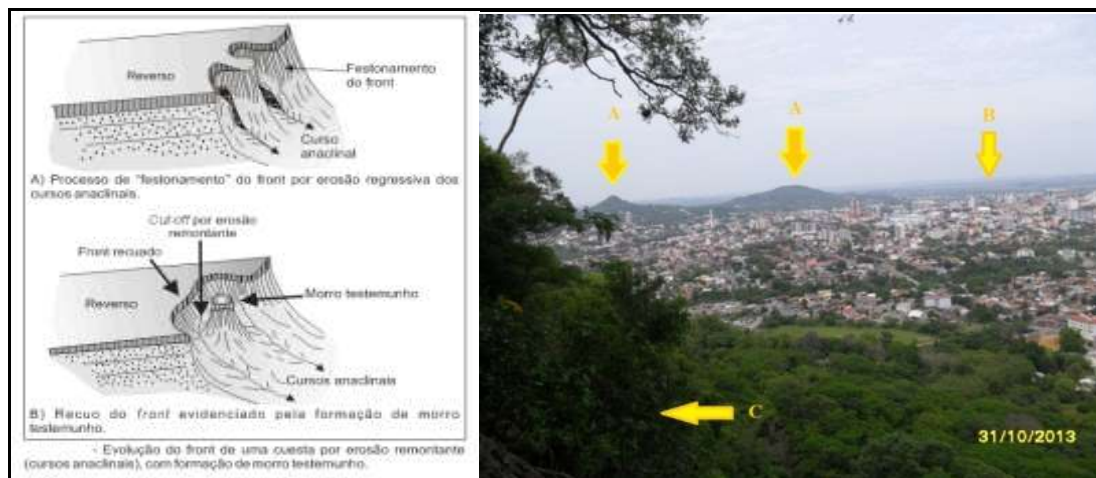
#### **4. Resultados e Discussões**

Considerando o limite do planalto com a depressão periférica, observa-se a presença da escarpa erosiva do planalto, relevo onde predomina o processo erosivo com feições de morros. Observa-se nesse limite entre as duas compartimentações o processo de festonamento do 'front' atuando sobre a morfologia (Figura 1). Há ainda nesse limite entre os compartimentos a presença de morros testemunhos, como os observados em Santa Maria/RS expostos na figura a seguir.

A medida em que se avança subindo o planalto no sentido leste há uma menor presença das rochas areníticas e maior presença das rochas basálticas em função do pulso maior de derramamento basáltico ter ocorrido na porção leste e o sentido do derramamento vulcânico ter ocorrido de leste para o sentido oeste.



**Figura 1 - Recuo por erosão remontante (A), Depressão Periférica (B), Escarpa erosiva do Planalto da Bacia do Paraná (C) em Santa Maria/RS.**



Fonte: Google Imagens e Registro de Campo (2013).

Org. COSTA.T.O; IENSSE.A.C (2015).

As rochas vulcânicas do planalto apresentam diferença de resistência à erosão, bem como sua localização na altitude.

As rochas básicas encontram-se mais abaixo, enquanto as ácidas no topo. As rochas básicas (Figura 2, à esquerda) caracterizam-se por apresentar um diaclasamento nas suas estruturas originadas a partir do resfriamento e esforço tectônico durante a formação. As diáclases, são fendas ou falhas que aparecem no corpo da rocha, são pontos fracos de ataque erosivo que ocorre de fora para dentro da rocha.

As rochas ácidas (Figura 2, à direita) apresentam estrutura diferente das básicas, não há a presença de diáclases e a resistência é maior a erosão e com pouca infiltração, essas rochas encontram-se no topo do planalto.

A pouca infiltração nas rochas ácidas favorece o acúmulo de água na pequena faixa de solo, onde se encontra a vegetação que dá origem a matéria orgânica, e formação Turfeiras (Figura 3) que são ambientes úmidos e alagadiços.

Na face leste do rebordo do planalto há a influência maior das falhas no direcionamento das vertentes e no entalhamento fluvial dos vales (Figura 3C), a sequência de soerguimentos fez com que a erosão fluvial entalhasse mais o vale. Os cursos d'água seguem o direcionamento das falhas (Figura 4 A) e é possível



observar nas facetas das vertentes os processos de escorregamentos atuais (Figura 4 B).

**Figura 2 - Meteorização de rocha básica a partir das diaclases (à esquerda),  
Afloramento de rocha ácida altamente resistente à erosão (à direita).**



Fonte: Registro de Campo (2013).

Na Planície Costeira observam-se as extensas áreas planas com presença de sistemas lagunares e algumas áreas de pequena elevação composta pelos sistemas de dunas, que em muitos trechos é nítida a alteração provocada pela urbanização (Figura 5).

**Figura 3 - Vale Simétrico e pouco encaixado no topo do Planalto (A), Ambiente  
de Turfeira (B), Vale com entalhamento acentuado (C).**



Fonte: Registro de Campo (2013).

**Figura 4 – Cursos d'água seguindo a direção do falhamento (A), Cicatrizes de escorregamento evidenciando os processos mais recentes (B).**



Fonte: Registro de Campo (2013).

**Figura 5 – Casas construídas sobre as Dunas em Arroio do Sal/RS e Sambaqui presente nas Dunas.**



Fonte: Registro de Campo (2013).

Na planície, formada a partir do avanço e recuo do mar, especificamente no sistema de dunas, há presença de Sambaqui, uma evidência que comprova o avanço e recuo da linha de costa durante a evolução geomorfológica, como mostrado anteriormente na figura 5.

## 6. Considerações Finais

Considerando a importância no estudo do relevo, suas formas e dinâmica, além dos diferentes campos em que se insere a atuação na pesquisa geomorfológica, a realização desta pesquisa com a prática de trabalho de campo apresentou um diferencial no seu desenvolvimento. A partir dele pôde-se observar *in loco* as formas e processos que constroem ininterruptamente o relevo brasileiro, em especial os apresentados nas áreas estudadas neste trabalho.

A abordagem teórica aliada à prática, através do trabalho de campo, mostra-se como um eficiente instrumento na formação e atuação no campo geomorfológico. Nesse sentido, ainda que outras atividades análise de imagens e mapas pudessem contribuir com a formação, atuação e pesquisa em geomorfologia, certamente não deixariam as mesmas impressões.

Desta feita, as pesquisas considerando o relevo e a fisionomia das paisagens são mais bem abordadas e conduzidas quando se adota como instrumento metodológico a observação *in loco*, possibilitando assim melhor análise e exposição da paisagem e dos processos.

## Referências

- BECKER, E.L.S; NUNES, M.P. Relevo do Rio Grande do Sul, Brasil, e sua representação em maquete. **Revista Percorso – NEMO**, Maringá - PR, v. 4, n. 2, 2012, p. 113- 132.
- HOFFMANN, G. R; AREND, L.M; SILVEIRA, J.C.B; BELLOMO, H.R. **Rio Grande do Sul: Aspectos da Geografia**. Porto Alegre, Martins Livreiro, 1997.
- MOREIRA, I. **O espaço Rio-Grandense**. São Paulo, Ática, 2003.
- MOURA, N.S.V. Sistemas de referência em Geomorfologia. UFSM, **Notas de Aula**, 05/nov., 2013.
- ROSS, J.L.S. **Geografia do Brasil**. São Paulo, Editora da USP, 2005.
- SIMIELLI, M. E. **Geoatlas**. São Paulo, Ática, 2009.
- VIEIRA, E. F. **Rio Grande, Geografia Física, Humana e Econômica**. Porto Alegre, Sagra, 1983.

## ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE FUSÃO DE IMAGENS ALOS E CBERS PARA MAPEAMENTO DE CICATRIZ DE MOVIMENTO DE MASS

GRAZIELA MAZIERO PINHEIRO BINI<sup>1</sup>  
SELMA REGINA ARANHA RIBEIRO<sup>2</sup>

1 Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC/PPGG  
geograzi@hotmail.com

2 Universidade Estadual de Ponta Grossa UEPG/PPGG  
selma.aranha@gmail.com

### Resumo

O presente trabalho faz um estudo sobre três diferentes métodos que podem ser aplicados para fusão de imagens orbitais. O processo de fusão ocorre pela combinação de imagens de satélite com diferentes sensores e é utilizado para melhorar o aproveitamento das informações contidas nas imagens. Tendo em vista a interpretação de imagens orbitais para estudos geomorfológicos, sempre existirá a preocupação com a riqueza de detalhes e, por isso, a necessidade de imagens de alta resolução espacial. Como nem sempre se dispõe gratuitamente de imagens de satélite de alta resolução espacial, o processo de fusão torna-se uma opção conveniente, com vistas a melhorar a resolução espacial, espectral, e a acurácia em trabalhos de mapeamento. Neste trabalho, foram fusionadas a imagem pancromática do satélite CBERS com resolução espacial de 2,5 metros com a imagem multiespectral do satélite ALOS, de resolução espacial é de 10 metros. Como resultado obteve-se três imagens híbridas decorrentes dos diferentes métodos de fusão executados. Com o intuito de identificar o método mais indicado ao mapeamento de cicatriz de movimentos de massa ocorridos no mês de novembro de 2008 no município de Gaspar – SC, foi realizado um comparativo das imagens fusionadas pelo processo *HSV*, *Color Normalize* e *Gran Smidt*. Pela análise visual das imagens híbridas, o método *HSV* apresentou melhor qualidade para fotointerpretação, assim como maior coerência com a realidade de campo.

**Palavras-chave:** Processamento de imagem de satélite. Fotointerpretação. Cicatriz de movimento de massa.

### Abstract

The present work makes a study about three different methods that can be applied in orbital images fusion. The fusion process occurs by satellite images combination with different sensors and it is used to improve the use of information contained in images. In view of the orbital images interpretation to geomorphological studies, will always be a concern with the wealth of details and, therefore, the need images of high spatial resolution. Since not always available free high spatial resolution satellite image, the fusion process becomes a convenient option in order to improve the spatial and spectral resolution and accuracy in mapping works. In this work, were fused the CBERS panchromatic satellite image with a spatial resolution of 2.5 meters with the ALOS multispectral satellite image, whose space

resolution is 10 meters. As a result we obtained three hybrid images resulting from different fusion methods performed. In order to identify the most suitable method to mapping scar mass movements in November 2008 in the city of Gaspar - SC , we performed a comparative images fused *HSV*, *Color Normalize* e *Gran Smidt* process. By visual analysis of hybrid images, the HSV method showed better quality for photo interpretation, as well as greater consistency with the field reality.

**Key-words:** Satellite image processing. Photointerpretation. Mass movement scar.

## 1. Introdução

*Movimento de massa* é definido como o deslocamento de solo ou material rochoso encosta abaixo, sendo influenciado pela gravidade (SELBY, 1993; BIGARELLA, 2007). Desde 1928 são registrados desastres a partir de acontecimentos de movimentos de massa (A. Filho, 1998), sendo os escorregamentos os acidentes geológicos mais graves e de maior ocorrência no Brasil (CERRI e AMARAL, 1998). Em razão disso, a preocupação em investigar, analisar e conhecer as geotecnologias que podem ser aplicadas aos estudos destes fenômenos tem sido o foco de discussão em muitas universidades, simpósios e congressos.

Uma das maneiras de investigar áreas suscetíveis a movimentos de massa é por meio do estudo de movimentos pretéritos, averiguando as características e condições do meio físico em que foi deflagrado o movimento. Para este estudo, por meio de retroanálise, é necessário mapear as cicatrizes do desastre.

Tal mapeamento pode ser executado mediante a vetorização da área da cicatriz que é um processo realizado pelo operador que de forma manual, contornando os limites da área ou de uma feição da imagem com o cursor, escolhendo a forma geométrica de polígono.

### 1.1 Uso de Imagem Híbrida para Mapeamentos de Cicatrizes de Movimentos de Massa

A carência de mapeamento nas várias escalas, principalmente em escala maior, no Brasil, decorre do fato da indisponibilidade de material, visto que imagens orbitais, as quais podem auxiliar para trabalhos de mapeamentos, acessíveis Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>



gratuitamente, abrangem resolução espacial média a pequena, gerando, portanto, mapas em escalas médias a pequenas, muitas vezes não adequada a mapeamentos geomorfológicos.

Para atender as necessidades do mapeamento de mais detalhe, fundamental para delimitar as cicatrizes de movimentos de massa, neste trabalho, foi utilizado três diferentes procedimentos de fusão de imagem orbital, buscando integrar dados de diferentes resoluções radiométricas, espaciais e espectrais.

Outros trabalhos de fusão dentro da mesma perspectiva foram desenvolvidos, como por exemplo, o de Marcelino (2003) que avaliou o uso da técnica de fusão de imagens para reconhecimento das cicatrizes de escorregamentos, concluindo que a fusão facilitou a identificação de cicatrizes no município de Caraguatatuba (São Paulo), Centeno e Ribeiro (2007) abordaram a técnica de fusão pelo método de substituição, intitulado de I1I2I3; Leonardi, Ortiz e Fonseca (2005) realizaram a comparação entre as técnicas de fusão de imagens por Componentes Principais, IHS e Transformada Wavelet para cenas da cidade do Rio de Janeiro, Rosa (2013), também verificou quatro diferentes métodos de fusão de imagem tendo em vista o estudo da paisagem.

A relevância da comparação das técnicas de fusão desdobra-se principalmente pela necessidade da elaboração de inventários dos movimentos de massa, utilizado por estudiosos para auxiliar no entendimento de fatores e mecanismos condicionantes a esse tipo de fenômeno perigoso. O inventário consiste em levantar e representar espacialmente as cicatrizes de desastres causados por movimentos de massa e devem trazer também dados como o tipo, a forma e o tamanho das cicatrizes (PARADISE, 2001). Dados como estes são de extrema importância para compreender as causas, modelar e validar futuros cenários de desastres.

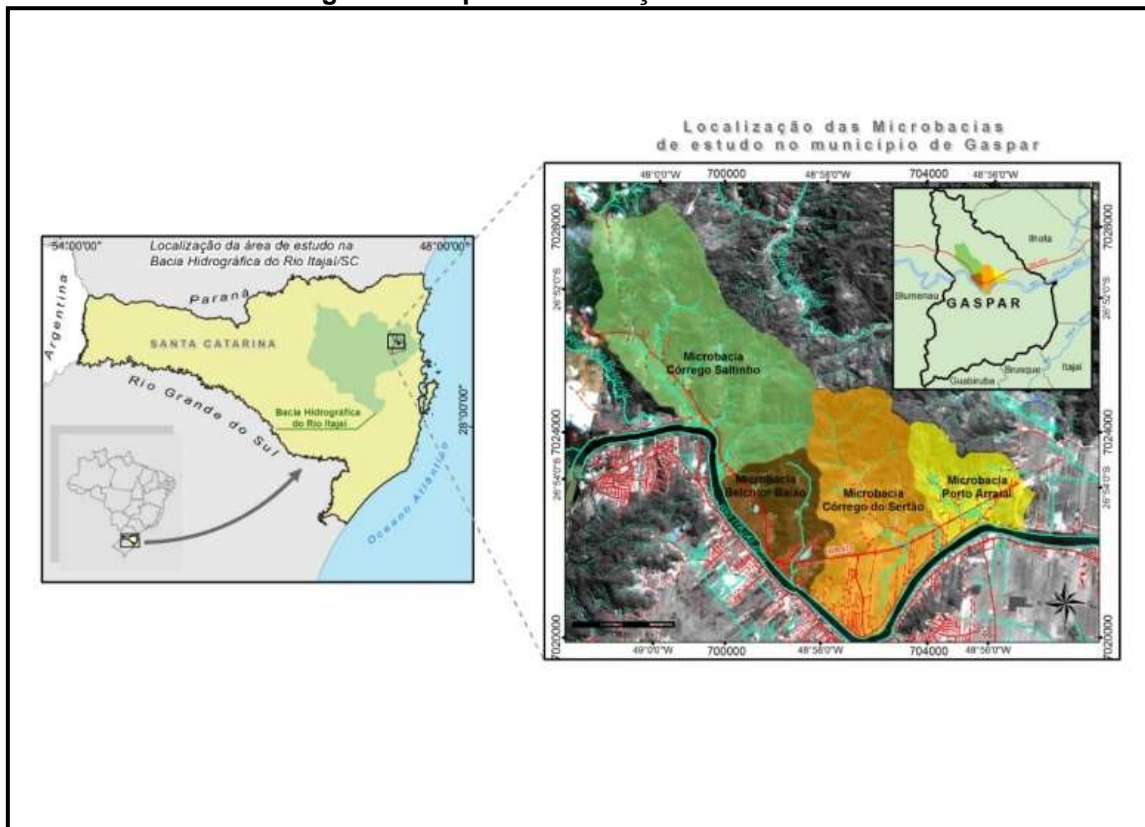
## 1.2 Localização da área de estudo

A área de estudo é composta pelas bacias dos Rios Saltinho, Belchior Baixo, Sertão Verde e Porto Arraial, localizadas no município de Gaspar, estado de Santa Catarina. Figura 1. A escolha da área decorreu em razão do desastre no ano de



2008, causado por movimentos de massa intensos que atingiram grandes extensões em área.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Elaboração (Bini, 2009).

## 2. Materiais e métodos

Exercendo função de eliminar erros de geometria que ocorrem devido ao movimento do satélite e aqueles determinados pela curvatura da Terra (Moreira, 2005) a transformação geométrica é considerada fundamental por corrigir distorções que poderiam originar inconsistência nos mapeamentos, no processo de delimitação e de determinação da área das cicatrizes. Nesta pesquisa, a transformação foi realizada por meio de coordenadas geográficas conhecida, utilizando 20 pontos de controle coletados na cena e dispersos nas imagens. A imagem base para correção da imagem ALOS foi a CBERS (pancromática) ortorretificada. O resultado da correção foi satisfatório e depois de corrigida adotou-se o sistema de projeção UTM, Datum SAD 69, fuso 22. Também realizou-se a correção atmosférica a fim de

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

minimizar os efeitos atmosféricos na radiância da cena. A técnica utilizada foi a do pixel escuro, que consiste em assumir o efeito de espalhamento atmosférico como espacialmente uniforme (Lillesand and Kiefer, 2000; Centeno, 2009).

## 2.1 Fusão de Imagens

Realizados os procedimentos de correção das imagens orbitais, foram aplicadas as diferentes técnicas de fusão para as imagens ALOS e CBERS.

A pesquisa utilizou para fundir a imagem orbital ALOS multiespectral com resolução espacial de 10 metros, referente ao mês de agosto de 2009 e a imagem CBERS na banda pancromática com resolução de 2,5 metros com data de 19 de abril de 2009. As duas imagens são mostradas na Figura 2.

Para unir informações das imagens citadas, três foram os métodos de fusão utilizados: *HSV*, *Color Normalized* e *Gram-Schmidt Spectral Sharpening*. Atualmente o programa de processamento digital de imagem “*Envi 4.7*” contempla os três métodos, portanto todos os procedimentos foram executados nele.

Figura 2 - Imagens originais ALOS e CBERS



a) Imagem ALOS



B) Imagem cbers

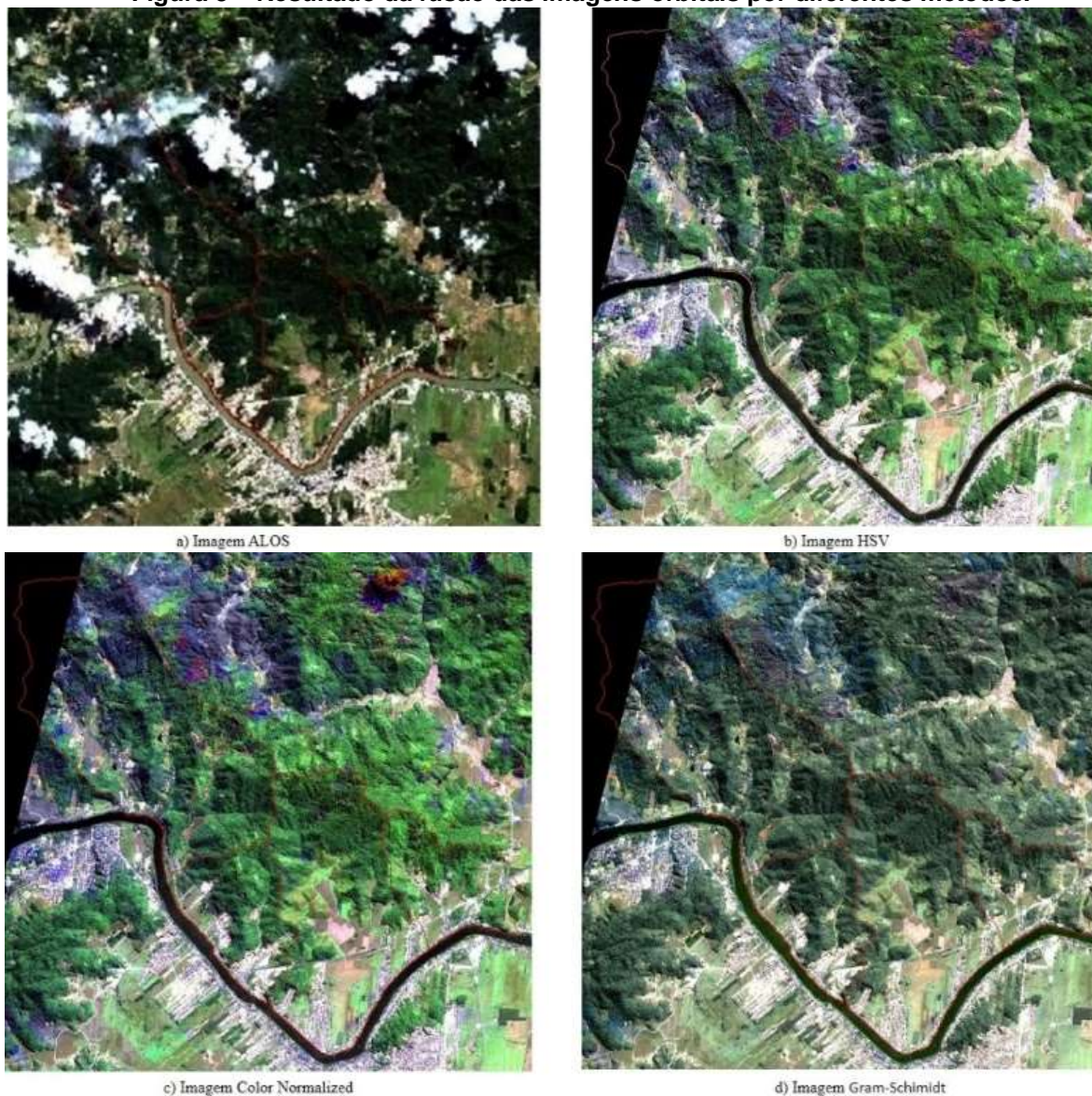
Fonte: Elaboração (Bini, 2009).



## 2.2 Imagens híbridas

O produto desses três métodos de fusão gerou imagens híbridas com resolução espacial de 2,5 metros Figura 3, onde: *a*, corresponde a imagem multiespectral original; e *b*, *c* e *d* mostram as imagens híbridas.

Figura 3 – Resultado da fusão das imagens orbitais por diferentes métodos.



Fonte: Elaboração (Bini, 2009).

### 2.3 Avaliação do padrão de exatidão cartográfica das imagens híbridas

Para verificar a acurácia da imagem híbrida foi realizado o teste de precisão em acordo com o decreto lei 89.817 que normatiza o Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC. Tal procedimento foi executado por meio de avaliação da correlação entre os pontos levantados a e os obtidos na imagem orbital.

Os pontos em campo foram coletados por meio de equipamento geodésico precisão de até 2,5 centímetros. As coordenadas coletadas e registradas pelo GPS foram lançadas na imagem base pancromática. Os mesmos locais de pontos coletados foram identificados na imagem fusionada pelo método HSV e então criada uma tabela para os pontos em campo e pontos na imagem.

A tabela de pontos foi utilizada para avaliação do padrão de exatidão cartográfica da imagem fusionada pelo método HSV. Para tanto, utilizou-se o software livre GeoPEC versão 2.1. A escala avaliada dentro do PEC para imagem original ALOS foi de mapeamentos de até 1:80.000 e para imagem fusionada a escala permitida é de até 1:3.500, ou seja, a fusão da imagem possibilitou elaborar mapas em escalas maiores onde os detalhes são melhores apurados. A diferença entre as escalas para mapeamento, provavelmente resultou ao fato de que a imagem original apresenta os pontos de controle em locais de difícil identificação devido à cobertura de nuvens presentes na imagem.

### 3. Resultados e discussões

Enfatizando o objetivo do trabalho que é a fusão para o mapeamento de cicatriz de movimentos de massa, foi escolhido um deslizamento rotacional que ilustra a área correspondente a uma cicatriz nas imagens fusionadas. Observa-se também, no canto esquerdo da figura, correspondente a área circulada em amarelo na figura central, a diferença das imagens híbridas para a imagem orbital original (ALOS) no que diz respeito às áreas cobertas por nuvens na imagem original (ALOS) (Figura 4: a, b, c, d, e, f, g, h).

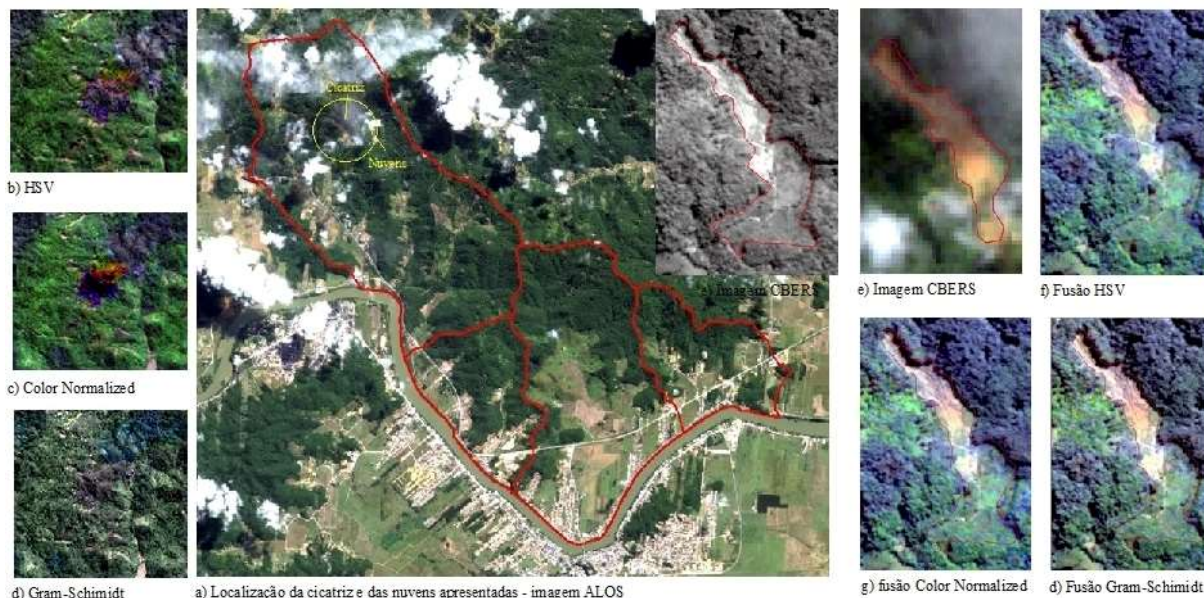
Dentre os resultados das imagens híbridas apresentadas verificou-se que, a mais indicada ao mapeamento de cicatrizes é a imagem processada pelo método HSV, o



qual mostrou acuidade visual considerável, apresentando maior da área atingida pelo movimento de massa (Figura 03). Na mesma figura também é passível de comparação a imagem original (ALOS) com o resultado das imagens fusionadas, e constatar que o resultado do método de fusão foi satisfatório, visto que a nova imagem criada é multiespectral assim como a imagem ALOS, porém numa escala de alta resolução espacial. Isso, permite dentro das normas para o PEC construir mapas em escalas de até 1:3.500 dentro do padrão de Classe A, enquanto que para a imagem ALOS avaliada dentro das especificações do PEC a escala permitida é de 1:80.000 Classe C. Tal avaliação foi realizada com base em doze pontos homólogos amostrados por sua posição nas respectivas imagens equivalentes aos pontos de campo coletados com GSP geodésico.

Outro resultado positivo que a técnica de fusão, neste caso a Gram-Schmidt apontou foi a melhor apresentação da imagem original para imagem hibrida no caso da análise visual de áreas cobertas por nuvens, como observado na figura 2 (a, b e c).

**Figura 4 – Características observadas a partir das imagens híbridas.**



Fonte: Elaboração (Bini, 2009).

## Referências

A. Filho, O. A.; Virgili, J. C. **Estabilidade de Taludes**. In: Oliveira, A. M. dos S.; Brito S. N. A. de. Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998, p. 243-269.

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

- Bigarella, João José. 2º ed. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007.
- Centeno, J.A.S. **Sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais**\_Ed.Curso de Pós graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009, 210p.
- Centeno, J. A. S.; Ribeiro, S. R. A. **Um método simplificado de fusão de imagens**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007. INPE, p. 5667-5673
- Cerri, L. E. da S.; Amaral, C. P. do. **Riscos Geológicos**. In: Oliveira, A. M. dos S.; Brito S. N. A. de. Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998.
- Fernandes, N. F.; Amaral, C. P. **Movimento de Massa: uma abordagem geológica – geomorfológica**. In: Guerra, A. J. T e Cunha, S. B da. Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- Lillesand, T.; Kiefer, R. **Remote sensing and image interpretation**. New York: John Wiley & sons, 2000. 724p.
- Marcelino, E. V.; Fonseca, L. M. G.; Ventura, F.; Rosa, A. N. C. S. **Evaluation fo IHS, PCA and Wavelet transform fusion techniques for the identification of Landslide scars using satellite data**. [CD-ROM]. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11, 2003, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 487-494.
- Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV, c2011. 422 p.
- Parise, M. **Landslide mapping techniques and their use in the assessment of the landslide hazard**. Physics and Chemistry of the Earth. Vol 26, no 9, p. 697-703, 2001.
- Rocha, G. C. **Riscos Ambientais: análise e mapeamento em Minas Gerais**. Juíz de Fora, Ed. UFJF, 2005. 126 p.
- Rosa, J. Z. **Geotecnologias aplicadas a análise de paisagens**. Ponta Grossa, Trabalho de Conclusão de Curso, UEPG, 2013, 48 p.
- Selby, M, J. **Hillslope Materials & Processes**. New York: Oxford University Press, 1993.



## **GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE E MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO-TO**

AION ANGELU FERRAZ SILVA<sup>1</sup>

1 Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG, *campus* Sabará

aion.silva@ifmg.edu.br

### **Resumo**

O presente trabalho buscou gerar informações sobre as variáveis geomorfológicas (hipsometria, declividade, orientação das vertentes e tipos de formas do terreno) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João, situada na porção sudeste do município de Porto Nacional-TO, através de técnicas de Geoprocessamento pelo *software* QGIS 2.6.1 na escala de 1:50.000. Os materiais utilizados para fazer essas análises foram os produtos de Sensoriamento Remoto do projeto SRTM e imagens Landsat 8 (resoluções espaciais de 30 e 15 metros, respectivamente). A área de estudo está situada na Depressão do Médio Tocantins e possui um relevo extremamente desgastado, com mais de 80% de sua área com baixo gradiente topográfico (80 metros) e com declividade majoritariamente planas a suave onduladas (83% da área). A exposição das vertentes possui direções bem distribuídas, mas com tendência a ocorrer nas direções dos quadrantes Oeste e Norte. As formas do terreno possuem principalmente características de Curvatura Vertical Côncava (70,7%) com Curvaturas Horizontais Convergentes (28,8%), Divergentes (27%) e Planares (14,9%). A partir dos dados obtidos foi possível definir as variáveis geomorfológicas, possibilitando vislumbrar uma nova visão sobre o relevo local.

**Palavras-chave:** Geomorfologia. Geoprocessamento. SRTM.

### **Abstract**

This study aimed to provide information about the geomorphological variables (hipsometria , slope , aspect of strands and types of landforms ) of the Watershed from Ribeirão São João, located in the southeastern portion from the city Porto National -TO, through technical geoprocessing by QGIS 2.6.1 software on the scale of 1: 50.000. The materials used to analyze were the Remote Sensing products from the SRTM project and the Landsat 8 images (spatial resolutions from 30 and 15 meters, respectively). The study area is located in the Middle Tocantins Depression and has an extremely worn relief, with more than 80 % of its area with low topographic gradient (80 meters) and with mostly flat slope to wavy smooth (83 % of the area ) . The exposure of the strands has well distributed directions, but with a tendency to occur in the directions of West and North quadrants. The terrain forms have mainly features Bend Vertical Concave (70,7%) with Bends Horizontal Convergence (28,8%) , Divergent (27%) and Planar (14,9%) . From the data obtained it was possible to define the geomorphological variables , and gives a glimpse new insight into the local relief .

**Key-words:** Geomorphology. Geoprocessing. SRTM.

## 1. Introdução

A geomorfologia é uma ciência que consiste em interpretar e compreender as diferentes formas do relevo, com o objetivo de entender os processos endógenos e exógenos nas fisionomias da superfície terrestre. Essa análise incorpora o necessário conhecimento do jogo de forças contrárias vinculadas pelas atividades tectogenéticas (estruturação) e mecanismos morfoclimáticos (esculpimento) registrado no decorrer do tempo geológico, além de sofrer a influência dos fatores de interação entre natureza e sociedade (CASSETI, 1995).

A geomorfologia é responsável pela compreensão do comportamento do relevo e, baseando-se na noção de “fisiologia da paisagem”, procura evidenciar, de uma forma dinâmica, as derivações ambientais resultantes do processo de apropriação e transformação do relevo pela ação antrópica (CASSETI, 2005).

Nas últimas décadas os estudos geomorfológicos receberam grande auxílio das mais modernas geotecnologias, ganhando grandes possibilidades de aperfeiçoar suas análises por meio dos sistemas de informações geográficas, a cartografia digital e, sobretudo, dos produtos oriundos do Sensoriamento Remoto orbital e suborbital. Conforme Nogueira et al. (2008) apontam, esses materiais e recursos são importantes subsídios nas mais diversas escalas de análise do relevo, desde a generalização em escalas regionais até o detalhamento da escala local.

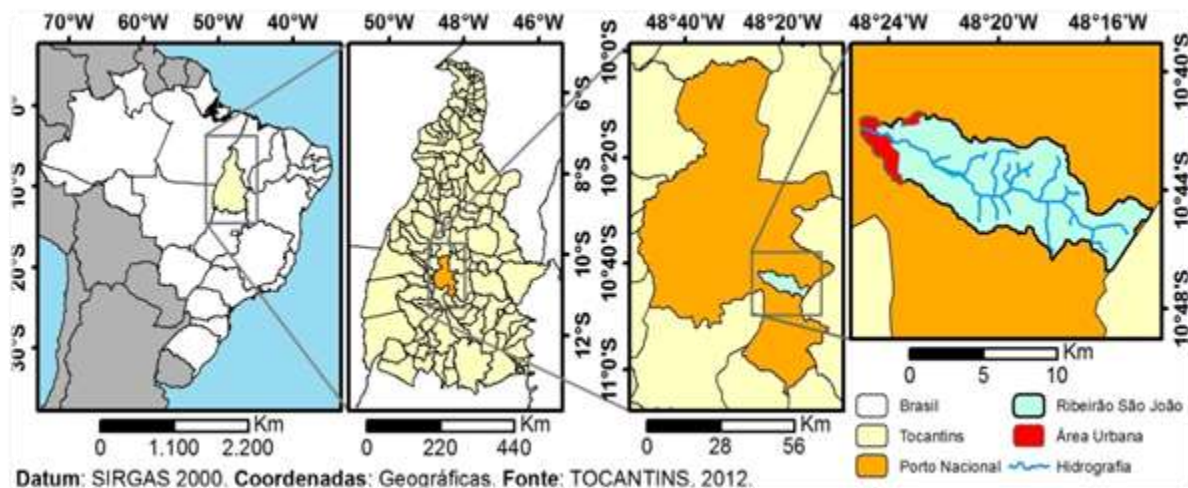
As diferentes formas de aquisição de dados (imagens de satélite, fotos aéreas e dados de radar) são fundamentais na elaboração de cartas geomorfológicas, pois possibilitam representar da forma mais fiel possível a realidade da paisagem física.

Mesmo diante dessa realidade ainda são escassos os estudos geomorfológicos no Estado do Tocantins em escalas maiores do que 1:100.000. Desse modo, o trabalho proposto tem como objetivo desenvolver uma análise do relevo através de técnicas de Geoprocessamento na escala cartográfica de 1:50.000 utilizando quatro variáveis geomorfológicas (Hipsometria, Declividade, Orientação e Formas do Terreno) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João.

A área de estudo localiza-se na porção sudeste do município de Porto Nacional, no Estado do Tocantins. A Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João está localizada entre os paralelos 10°46' e 20°41' de latitude sul e entre os meridianos 48°14'16" e

48°24'51" de longitude oeste (Figura 1). Possui área de 82 km<sup>2</sup> e sua foz está situada dentro da área urbana, sendo um contribuinte direto do Rio Tocantins.

Figura 1 - Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João



O embasamento geológico é constituído por rochas metamórficas (Complexo Porto Nacional e Grupo Natividade) e sedimentares (Grupo Canindé da Formação Pimenteiras), inseridas nas unidades geomorfológicas do Alto Tocantins e Serras de Santo Antônio/João Damião e apresentando cobertura pedológica constituída de Latossolos Vermelho-Escuros e Podzólicos Vermelho-Amarelos (SIPAM, 2005). O clima é tipicamente tropical, com média anual de temperatura de 26,1°C e média pluviométrica anual de 1667,9 mm, referentes ao período de 1961 a 1990. O período de concentração das chuvas ocorre entre os meses de Outubro e Abril e o período seco vai de Maio a Setembro (RAMOS et al., 2009).

## 2. Pressupostos teóricos

O Sensoriamento Remoto possui como definição básica a obtenção de informações de um objeto ou alvo sem que haja contato físico. Essas informações podem ser adquiridas de várias fontes diferentes, desde levantamentos fotográficos aéreos até imagens geradas por sensores orbitais (ROSA, 1992).

O Sensoriamento Remoto no Brasil apareceu com maior destaque pelo uso de imagens de radar aerotransportado para o levantamento dos recursos naturais do

Projeto Radam Brasil nas décadas de 1970 e 1980. Esse projeto foi um marco importante nos mapeamentos de geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso da terra, consolidando-se como uma ferramenta eficaz no mapeamento temático por representar uma nova forma de obtenção de informações, complementando a tradicional interpretação de dados aerofotogramétricos (SILVA et al., 2007).

A evolução das técnicas de aquisição de dados pelos sistemas sensores aumentou a qualidade espectral, radiométrica e espacial dos produtos derivados do Sensoriamento Remoto. Dentre os sensores com fins aos estudos geomorfológicos destaca-se o projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), que foi o uso de um radar estereoscópico acoplado ao ônibus espacial Endeavour com o objetivo de varrer durante 11 dias a superfície do planeta entre as latitudes 60°N e 56°S e gerar os dados digitais da topografia de 80% do globo (SMITH; SANDWELL, 2003).

Em 2002 a NASA começou a distribuir publicamente os dados do projeto SRTM com resolução espacial de 30 metros para os Estados Unidos e 90 metros para o restante do planeta (VALERIANO, 2004). No final de 2014 ocorreu a liberação dos dados originais do SRTM com resolução espacial de 30 metros para todo o planeta, possibilitando informações mais detalhadas sobre topografia global (USGS, 2015a).

Os dados do SRTM foram amplamente utilizados em diversos trabalhos que visavam averiguar a sua confiabilidade e exatidão. Foi constatado que em análises na escala de 1:50.000 os dados ainda possuem a garantia necessária para que seu uso seja empregado em estudos científicos, principalmente em regiões onde não existem mapeamentos em escalas superiores a 1:100.000, como é o caso da área de estudo (VALERIANO, 2004; SOUZA, 2006; DUARTE; ASSAD, 2007).

### 3. Metodologia de Trabalho

Primeiramente foi criando um Banco de Dados Geográfico no *software* QGIS 2.6.1, utilizando como Datum de referência o sistema SIRGAS 2000 e coordenadas de referência UTM Fuso 22 Sul. A vetorização dos limites da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João foi realizada pela interpretação dos divisores de água constantes na carta topográfica de Porto Nacional (folha SC.22-Z-B-VI) na escala de 1:100.000.

Com o objetivo de refinar os limites da bacia hidrográfica foram realizados ajustes em relação a imagem SRTM com 30 metros de resolução espacial (USGS, 2015a).

Para realizar as diversas análises sobre a imagem SRTM foram utilizados os algoritmos do GRASS no *software* QGIS, para definir quatro características geomorfológicas da área de estudo: hipsometria com equidistância de 40 metros; declividade pelo método da Grade Triangular de Delaunay e classificação da Embrapa (1999); exposição das vertentes; e formas do terreno com definição das curvaturas horizontais e verticais das vertentes. Também foi feita a atualização da hidrografia por meio da interpretação de imagens LANDSAT 8 com 15 metros de resolução espacial (USGS, 2015b), conforme proposta de Coelho (2008).

#### 4. Resultados e Discussão

Todas as quatro variáveis estudadas foram cartografadas para representar espacialmente a ocorrência e a distribuição dos seus fenômenos (Figura 2).

Na Figura 2A verifica-se que as cotas mais baixas, próxima ao exutório (213m a 252m), compreendem 10,2% da área total. A bacia possui relevo muito dissecado e com amplitude altimétrica de somente 80 metros (253m a 332m) em 81% de toda sua área. As áreas mais elevadas da bacia totalizam somente 8,7% da área (333m a 601m), representadas pelos divisores de água da bacia.

As Figuras 2B e 3 demonstram que a bacia possui baixa declividade em 83% de sua área, constituída de regiões planas (54%) a suavemente onduladas (29%). Isso evidencia o intenso grau de entalhamento do vale, resultado das ações erosivas que desgastaram o relevo. As áreas que concentram as declividades mais elevadas (ondulado com 10%; forte ondulado com 6% e Montanhoso com 1%) são aquelas que também possuem as maiores cotas altimétricas (divisores de água), como é o caso do iselberg do Morro São João ao norte, a Serra de Monte do Carmo a leste.

A espacialização e os percentuais ocupados pela orientação das vertentes (Figuras 2C e 4) mostram o predomínio das direções Norte e Nordeste além de Sul e Sudeste nas porções setentrional e meridional em relação à drenagem principal, respectivamente. As orientações Oeste e Noroeste estão despostas principalmente no limite leste (Serra de Monte do Carmo). As áreas planas foram 15% do total.



Figura 2 – Mapa Hipsométrico (A); Mapa de Declividade (B);  
Mapa de Orientação das Vertentes (C); Mapa de Formas do Terreno (D)

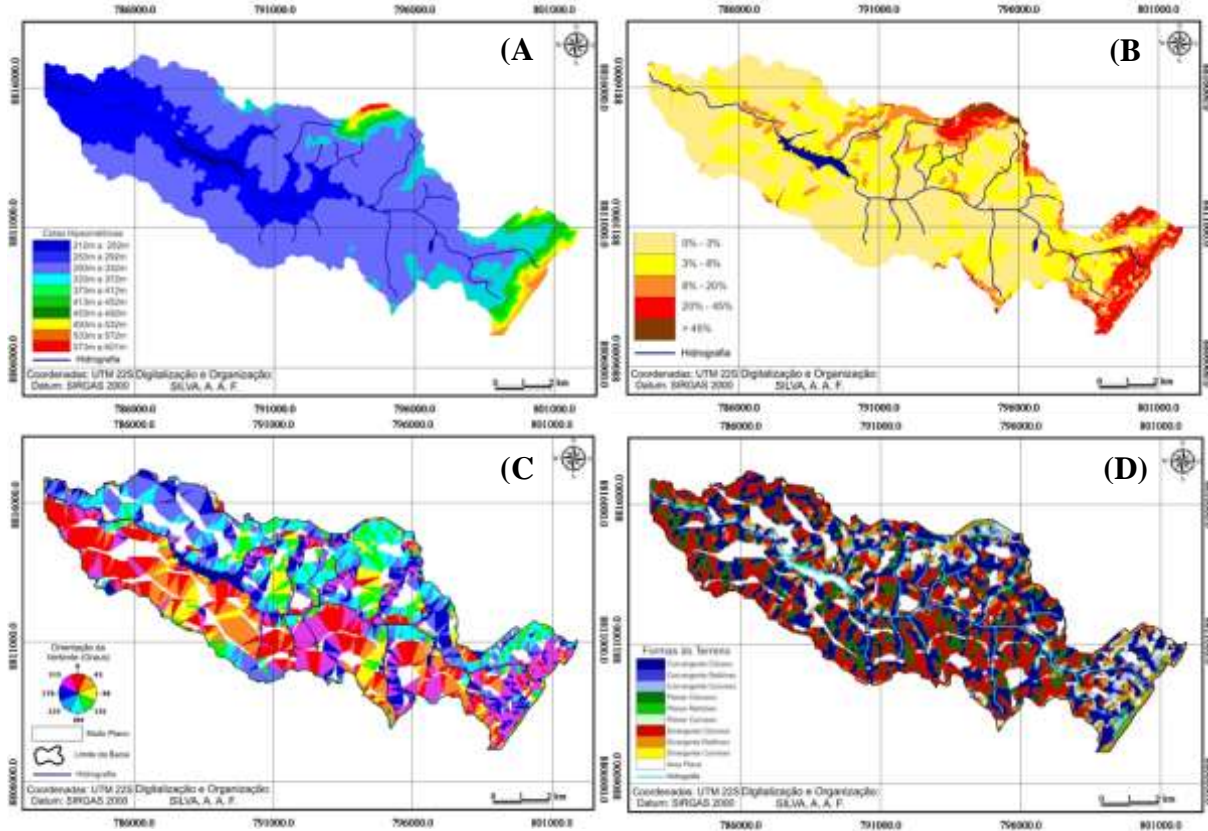


Figura 3 – Área ocupada  
pelas classes de declividade (%)

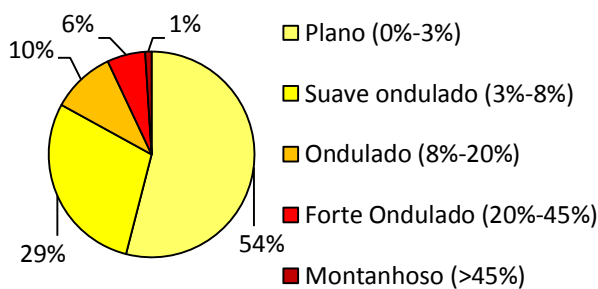
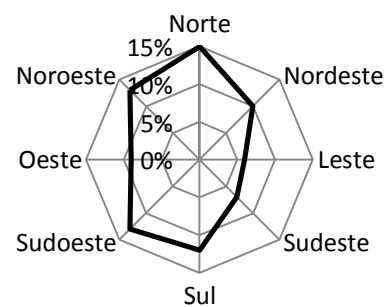


Figura 4 – Área ocupada  
pelas orientações das vertentes (%)


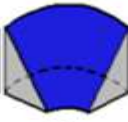
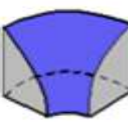
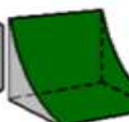
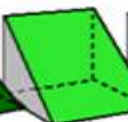
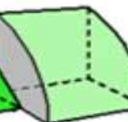





As formas de relevo presentes nas áreas de drenagens apontam o predomínio das curvaturas convergentes, principalmente a côncava, que representam como os talwegues condicionam os fluxos hidrográficos (Figura 2D e Quadro 1). As formas divergentes compreendem 33,9% da área, favorecendo a difusão radial do

escoamento e a infiltração da água no solo que recarrega os aquíferos subterrâneos. Nas áreas muito planas não ocorre nenhuma forma considerável de terreno (11,8%).

São as curvaturas das formas do relevo que vão condicionar a maneira como ocorre a erosão e o transporte de materiais. Sua forma está relacionada com o entalhamento dos vales e dos interflúvios que variam de acordo com a geometria de cada forma do terreno e do material sobre e sub superfície.

Quadro 1 – Porcentagem de área ocupada pelas formas de relevo

convergente			planar			divergente		
								
côncava	retilínea	convexa	côncava	retilínea	convexa	côncava	retilínea	convexa
28,8%	1,2%	3,8%	14,9%	1,8%	3,7%	27%	6,9%	0%

## 5. Considerações finais

O objetivo proposto para este trabalho foi mapear a hipsometria, a declividade, a orientação das vertentes, as formas do terreno e atualizar a cartografia da rede de drenagem, com o intuito de compreender parte da dinâmica geomorfológica local.

Estas análises foram possíveis através da análise de produtos do Sensoriamento Remoto juntamente com técnicas de geoprocessamento, proporcionando obter um novo panorama da complexa dinâmica do relevo na área estudada.

Embasado em trabalhos que já comprovaram a eficácia dos dados SRTM em estudos geomorfológicos, os resultados obtidos possibilitam realizar futuras classificações mais detalhadas desta importante bacia hidrográfica local.

## Referências

- Cassetti, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 1995.  
\_\_\_\_\_. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <[www.funape.org.br/geomorfologia/](http://www.funape.org.br/geomorfologia/)>. Acesso em: 20 jan. 2015.  
Coelho, A. L. N. Uso de dados srtm como ferramenta de apoio ao mapeamento geomorfológico de bacia de médio-grande porte. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2, n. 2, p.138-153, 2008.

- Duarte, G. G. F.; Assad, M. L. L. Avaliação de MDE Obtidos por Meio de SRTM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: INPE, 2007. p. 4849 - 4855.
- Embrapa. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 1999.
- Nogueira, T. C.; et al. Compartimentação morfológica com base em dados SRTM: estudo de caso Bacia do Rio Uberabinha, Uberlândia. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2, n. 2, p.154-169, 2008.
- Ramos, A. M.; et al (Org). **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília, DF: INMET, 2009.
- Rosa, R. **Introdução ao Sensoriamento remoto**. Uberlândia: Editora UFU, 1992.
- Smith, B.; Sandwell, D. Accuracy and resolution of shuttle radar topography mission data. **Geophysical Research Letters**, Washington, DC, v. 30, n. 9, p.20-24, mai 2003.
- Silva, J. E. B.; et al. A utilização dos modelos SRTM na interpretação geomorfológica: técnicas e tecnologia aplicadas ao mapeamento geomorfológico do território brasileiro. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIII, 2007, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: INPE, 2007. p. 4261-4266.
- Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM). **Base de Dados do Sipam - Centro Estadual de Usuários do Tocantins**. Povoamento das Bases de Dados da Amazônia Legal-Estado do Tocantins. Brasília: Presidência da República/Centro Gestor do Sistema de Proteção da Amazônia, 2004.
- Souza, J. M. Análise da Qualidade Cartográfica dos Dados da Shuttle Radar Topography Mission - SRTM. 2006. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- Tocantins (Estado). Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. Palmas,TO: SEPLAN, 2012.
- United State Geological Survey (USGS). **SRTM**. Disponível em: <[www.srtm.usgs.gov](http://www.srtm.usgs.gov)> Acesso em: 20 jan. 2015a
- \_\_\_\_\_. **Landsat Missions** Disponível em: < <http://landsat.usgs.gov/>> Acesso em: 20 jan. 2015b
- Valeriano, M. M. **Modelo Digital de Elevação com Dados SRTM Disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos: INPE, 2004. 72 p.

## IMPACTOS OBLÍQUOS E A GÊNESE DA ASSIMETRIA GEOMORFOLÓGICA DA CRATERA DE COLÔNIA (SÃO PAULO-SP) A PARTIR DE MORFOMETRIA E DADOS GEOFÍSICOS

ANDRÉ HENRIQUE BEZERRA DOS SANTOS<sup>1</sup>  
DÉBORAH DE OLIVEIRA<sup>2</sup>

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – *Campus São Paulo*

andresantos@usp.br

2 Universidade de São Paulo – USP

debolive@usp.br

### Resumo

O trabalho tem por objetivo avaliar a proveniência do projétil – cometa ou asteroide – que levou à formação da Cratera de Colônia a partir de um impacto oblíquo, isto é, com ângulo diferente de 90° em relação à superfície local. Tal evento, ocorrido de 5 a 36 Ma, produziu a cratera de impacto de 3,6 km de diâmetro, produzindo deformação das rochas da região, uma cavidade central e um anel de colinas circundante. Deduz-se trajetória oblíqua do projétil com base na topografia assimétrica da cratera, na forma plana ligeiramente elíptica e no deslocamento da cota mais profunda do embasamento da cratera em relação ao centro. Elabora-se uma descrição de elementos morfométricos do relevo da área e comparação dos mesmos com dados geofísicos. A partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE) criado a partir de carta topográfica de escala 1:10.000, obtêm-se parâmetros da cratera, como ajustamento a elipses e elipticidade, bem como perfis topográficos. Estudos geofísicos disponíveis são comparados com dados morfométricos para subsidiar a avaliação da proveniência do projétil. Os dados apresentados sugerem trajetória oblíqua com projétil proveniente de sudeste, o que não condiz com a topografia atual, a qual sugeriria proveniência de nordeste, tendo-se em vista as maiores elevações do anel de colinas a sudoeste.

**Palavras-chave:** Cratera de impacto. Morfometria. Craterização.

### Abstract

The study aims to assess the provenience of the projectile - comet or asteroid - which led to the formation of Colônia crater from an oblique impact, that is, with an angle different of 90° with respect to the local surface. This event, held between 5 to 36 Ma produced the impact crater 3.6 km in diameter, resulting in deformation of rocks in the region, producing a central cavity surrounded by a ring of hills. It has been deduced that the trajectory was oblique, based on the asymmetric topography of the crater, in slightly elliptical plain form and displacement of the deepest depth from the center. We produce a description of morphometric elements of the relief of the area and compare them with existent geophysical data. A Digital Elevation Model (DEM) created from topographic mapping at 1:10,000 scale led to specific morphometric parameters of the crater, as adjustment of ellipses and

ellipticity and topographic profiles. We compare geophysical studies applied in the area with morphometric data to support assessment of the projectile provenience. The data suggest oblique trajectory projectile from the southeast, which is not consistent with the current topography, which would suggest northeast provenience, considering the higher elevations of the hills southwest ring.

**Key-words:** Impact crater. Morphometry. Impact. cratering.

## 1. Introdução

Crateras de impacto são produzidas a partir da colisão de asteroides ou cometas contra a superfície terrestre. Formam-se por um conjunto de processos denominados por craterização (POMEROL et al., 2014), divididos nos estágios de contato e compressão, escavação e modificação nos quais há, respectivamente: transferência de energia cinética para o alvo e produção de ondas de choque; propagação de ondas de choque seguidas de escavação; colapso gravitacional, reduzindo a amplitude entre o topo da crista circular e a depressão (FRENCH, 1998).

A incidência desses objetos raramente ocorre próxima da vertical; o ângulo mais provável é de  $45^{\circ}$  em relação à superfície, considerando-se incidência aleatória (MELOSH, 1989). Conforme o autor, em impactos oblíquos, no estágio de contato e compressão, forma-se uma zona alongada de pressões mais elevadas na direção da trajetória do projétil, que se expande por ondas de choque que se propagam à mesma velocidade para todas as direções; a zona alongada evolui para uma zona circular antes da formação da borda da cratera, a qual também assume forma circular.

Crateras assim geradas podem tornar-se assimétricas em topografia. Gault e Wedekind (1978) demonstram experimentalmente que a zona de maior profundidade da cratera desloca-se para o sentido de proveniência do bólido e que há maior concentração de detritos no sentido oposto, tornando essa região mais elevada. A cobertura de detritos ejetados também se distribui de maneira irregular, com formação de zonas proibidas na direção de proveniência do projétil, porém tal pacote tende a desaparecer pelos processos erosivos em poucos milhares de anos (DENCE, 1972).





## 2. Metodologia

Elabora-se uma descrição de elementos morfométricos do relevo da área e comparação dos mesmos com dados geofísicos. Mensurações morfométricas são aplicadas a Modelos Digitais de Elevação (MDEs) criados a partir de cartas topográficas (EMPLASA, 1980), para obtenção de parâmetros específicos referentes à cratera, como ajustamento de elipses e comprimentos de eixo maior, eixo menor e razão eixo maior / eixo menor, e parâmetros gerais, como dados hipsométricos que levaram à produção de perfis topográficos.

Tais perfis são complementados com dados geológicos, para se avaliar possibilidade de controle litológico. Estudos geofísicos sumarizados por Riccomini et al. (2011) e Passos (1998) são comparados com perfis topográficos e demais dados morfométricos para se avaliar o sentido de proveniência do bólido.

## 3. Resultados e discussão

A cratera de Colônia divide-se em dois compartimentos principais: a Depressão Central e o Anel Colinoso (Figura 2).

**Figura 2 – Interior da cratera de Colônia, visto a partir da borda meridional. No primeiro plano, a Depressão Central; ao fundo, segmento setentrional do Anel Colinoso.**



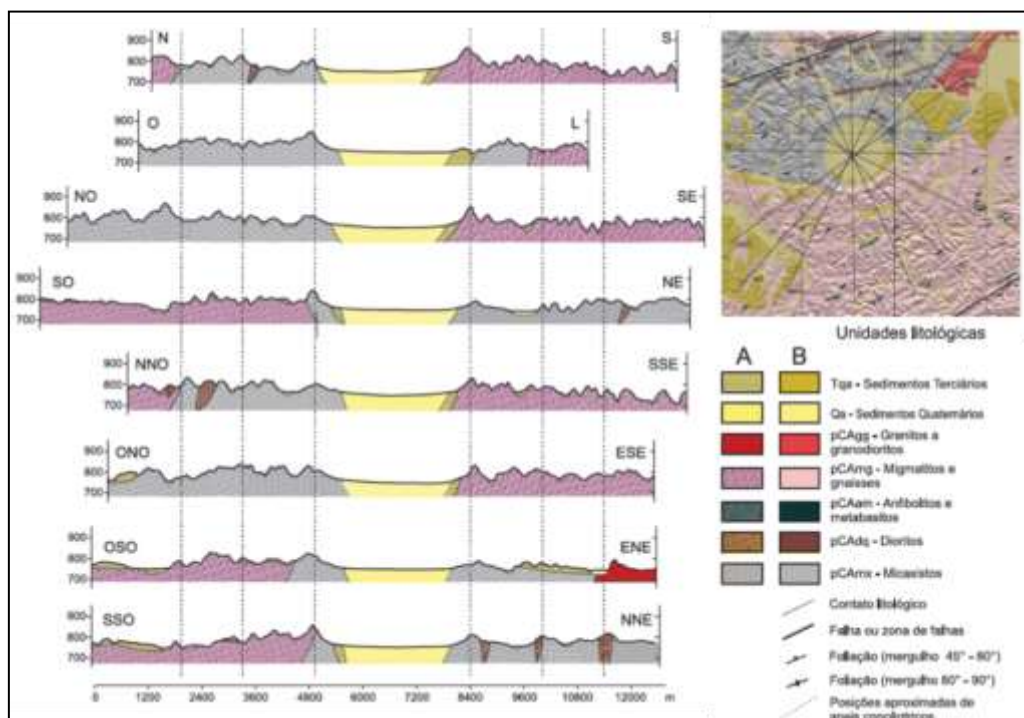
Obtida por: Santos, 2012.

A *Depressão Central da Cratera de Colônia* é elíptica, mais alongada a ENE (2.860 m x 2.620 m). Os níveis altimétricos, de 750 a 755 m na área central, Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

aumentam gradativamente para até 765 m, no contato com o anel colinoso. As declividades predominantes são inferiores a 5%, atingindo 10% nas rampas periféricas. O *Anel Colinoso* consiste de colinas com topos convexos, dispostas em um arranjo elíptico que circunda a depressão central. A unidade é mais alongada a ENE (3.678m x 3.555 m). O entalhe fluvial produziu rebaixamentos de 30 a 70 m em relação à cumeada. A leste, o entalhamento atingiu o nível regional, com formação do exutório de sua drenagem interna. A norte, os níveis dos cumes são de 790 e 815 m; a oeste, de 825 a 850 m; a sul, de 835 a 860 m; a leste, de 780 a 840 m (Figura 3). As direções de alongamento da Depressão Central e do Anel Colinoso coincidem com a direção regional dos alinhamentos estruturais: dobras, falhas, direção de mergulho e foliações.

Estudos magnetotelúricos e gravimétricos (RICCOMINI et al., 2011) indicam assimetria no contato entre sedimentos da cratera e o embasamento cristalino (Figura 4). A cota de maior profundidade do embasamento encontra-se deslocada para sudeste. Já Passos (1998) apresenta dados de anomalia Bouguer da região de Colônia, indicando alongamento do embasamento na direção SE-NW (Figura 5).

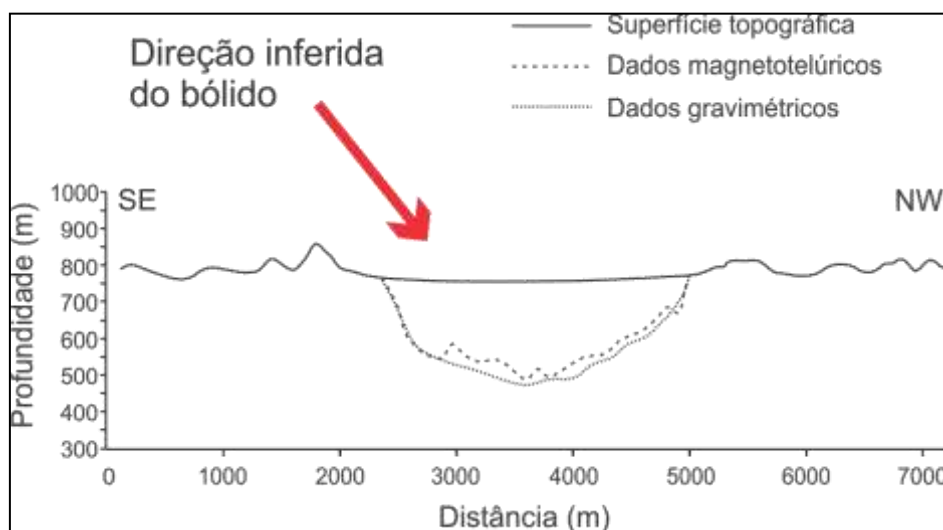
**Figura 3 – Perfis topográficos da cratera de Colônia, acrescidos de dados geológicos.**



Elaborado por Santos, 2013. Fonte dos dados: Emplasa (1980), Coutinho (1980).

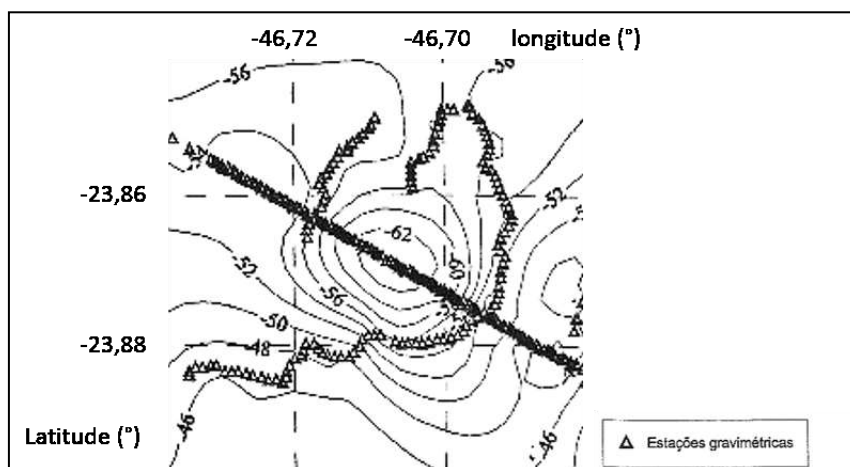
Os dados geofísicos permitem inferir proveniência de sudeste ou leste-sudeste para o projétil. No entanto, isso não se manifesta na paisagem atual, já que o setor nordeste da cratera é o mais rebaixado. Também não se sustenta a alegação de que a cratera teria sido produzida por um projétil proveniente de nordeste. Os dados geológicos também não permitem deduzir controle litológico da assimetria, uma vez que não há coincidência na distribuição entre as rochas da região (micaxistos, gnaisses e migmatitos) e cotas altimétricas mais elevadas ou mais rebaixadas.

**Figura 4 – Perfil topográfico da cratera de Colônia na direção SE-NW, acrescido de dados magnetotelúricos e gravimétricos.**



Elaborado por Santos, 2013. Fonte dos dados: apresentados por Riccomini et al. (1991).

**Figura 5 – Anomalia Bouguer na região de Colônia, em mGal.**



Fonte: Passos, 1998.



#### 4. Conclusão

Conclui-se que a Cratera de Colônia foi produzida a partir de um impacto oblíquo proveniente de sudeste ou de leste-sudeste, com base no deslocamento da zona de maior profundidade do embasamento da cratera para sudeste e na distribuição de valores de Anomalia Bouguer, alongada na direção leste-sudeste. O alongamento da elipse que melhor se ajusta à forma da cratera de impacto para leste-nordeste não corrobora essa conclusão e pode ter outra origem, como controle exercido pelas estruturas regionais de direção predominante leste-nordeste.

A topografia atual da cratera não se ajusta a essa direção de proveniência do projétil, pois a região mais elevada do anel soerguido está a sudeste. O mapeamento geológico atual da área não permite concluir que haja controle litológico da assimetria topográfica, embora mapeamentos mais detalhados possam trazer novas informações a respeito. Por fim, entende-se que a assimetria altimétrica deve ter sido produzida após o surgimento da cratera, seja por algum condicionamento litológico ainda não identificado, seja por taxas contrastantes de erosão em suas bordas.

#### Referências

- Coutinho, J.M.V. **Carta geológica da região metropolitana de São Paulo**, 1:100.000. São Paulo: Emplasa, 1980.
- Dence, M.R. The nature and significance of terrestrial impact structures. In: Congresso Internacional de Geologia, XXIV, 1972, Montreal. **Anais**, Montreal: IGC, 1972. Artigos, p. 77-89.
- EMPLASA. **Mapa Topográfico da Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo: 1980a. 16 mapas, 81 cm x 58 cm. Escala 1:10.000.
- French, B. M. **Traces of Catastrophe: a handbook of shock-metamorphic effects in terrestrial meteorite impact structures**. Houston: Lunar and Planetary Institute, 1998.
- Gault, D.E.; Wedekind, J.A. Experimental studies of oblique impact. In: Conferência de Ciência Lunar e Planetária, IX, 1978. **Anais**, Nova York: Pergamon, 1978. Artigos, p. 3843-3875.
- Google Maps. Disponível em <<http://maps.google.com>>. Acesso em 20 nov. 2014.
- Melosh, H.J. **Impact cratering: a geologic process**. Nova York: Oxford University Press, 1989.
- Passos, G.F. **Inversão gravimétrica 3D em termos de uma superfície entre dois meios homogêneos: Aplicação ao astroblema de Colônia (São Paulo/SP)**. 1998. 39 f. Trabalho de Graduação – IAG, Universidade de São Paulo.
- Pomerol, C.; Lagabrielle, Y.; Renard, M.; Guillot, S. **Princípios de Geologia: técnicas, modelos e teorias**. São Paulo, Bookman, 2013.
- Riccomini, C.; Turcq, B.; Martin, L.; Moreira, M.Z.; Lorscheitter, M.L. The Colônia Astrobleme, Brasil. **Revista IG**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 87-94, 1991.
- Riccomini, C, Crósta, A. P., Prado, R. L., Ledru, M. P., Turcq, B. J., Sant'Anna, L. G., Ferrari, J. A., Reimold, W. U. The Colônia structure, São Paulo, Brazil. **Meteoritics and Planetary Science**, v. 46, n. 11, p. 1630–1639, 2011.
- Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). **Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>





# Territórios Brasileiros: Dinâmicas, Potencialidades e Vulnerabilidades

28 de junho a 04 de julho de 2015  
Teresina - Piauí

Schultz, P.H.; Anderson, R.R. Asymmetry of the Manson impact structure: Evidence for impact angle and direction. **Geological Society of America: Special Paper**, v. 302, p. 397-417, 1996.

Velazquez, V. F., Riccomini, C., Sobrinho, J. M. A., Pletsch, M. A. J. S., Sallun, A. E. M., Sallun Filho, W., Hachiro, J. Evidence of schock metamorphism effects in allochthonous breccia deposits from the Colônia Crater, São Paulo, Brazil. **International Journal of Geosciences**, v. 4, p. 274-282, 2013.

## **Agradecimentos**

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de estudos concedida.

## MORFOCARACTERÍSTICAS NA FAIXA DE TRANSIÇÃO CUESTA-DEPRESSÃO PERIFÉRICA: ESTUDO DE CASO DE ANALÂNDIA (SP)

ESTÊVÃO BOTURA STEFANUTO<sup>1</sup>

CENIRA MARIA LUPINACCI DA CUNHA<sup>2</sup>

1 Universidade Estadual Paulista – UNESP/IGCE/DEPLAN  
estevao1508@hotmail.com

2 Universidade Estadual Paulista – UNESP/IGCE/DEPLAN  
cenira@rc.unesp.br

### Resumo

O relevo de cuesta se estende por parte da porção central do Estado de São Paulo apresentando como rumo à direção NE-SW, sendo acompanhado por uma larga depressão periférica que é demarcada desde Franca-SP à Ourinhos (SP). Apresenta-se como um relevo de destaque no modelado paulista, uma vez que abriga em sua extensão inúmeros morros testemunhos, percées e *fronts* abruptos. Assim buscar-se-á neste artigo discutir as morfofocarterísticas predominantes na faixa de transição cuesta-depressão periférica presente no interior do município de Analândia-SP, uma vez que a região apresenta escarpas de cuesta bem demarcadas com a presença de morros residuais que atestam a complexidade morfológica do local. Buscou-se por meio das cartas de: densidade de drenagem, profundidade de drenagem e clinográfica entender a referida dinâmica responsável pelo modelamento do relevo da área de estudo. A partir dos mapeamentos gerados constatou-se a intensa ação dos cursos fluviais no modelamento do relevo, sendo responsáveis pelo estreitamento de linhas de cumeada, recuo do *front* da cuesta e isolamento de áreas de possível formação de morros residuais, além de apresentarem trechos de meandramento com significativa quebra na energia de fluxo. Verificou-se também a ocorrência de discrepâncias litológicas provenientes dos derrames basálticos que se refletem na organização da morfologia.

**Palavras-chave:** Geomorfologia. Morfofocarterísticas. cuesta.

### Abstract

The cuesta relief extends along part of the central portion of São Paulo, heading its direction to “NE-SW” (Northeast- Southwest), being followed by a huge peripheral depression marked from Franca (SP) to Ourinhos (SP). It is presented as a highlighted relief from “Paulista Shape”, once it holds in its extension countless witnessing slopes, percées and abrupt fronts. Thus, it will be sought in such article to discuss prominent morphological characteristics on the peripheral cuesta-depression transition band inside the town of Analândia-SP, as the region has got cuesta scarps well defined with the presence of residual slopes which certifies the location’s morphological complexity. It has been sought by letters of: density draining, draining and clinographic profundity in order to understand the referred dynamic responsible for the shaping of the relief approached in this study. By generated mapping, it has been verified the intense action of the fluvial flows over the relief shaping, being in

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

charge of the cumeada lines tightening, the fronts wince, isolation from areas and possibly residual slopes formation, besides presenting meandering tracts with significant flow's energy break. It has been also checked the lithological differences from the basaltic shedding which reflects on morphology organization.

**Key-Words:** Geomorphology. Morphological characteristics. Cuesta.

## 1. Introdução

O relevo cuestiforme no Estado São Paulo abrange uma área de aproximadamente 14.000 km<sup>2</sup>, segundo Troppmair (2000, p. 62), e constitui-se em uma feição marcante do relevo paulista, sendo que em alguns pontos chega a ter, segundo Almeida (1974, p. 76), altitudes na ordem de 1200 m, como na divisa com Minas Gerais (serras Passa Quatro e Muzambinho). A área estudada nesse trabalho constitui-se em uma parcela do relevo cuestiforme, localizada no interior do município de Analândia (SP), entre as coordenadas geográficas: latitudes 22 ° 07' 26.3" S e 22 ° 06' 35.2" S e longitudes 47 ° 42' 47.7" W e 47 ° 42' 22.8" W, possuindo aproximadamente 109 km<sup>2</sup> de área e alcançando em alguns pontos altitudes acima de 1000 m.

O domínio estudado situa-se no interior do setor leste da Bacia Sedimentar do Paraná estando localizado, no que se refere à litologia, sobre os depósitos mesozóicos do Grupo São Bento, que é compreendido pelas formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral. Segundo Facincani (2000), a formação Serra Geral é responsável por gerar no front cuestiforme o formato festonado proveniente de intrusões basálticas.

Dessa forma, o objetivo desse artigo é compreender as morfocaracterísticas do setor cuestiforme de Analândia por meio da elaboração e análise de cartas morfométricas.

Assim realizou-se o levantamento de dados através de mapeamentos processados em meio automático, por meio do software ArcGis 9.2. Foram confeccionadas as cartas de Densidade de Drenagem, Profundidade de Drenagem e Clinográfica.

A partir dos mapeamentos, do levantamento bibliográfico e de idas a campo foram analisados alguns parâmetros morfocaracterísticos da área, sendo os mesmos expostos neste artigo.

## **2. Metodologia**

A metodologia utilizada neste projeto pautou-se na elaboração de mapeamentos de densidade de drenagem, profundidade de drenagem e clinografia, ocorrendo, após a confecção do material cartográfico, a compilação dos dados e sua análise a partir de um arcabouço teórico elucidado por meio do levantamento bibliográfico.

Utilizaram-se as técnicas propostas por Hubp (1988) para elaboração das cartas de densidade de drenagem e profundidade de drenagem e as técnicas expostas por De Biasi (1970; 1992) para elaboração da carta clinográfica, utilizando como base cartográfica as cartas disponibilizadas pelo IBGE de 1971, folha Corumbataí, escala 1:50.000.

### **2.1 Carta Clinográfica**

Inicialmente processou-se a interpolação dos valores altimétricos por meio da ferramenta TIN. Objetivando a maior qualidade do arquivo, o mesmo foi transformado para o formato Raster, minimizando desta forma generalizações no produto. Por fim inseriram-se as seis classes de altimetria já pré-definidas com suas respectivas cores.

Ao final do processamento observaram-se várias áreas de generalização (topos e fundos de vale), onde o software não possibilitou uma leitura clara. Assim foi realizada uma correção do produto gerado pelo método semi-automático desenvolvido por Sanchez (1993) por meio da utilização de um ábaco complementar. Ao final do processo de correção considera-se que os resultados apresentaram melhor qualidade.

## 2.2 Carta de Densidade de Drenagem

Primeiramente foi criado um banco de dados visando amenizar possíveis erros no processamento e calcular de forma automática o comprimento dos segmentos da drenagem.

Em seguida criou-se uma malha quadriculada visando à segmentação da drenagem no interior de cada quadricula, possibilitando assim a soma de cada segmento de drenagem que compõe uma determinada quadricula.

Com os valores somados, realizou-se o cálculo da densidade de drenagem, sendo os produtos adicionados a uma nova coluna da tabela de atributos representada por pontos centrais no interior das quadriculas.

Por fim foi realizada a interpolação linear dos valores da malha de pontos, gerando-se um arquivo TIN com os valores da densidade de drenagem previamente calculados. O arquivo TIN foi transformado para o formato Raster visando à melhor resolução do resultado final.

## 2.3 Carta de Profundidade de Drenagem

Primeiramente foi criado um Banco de Dados visando amenizar possíveis erros no processamento.

Em seguida criou-se uma malha quadriculada visando a identificação das altitudes máximas e mínimas expressas pelos valores das curvas de nível que compõe uma respectiva quadricula. Com os valores das quadriculas definidos foi possível efetuar o cálculo da profundidade da drenagem, por meio da subtração dos valores máximos e mínimos de altitude.

O valor calculado foi adicionado ao ponto central criado no interior de cada célula base.

Tais valores foram interpolados linearmente e adicionados na geração de um arquivo de origem TIN, onde os resultados foram evidenciados. Visando a melhor resolução do arquivo TIN, o mesmo foi transformado para o formato Raster.

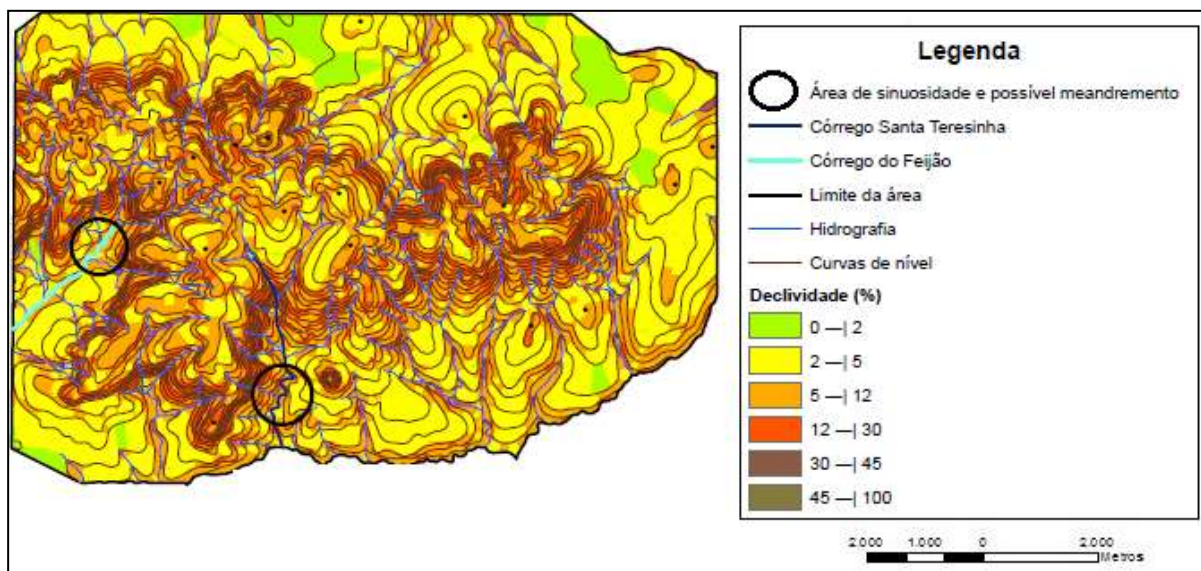


### 3. Resultados e discussão

As *cuestas*, de acordo Almeida (1974), tem como fator predominante de formação os derrames basálticos que dão origem a áreas do relevo de maior resistência aos agentes erosivos que são expressas por esporões e áreas de maior declividade.

Os *fronts* com elevada declividade são responsáveis por agregar alto grau de energia às drenagens devido ao fator gravitacional. Assim, as drenagens que tem origem e/ou possuem seus afluentes na região do front, teoricamente, adentrariam a área do tálus e sopé da *cuesta* carregadas de energia, podendo apresentar maior retilinidade por consequência da alta capacidade de erosão dessas águas. Na área circulada na Figura 1 é expresso algo oposto ao apresentado acima, sendo que o baixo curso do Córrego Santa Terezinha e o alto curso do Córrego do Feijão apresentam elevado grau de sinuosidade, havendo assim a possibilidade de ocorrerem meandramentos. As nascentes e os afluentes de ambos os córregos estão localizados no *front* cuestiforme e ao adentrarem a área do tálus apresentam uma energia do fluxo que permite tal sinuosidade em ambos os córregos.

**Figura 1: Carta Clinográfica e áreas de sinuosidade das drenagens**



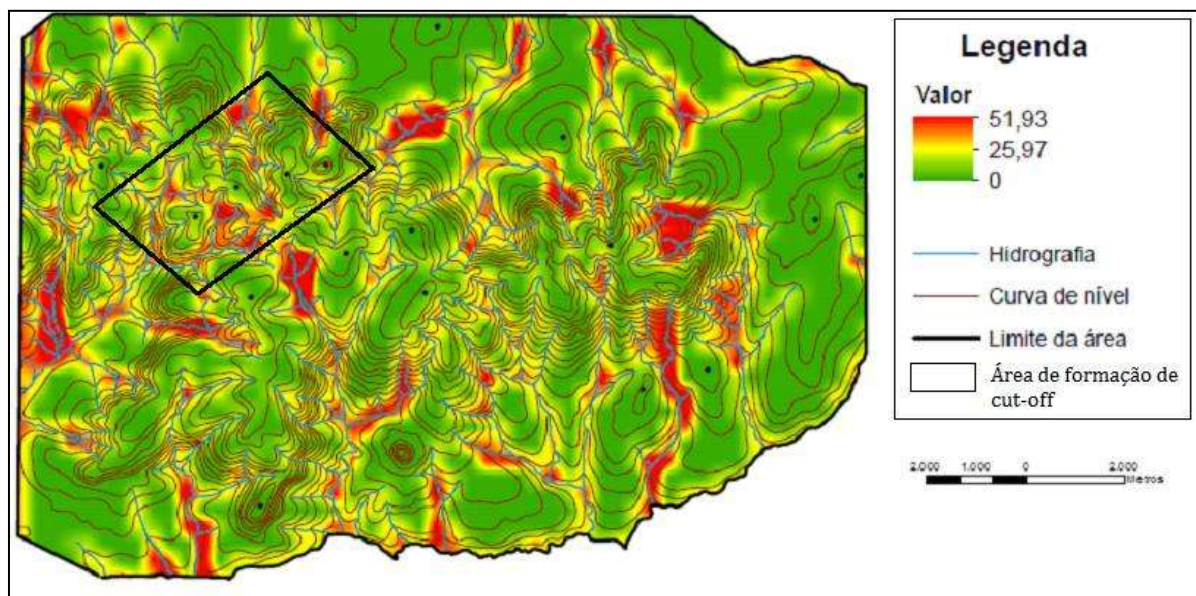
Fonte: Stefanuto, 2015

Constatou-se, por meio do mapeamento de Densidade de Drenagem (Figura 2), que as áreas onde o *front* cuestasiforme apresenta-se mais recuado correlacionam-se com as áreas onde a densidade de drenagem é mais elevada. Assim é possível afirmar que os cursos fluviais constituem-se em agente erosivo importante para a esculturação do relevo da área de estudo.

Alguns locais são marcados pela alta densidade de drenagem, chegando próximo aos valores máximos estipulados na legenda da Figura 2. Compreende-se ainda que quanto maior a densidade de drenagem maior será a erosão que atuará sobre o referido relevo; sendo assim a intensa ação dos canais fluviais pode ser compreendida, neste caso, a partir do estreitamento das linhas de cumeeada.

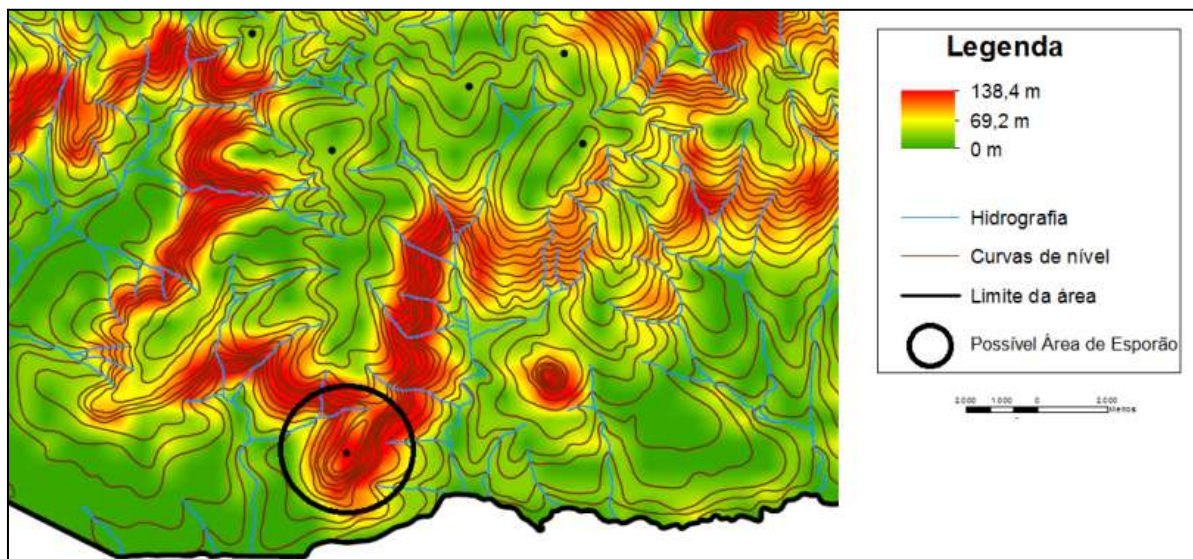
Na área apresentada pelo quadro na Figura 2 identificou-se um incisivo estreitamente da linha de cumeeada. Assim de acordo com os dados formulados nesta pesquisa o isolamento da área exemplificada aponta para uma possibilidade de formação de um morro testemunho de grande porte na Serra do Cuscuzeiro. A possibilidade é indicada ao se constatar a alta densidade de drenagem e a probabilidade de ocorrência de capturas (cabeceiras dos rios distantes em média 159 metros umas das outras) na possível área de cisão do relevo ou de formação do *cut-off* definida acima.

Figura 2 – Carta de Densidade de Drenagem



Fonte: Stefanuto (2015).

**Figura 3: Carta de profundidade de dissecação de trecho onde se evidencia a evolução de um esporão, a sudoeste da área pesquisada.**



Fonte: Stefanuto (2015).

A variabilidade da resistência dos materiais que constituem o relevo da área estudada também gera um intenso festonamento do *front* cuestiforme. Assim, o esporão apresentado na Figura 3 evidencia uma área de menor fragilidade do relevo, uma vez que se constitui em uma área de alta declividade e que possui uma profundidade de drenagem na ordem de 138 metros. Assim podemos classificar tal área como uma verdadeira saliência no relevo da região, na qual os agentes erosivos, expressos principalmente pelas drenagens, apresentam dificuldade em esculpir o pacote rochoso da área.

#### 4. Considerações finais

Este artigo apresentou o levantamento de algumas hipóteses sobre a evolução do relevo da área estudada, estabelecidas através da análise dos mapeamentos realizados e das bibliografias sobre o assunto.



Assim, foi possível verificar que o front cuestasiforme possui características variadas na área de estudo. Alguns setores são bastante íngremes e com alta densidade de drenagem e profundidade de dissecação; já outros são mais suavizados, com menor densidade e profundidade. Esses fatos apontam para variações na resistência das litologias, assim como para diferenciações na frequência e intensidade das estruturas falhadas e fraturadas na região.

## Referências

- ALMEIDA, Fernando Flavio Marques de. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. São Paulo: IGEOG, 1974. 99 p.
- DE BIASI, Mário. A carta clinográfica: Os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**. São Paulo, n. 6, p. 45-60, 1992.
- DE BIASI, Mário. Cartas de declividade: confecção e utilização. **Geomorfologia**. São Paulo, n. 21, p. 8-13, 1970.
- FACINCANI, E. M. Morfotectônica da depressão periférica paulista e cuesta basáltica: regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba, SP. 2000. 222 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- HUBP, José I. Lugo. **Elementos de Geomorfologia Aplicada** (Metodos Cartograficos). México D.F.: Universidad Nacional Autonoma de México, 1988. 128 p.
- SANCHEZ, Miguel C. A propósito das cartas de declividade. In: V Simposio de Geografia Física Aplicada, 1993, São Paulo. p. 311-314, 1993.
- TROPPMAIR, Helmut. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro: Helmut Troppmair, 2000. 107 p.

## Agradecimentos

À FAPESP, processo Nº 2014/11697-5, pelo financiamento; À Profª Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha, pela dedicação e auxílio; Aos colegas de trabalho Leandro de Godoy Pinton e Ramon Lucato Aguillar.

## MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DO ARQUIPÉLAGO DO EMBAUBAL, FOZ DO RIO XINGU – AMAZÔNIA ORIENTAL

EDER MILENO SILVA DE PAULA<sup>1</sup>  
ADRYANE GORAYEB<sup>2</sup>

1 Universidade Federal do Pará – UFPA/Campus de Altamira  
edermileno@ufpa.br

2 Universidade Federal do Ceará – UFC/PPGGEO  
adryanegorayeb@yahoo.com.br

### Resumo

Conhecer as formas e os processos atuantes na elaboração do relevo permite avaliar níveis de estabilidade da paisagem, e, conseqüentemente, discernir sobre a sua capacidade de suporte as ações humanas. O mapeamento geomorfológico é componente base no entendimento geossistêmico das paisagens para fins de planejamento ambiental. A área de estudo, o Arquipélago do Embaubal localiza-se na foz do rio Xingu, constituindo um ambiente fluvial formado por processos deposicionais e erosivos. O objetivo da pesquisa foi elaborar o mapeamento geomorfológico de feições terrestres e subaquáticas utilizando técnicas de processamento e classificação digital de imagens nas regiões do visível e infravermelho do espectro eletromagnético. Dentre as técnicas de processamento de imagens disponíveis no SPRING5.2.6, utilizou-se os contrastes, filtros, operações aritméticas entre imagens, classificação supervisionada e reclassificação temática, sendo que as informações resultantes dos processamentos das imagens Landsat foram confrontadas com as informações obtidas nas pesquisas bibliográficas, documentais e visitas técnicas a campo. A metodologia permitiu o mapeamento das feições planícies insulares inundáveis, praias temporárias e depósitos de canal submersos. A aplicação de filtro na faixa do vermelho do espectro eletromagnético permite interpretar e mapear feições geomorfológicas submersas em áreas extensas e com constituintes orgânicos e inorgânicos dissolvidos sem a necessidade de levantamentos batimétricos. A metodologia também permite o mapeamento da evolução geomorfológica de trechos de rios com características semelhantes ao encontrado no rio Xingu.

**Palavras-chave:** Geomorfologia. SIG. Sensoriamento Remoto.

### Abstract

Know the forms and processes active in relief development allows the assessment landscape stability levels, and consequently discern its support capacity human actions. The geomorphological mapping is based component on the geosystemic understanding of landscapes for the purpose of environmental planning. The study area, the Embaubal Archipelago is located in the estuary of the Xingu River, a fluvial environment formed by depositional and erosional processes. The objective of the research was to elaborate geomorphological mapping of land and underwater features using processing techniques and classification of digital images in regions of the visible and infrared



electromagnetic spectrum. Among the imaging techniques available in SPRING5.2.6, we used the contrasts, filters, arithmetic operations between images, supervised classification and reclassification thematic, since the information from the processing of Landsat images were compared to information obtained from the literature searches, documentary and technical field visitations. The methodology allowed the mapping of features flooded island plains, temporary beaches and submerged channel deposits. The filter application in the red range of the electromagnetic spectrum allows interpret and map submerged features over large areas with organic and inorganic constituents dissolved without the need for bathymetric surveys. The methodology also allows the mapping of geomorphological evolution of stretches of rivers with similar characteristics to the Xingu river.

**Key-words:** Geomorphology. GIS. Remote Sensing.

## 1. Introdução

Compreender as formas do relevo e os processos atuantes na sua elaboração, permite avaliar níveis de estabilidade da paisagem (Tricart, 1977), e, conseqüentemente, discernir sobre a sua capacidade de suporte as ações humanas (Souza, 1998). Assim, o mapeamento geomorfológico torna-se componente base no entendimento geossistêmico das paisagens para fins de planejamento ambiental. Esse artigo tem como objetivo demonstrar proposta metodológica envolvendo técnicas de processamento e classificação de imagens da região do visível e infravermelho para interpretação e mapeamento geomorfológico de feições terrestres e subaquáticas em áreas extensas. A aplicação dessa metodologia somado a periodicidade de informações possíveis nos sensores orbitais, permiti a elaboração de estudos evolutivos de relevo submerso e terrestre, sem necessitar de métodos de levantamentos batimétricos, por vezes dispendiosos de recursos econômicos e de tempo.

Selecionou-se para aplicação metodológica trecho do rio Xingu na Amazônia Oriental, que contém o Arquipélago do Embaubal. Esse trecho de rio é considerado uma ria (Brasil, 1974) efetivada pelo soerguimento do mar, que provoca diminuição substancial da velocidade do rio fazendo que o mesmo deposite sua carga de sedimentos suspensos (Jensen, 2011) formando planícies inundáveis e depósitos de canal temporários.

A montante desse trecho de rio estão em construção barramentos, canais, diques, reservatórios, dentre outras obras para aproveitamento hidrelétrico. E a exemplo de outras obras com barramento do fluxo fluvial natural, o rio Xingu com a construção do Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte, terá uma nova dinâmica geomorfológica (Makkaveyev, 1972; Cunha, 2008). Assim, além da descrição do percurso metodológico para o mapeamento das feições geomorfológicas, essa pesquisa pode apoiar as ações de planejamento e de gestão ambiental deste trecho do rio Xingu.

## 2. Métodos e Técnicas

A pesquisa contou com três etapas principais: Pesquisa Bibliográfica e Documental; Visitas Técnicas a Campo; Realce e Classificação das Feições Geomorfológicas.

Concordando com Florenzano (2008) sobre interpretação de imagens, para identificação das feições geomorfológicas mostrou-se necessário conhecimento conceitual e prático relacionado ao Sensoriamento Remoto e à Geomorfologia Fluvial, assim como conhecimentos de especificidades locais.

Foram realizadas visitas à área de estudo nos anos de 2011 e 2012 para reconhecimento das feições em períodos de inundação (dezembro a julho) e em nível mínimo normal (agosto a novembro). Teve-se como referências documentais os mapeamentos geológico e geomorfológico do Projeto RADAM (Brasil, 1974) e o mapeamento geológico do Programa Geológico Brasileiro (Brasil, 2004). Christofletti (1980), Cunha (2008), Novo (2008b), Jensen (2011) e IBGE (2009) balizaram o conhecimento sobre mapeamento geomorfológico.

Nesta pesquisa escolheu-se imagens do acervo do programa LANDSAT, em acordo com a escala de mapeamento escolhida, 1:100.000. Utilizou-se parte da cena 225/062 do dia juliano 185 (4 de julho) de 2011 com correção geométrica do sensor TM (Thematic Mapper) do satélite LANDSAT 5, a qual possui baixa presença de nuvens e corresponde a data/período do levantamento de campo.

As imagens passaram por correções radiométricas e atmosférica de acordo com os parâmetros e fórmulas indicados em Chander, Markham e Helder (2009). Foram

aplicadas técnicas para realce de feições disponíveis no SPRING 5.2.6, tais como: contrastes, filtros e operações aritméticas entre imagens. E selecionaram-se os produtos que permitiram a melhor discriminação das feições submersas e terrestres.

Das técnicas de realce experimentadas, somente a aplicação de Filtro e de Contraste resultou em produtos úteis para o mapeamento das feições geomorfológicas subaquáticas temporárias ou permanentes.

Dos contrastes implementados no SPRING 5.2.6, o algoritmo Equalização de Histograma foi o que permitiu a melhor identificação visual dos alvos submersos, e mostrou que a Banda 3 (faixa do vermelho) detém registros mais detalhados das feições submersas, em relação as demais bandas.

A aplicação do Filtro Linear Passa Baixa Média 5x5 na faixa do vermelho permitiu atenuar os efeitos de ruídos provocado pela diferença de sensibilidade dos detectores do sensor remoto, e preservou os componentes de baixa frequência, ou seja, realçou as feições submersas.

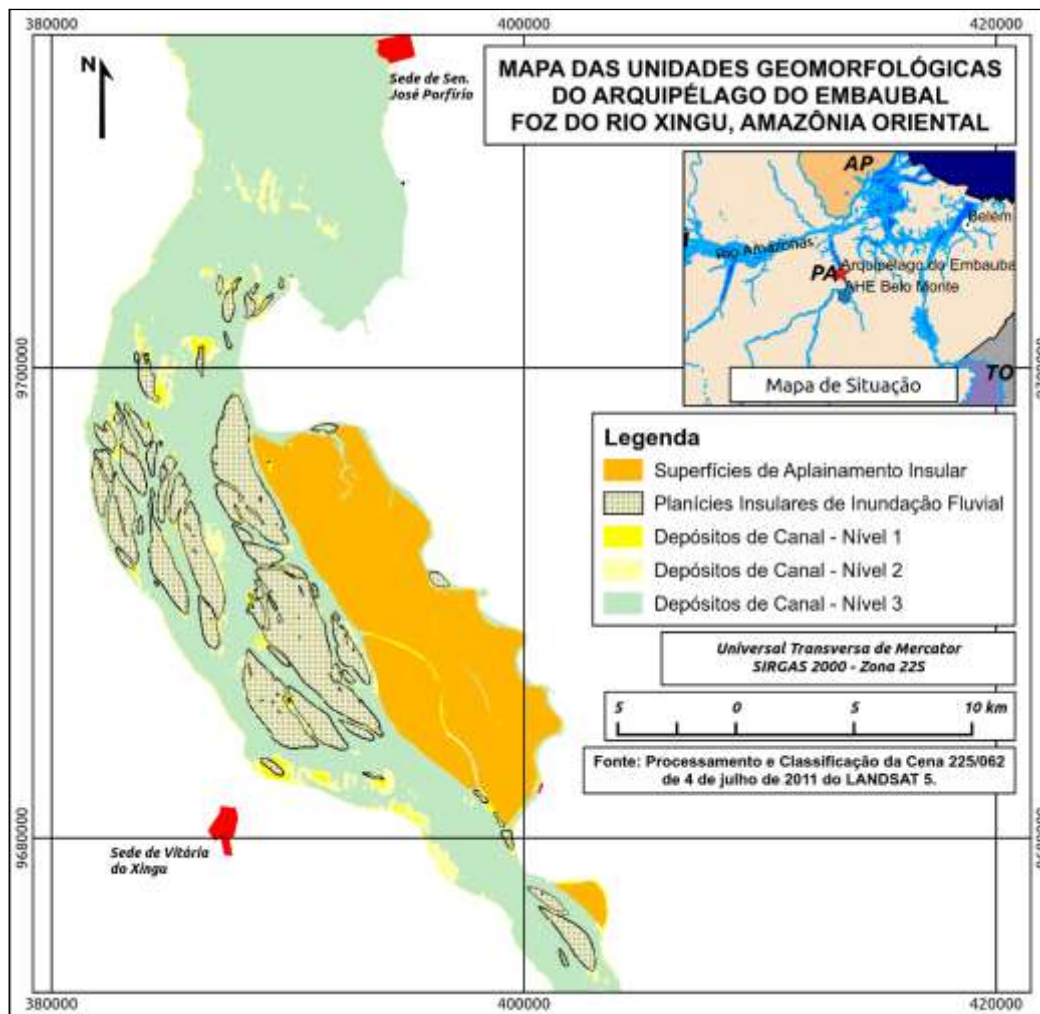
A distinção das feições dos limites das feições terrestres foi realizada através de operações aritméticas entre as faixas do vermelho e infravermelho do espectro eletromagnético, respectivamente as bandas 3 e 4 do sensor TM do LANDSAT 5, e reclassificação temática de acordo com documentos cartográficos do projeto RADAM.

Calculou-se o Índice de Vegetação De Diferença Normalizada (NDVI), o qual proporciona imagem com valores que variam entre -1 e 1, e aumento do contraste espectral entre a vegetação e o solo.

### **3. Resultados e Discussões**

A Figura 1 representa o mapeamento resultante da aplicação metodológica, onde foram mapeadas 5 unidades geomorfológicas: Superfícies de Aplainamento Insular; Planícies Insular de Inundação Fluvial; Depósitos de Canal de Nível 1, Depósitos de Canal de Nível 2 e Depósitos de Canal de Nível 3.

Figura 1 – Mapa das Unidades Geomorfológicas do Arquipélago do Embaubal.



Na Tabela 1 tem-se a área de cada unidade geomorfológica mapeada para área de estudo, e pode-se observar um equilíbrio nos processos de formação do arquipélago, com parte das ilhas sendo formadas principalmente por processos de erosivos, e a outra parte, por processos de acumulação.

As áreas mapeadas como Superfícies de Aplainamento Insular, tratam-se de ilhas de formação erosiva em rochas sedimentares do Terciário, rochas da Formação Barreiras (Brasil, 2004), com cobertura vegetal arbórea, arbustiva e herbácea típicas de várzeas da Amazônia oriental. Estas áreas foram nitidamente desagregadas do continente, ou seja, foram transformadas em ilhas, pelo entalhamento promovido por rios, como igarapé Tamanduazinho, na margem direita

do rio Xingu, aliado ao processo de soerguimento das águas do oceano atlântico, que elevam o nível de base local.

As Superfícies de Aplainamento Insular são parcialmente ou totalmente inundadas durante os períodos de cheias do rio Xingu.

As Planícies Insulares de Inundação Fluviais constituem os depósitos de canais mais antigos na área de estudo, constituídos por sedimentos Quaternários cobertos por vegetação arbórea e arbustiva de várzea típicas da amazônia oriental. São periodicamente inundados pelas águas do rio Xingu no período de cheias. E é no entorno dessas planícies insulares que se formam as praias temporárias insulares.

**Tabela 1 – Área das Unidades Geomorfológicas do Arquipélago do Embaubal.**

Unidade Geomorfológica	Área (km <sup>2</sup> )
Superfícies de Aplainamento Insular	85,9
Planícies Insulares de Inundação Fluvial	61,8
Depósitos de Canal – Nível 1	7,56
Depósitos de Canal – Nível 2	18,9
Depósitos de Canal – Nível 3	247,98
<b>Total</b>	<b>422,14</b>

As praias temporárias insulares estão contidas na classe Depósitos de Canal – Nível 1, que está localizada no entorno das ilhas fluviais e nas margens do rio Xingu. Surgem no período de vazante dos rios, e são constituídas por sedimentos quartzosos. Essas praias poderiam ser mapeadas sem a necessidade de realce de feições no período de nível mínimo do rio Xingu, porém imagens na região espectral do visível com cobertura de nuvens adequada para execução do mapeamento no período de vazante são raras em virtude da alta cobertura de nuvens no período.

Depósitos de Canal - Nível 2 constituem locais de deposição sedimentar temporários ou permanentes que podem originar novas praias fluviais (Novo, 2008). E os Depósitos de Canal - Nível 3 correspondem à região de maior profundidade do canal com processos erosivos mais atuantes.



#### 4. Conclusões

Através do processamento e classificação de imagens na faixa do vermelho da região do visível, para águas com constituintes orgânicos e inorgânicos dissolvidos, é possível interpretar e mapear feições geomorfológicas submersas em áreas extensas sem auxílio de tecnologias como SONAR e LIDAR.

A simples aplicação de contraste permitiu a distinção da faixa mais adequada para o mapeamento das feições geomorfológica submersas. O uso do Filtro Linear Passa Baixa Média na faixa do vermelho permitiu atenuar os efeitos de ruídos provocados pela diferença de sensibilidade dos detectores do sensor remoto, e preservou os componentes de baixa frequência.

Apesar da qualidade dos dados oriundos dos sensores remotos e do nível tecnológico atual dos SIG's, é essencial a análise de documento cartográficos de outras épocas e escalas de mapeamento, assim como visitas técnicas de campo.

A metodologia dessa pesquisa proporciona mapeamentos que podem auxiliar a navegação e o planejamento ambiental, embora não podendo ser utilizados de forma exclusiva.

#### Referências

- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto Radam**: Folha SA.22 Belém – Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, 1974
- BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. Programa Geologia do Brasil. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**: SA.22 – Belém. Brasília, 2004. CD-ROM
- Chander, G.; B. L. Markham; D. L. Helder. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, 113, 893-903, 2013.
- Christofoletti, A. **Geomorfologia**. São Paulo, 1980: Editora Blucher. 12ª reimpr.,
- Cunha, S. B. **Geomorfologia Fluvial**. In: Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. (org.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 20ed., Bertrand Brasil, 2004. p. 211-252.
- Florenzano, T. G. **Sensoriamento Remoto para Geomorfologia**. In: Florenzano, T. G. (Org.). Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de geomorfologia**. – 2. ed. - Rio de Janeiro, 2009 : IBGE. 182 p.
- Jensen, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Neves Epiphanyo (Coordenador)... [et al.]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2011. 2ªed.
- Novo, E. M. L. M. **Ambientes Fluviais**. In: Florenzano, T. G. (Org.). Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 219-246
- Makkaveyev, N. I. The impact of large water engineering projects on geomorphic process in stream valleys. **Soviet Geography: Review and Transactions**. 13: 387-393, 1972.
- Souza, M.J.N. de. **Análise Geoambiental e Ecodinâmica da Paisagem do Estado do Ceará** - Tese de Professor Titular, UECE, 1998. Fortaleza.
- Tricart, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, 1977. IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN. 91 p. il. (Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1)

## ASPECTOS HIDROSEDIMENTAR DO RIO PARAGUAI ENTRE A BAÍA DO PONTO CERTO À FOZ DO CÓRREGO JACOBINA CÁCERES – MATO GROSSO

THALES ERNILDO DE LIMA<sup>1</sup>

CRISTIANE DA SILVA<sup>2</sup>

EVANIL ROCHA<sup>3</sup>

JONATHAN ANDERSON DE PAULA<sup>4</sup>

CÉLIA ALVES DE SOUZA<sup>5</sup>

1 Universidade do estado do Mato Grosso – UNEMAT  
Lima.thales@hotmail.com

2 Universidade do estado do Mato Grosso – UNEMAT  
Cristiane-silva89@hotmail.com

3 Universidade do estado do Mato Grosso – UNEMAT  
evanilmt030@hotmail.com

4 Universidade do estado do Mato Grosso – UNEMAT  
jonathancaldas@unemat.br

5 Universidade do estado do Mato Grosso – UNEMAT  
celiaalvesgeo@globo.com

### Resumo

O presente artigo teve por objetivo estudar sedimentos em suspensão e de fundo no canal fluvial do rio Paraguai em Cáceres - MT. A área de estudo esta localizada entre a baía do Ponto Certo à foz do córrego Jacobina, no corredor fluvial do rio Paraguai com 13,63 km de extensão e área total de 39,95 Km<sup>2</sup>. No trabalho de campo realizado algumas atividades: batimetria (largura e profundidade) utilizando sonar Garmim GPSMAP 4205, para obter a velocidade do fluxo usou molinete hidrométrico, na coleta de sedimentos de fundo utilizou-se o mostrador Van Veen e para coletar a carga de suspensão usou garrafa de Van Dorn. Para a medida da turbidez das amostras utilizou-se o turbidímetro. Realizou-se secagem do material em estufa modelo TE-394/2 sendo os béqueres pesados três vezes com auxílio de balança analítica, onde, se obtiveram os valores de sedimentos em suspensão (mg/L). Para fracionamento do material de fundo e de feições deposicionais em areia (grossa, média e fina), silte e argila, utilizou-se o método de pipetagem - dispersão total. Determinado quatro pontos de coleta para os detritos sedimentares no período de seca, feito campo no dia 26/09/2014 recolhendo as amostras, os mesmos foram analisados em laboratório. Os dados obtidos indicaram a predominância de sedimentos grosseiros, no entanto, nos barrancos apresentaram sedimentos finos (argila a areia fina). A carga de sedimentos em suspensa variou entre 300 a 340 mg/l, a vazão variou de 80,95 a 184,09 m<sup>3</sup>/s

**Palavras-chave:** Rio Paraguai. Granulometria. Planície de inundação.

### Abstract

This article aims to study suspended sediments and bottom in the river Paraguay river channel in Cáceres - MT. The study area is located between the bay of Ponto Certo the mouth of the stream Jacobina, in the river corridor of the Paraguai River with 13.63 km in length and total area of 39.95 Km<sup>2</sup>. In the field work some activities: bathymetry (width and depth) using Garmim GPSMAP 4205 sonar, to obtain the flow velocity used hydrometric molinete, in the collection of sediments from the bottom used Van Veen indicator and to collect the load of suspension used Van Dorn bottle. To measure the turbidity of the samples used turbidimeter. The material was dried in TE-394/2 oven and the beakers were weighed three times with the aid of analytical balance, where the values of sediments in suspension (mg/L) were obtained. For the fractionation of the bottom material and depositional features in sand (coarse, medium and fine), silt and clay, the pipette method - total dispersion was used. Four collection points for sedimentary detritus in the dry period were determined, field work was done on 26/09/2014 collecting the samples, the same were analyzed in the laboratory. The data obtained indicated the predominance of coarse sediments, however, in the banks they presented fine sediments (clay to fine sand). The sediment load in suspension varied between 300 to 340 mg/l, the discharge varied from 80.95 to 184.09 m<sup>3</sup>/s

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

km<sup>2</sup>. In the field work carried out some activities: bathymetry (width and depth) using sonar GARMIN GPSMAP 4205, for the flow velocity used hydrometric reel, in the collection of bottom sediments used the display Van Veen and to collect the suspension load Van Dorn bottle used. To measure the turbidity of the samples used the turbidimeter. Drying was carried out in a greenhouse the material model TE-394/2 Being heavy beakers three times with the aid of an analytical balance, where it obtained the suspended sediment values (mg / L). For fractionation of the background material and depositional features in sand (coarse, medium and fine), silt and clay, we used the pipetting method - total dispersion. Given four points of collection for the sedimentary debris in the dry season, made field on 09/26/2014 collecting the samples, they were analyzed in the laboratory. The data indicated a predominance of coarse sediment, however, the present bounds silt (fine sand clay). The sediment load in suspended ranged from 300-340 mg / l, the flow rate ranged from 80.95 to 184.09 m<sup>3</sup> / s.

**Key-words:** Paraguai River. Grain size. Floodplain.

## 1. Introdução

Rios podem ser definidos como um amplo corpo de água em movimento, confinado em um canal, o termo é usado geralmente para indicar o principal tronco do sistema de drenagem. (CUNHA E GUERRA, 2010). Na área de estudo o padrão de drenagem é meândrico, para Christofolletti (1980) os canais meândricos são aqueles em que os rios apresentam curvas ondulantes, largas, harmoniosas e semelhantes entre si, através de um trabalho contínuo de escavação na margem côncava (maior velocidade) e de deposição na margem convexa (menor velocidade).

As partículas de granulometria minúsculas (silte e argila) se conservam em suspensão pelo fluxo turbulento, constituindo a carga de sedimentos em suspensão, as partículas de granulometria maior e mais grosseiras, como a areia e os cascalhos, são roladas, deslizadas ou saltam ao longo do leito dos rios. A carga de sedimentos em suspensão e a carga do leito devem ser computadas na geometria hidráulica, estando relacionadas com a vazão. (CHRISTOFOLETTI, 1980)

Os processos de sedimentação que ocorrem no rio Paraguai acontecem no canal ou na planície de inundação. Para Kellerhald et al. (1976) e Dietrich (1985), as características da calha estão, em sua maioria, associadas aos processos de erosão e deposição. Os depósitos de sedimentos pertencem a diferentes categorias, como os que se desenvolvem no eixo central, ou seja, os bancos ou barras centrais (*mid*

*channel bar*), as barras laterais (*channel side bar* e *point bars*), barras submersas e ilhas fluviais.

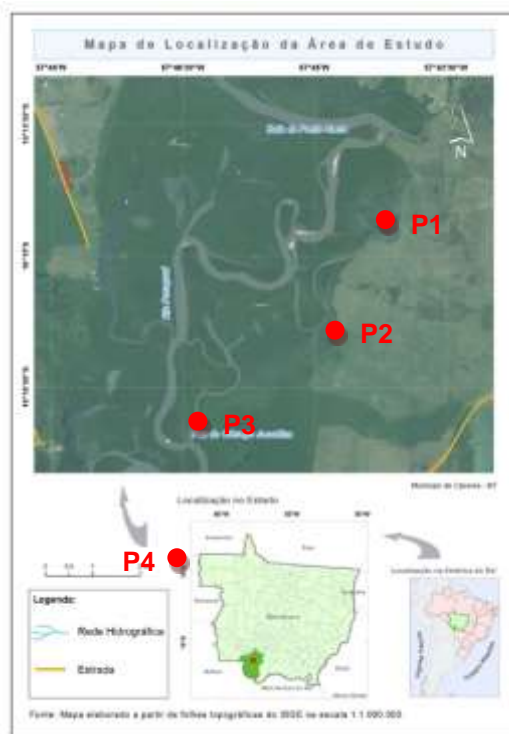
Grandes autores como Souza (2004), Carvalho (2008) Leandro (2012) e Silva (2014) e desenvolveram trabalhos sobre a dinâmica fluvial. O objetivo do estudo foi avaliar os aspectos hidrosedimentológicos no rio Paraguai – Mato Grosso, no trecho entre a baía do ponto certo à foz do córrego Jacobina, no município de Cáceres, Mato Grosso.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada entre a baía do Ponto Certo à foz do córrego Jacobina, no corredor fluvial do rio Paraguai, encontra-se entre as coordenadas geográficas  $16^{\circ}13'31.60''$  a  $16^{\circ}17'8.25''$  Latitude Sul e  $57^{\circ}44'52.27''$  a  $57^{\circ}46'21.65''$  Longitude Oeste. Com de 13,63 km de extensão e área total de 39,95 Km<sup>2</sup>. (Figura 01). O monitoramento foi realizado em quatro seções transversais ao longo do perfil longitudinal.

Figura 01 – Localização da área de estudo, em vermelho, pontos de coleta de amostras.



## **2.2 Procedimentos metodológicos**

O estudo seguiu as seguintes etapas: trabalho de campo, laboratório e gabinete:

### **Trabalho de Campo**

Ross e Fierz (2009) afirmam que, a pesquisa de campo pode ser dividida em três momentos: o primeiro pela observação e caracterização dos fatos com a maior precisão possível, o segundo é a interpretação de fatos e o terceiro refere-se a produções de ensaios de campo e experimentos.

Foram selecionadas quatro seções. O monitoramento e a coleta de sedimentos foram realizados no período de estiagem. No campo verificou a batimetria (largura e profundidade) utilizando sonar Garmim GPSMAP 4205, para obter a velocidade do fluxo usou molinete hidrométrico, na coleta de sedimentos de fundo utilizou-se o mostrador Van Veen e para coletar a carga de suspensão usou garrafa de Van Dorn. Para a medida da turbidez das amostras utilizou-se o turbidímetro.

### **Análise de Laboratório**

Para fracionamento do material de fundo e de feições deposicionais em areia (grossa, média e fina), silte e argila, utilizou-se o método de pipetagem - dispersão total (EMBRAPA, 1997, p. 27-31).

A quantificação das frações de areia (grossa, média e fina) foi obtida com o Peneiramento. O material retido, na peneira de 20 cm de diâmetro e malha de 0,053 (nº 270) pela Pipetagem - dispersão total foi seca em estufa. Posterior foi submetido ao processo mecânico de Peneiramento no Agitador Eletromagnético, com uma sequência de peneiras padronizadas, por 30 minutos. O material retido em cada uma das peneiras foi pesado separadamente (SUGUIO, 1973).

As amostras de sedimentos em suspensão foram acondicionadas em béquer pesados anteriormente. Realizou-se secagem do material em estufa modelo TE-394/2 sendo os béqueres pesados três vezes com auxílio de balança analítica, onde, se obtiveram os valores de sedimentos em suspensão (mg/L) (CARVALHO, 2008).



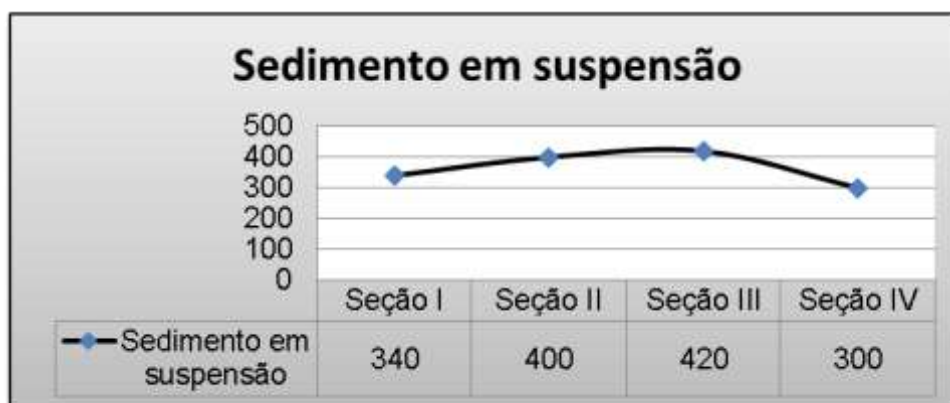
Para a medida da turbidez das amostras utilizou-se o turbidímetro de marca PoliControl, modelo AP2000 iR, calibrado com as soluções padrões indicados pelo fabricante.

### 3. Resultados e discussão

Os dados mostram variação batimétricas nas seções, a vazão e a composição granulométricas dos sedimentos de fundo e a carga suspensão.

Na primeira seção verifica-se a presença banco de sedimentos e vegetações herbáceas e arbustivas na margem esquerda. Na margem direita encontram-se vegetações arbóreas. A seção transversal é de 618,28 m<sup>2</sup>, com profundidade média de 2,61 m. A vazão foi de valor de 105,10 m<sup>3</sup>/s, sendo a velocidade média 0,170 m/s e turbidez de 32,9 NTU. A carga de sedimento suspenso foi de 340 mg/L (Figura 02). No sedimento de fundo predominou areia fina com 91,30%, 8,55% de areia média, 0,05% de média grossa e 0,10% de argila (Figura 3).

Figura 02- Sedimentos em suspensão no rio Paraguai. Elaborado: Lima, 2015.



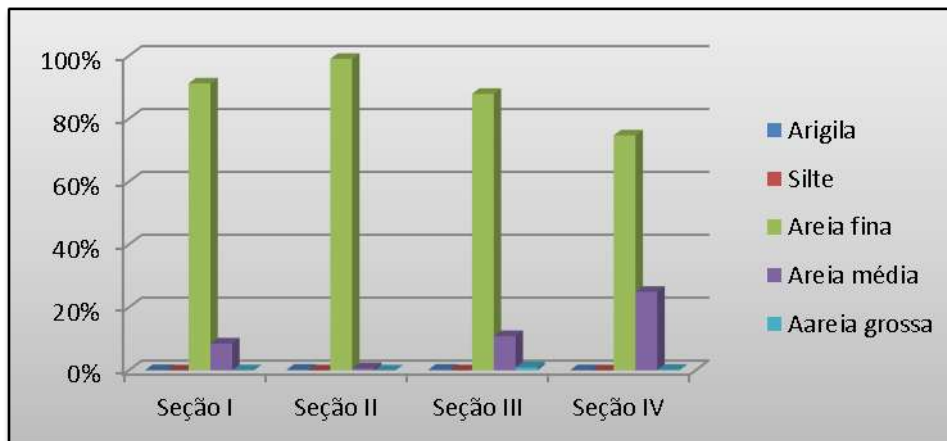
#### Seção II

A segunda seção, próximo ao furado da Lenhada as margens encontram preservadas com presença de vegetação arbustiva e arbórea, na margem direita possui uma planície de inundação e banco de sedimento. Verificou a ocorrência de tablado (flutuante) usado por pescadores.

A área da seção transversal é de 856,26 m<sup>2</sup>, com profundidade média 4,24 m. A velocidade média é de 0,221 m/s, com vazão de 184,09 m<sup>3</sup>/s, com. A altura do barranco na margem esquerda é de 1,50 m e na margem direita encontramos planície de inundação. A carga de sedimentos suspenso foi de 400 mg/L (Figura 01). Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

A turbidez foi de 36,5 NTU. Quanto aos sedimentos de fundo houve a predominância de areia fina com 99,10%, 0,70% de areia média e 0,20% argila (Figura 02).

**Figura 03 – Sedimento de fundo no rio Paraguai. Elaborado: Lima, 2015.**



### Seção III

Na seção três, localizada a montante do Furado da Jacobina, margem direita possui planície de inundação, com rasteira e arbustos e na margem esquerda a vegetação encontra-se preservada com ocorrência de arbustiva e arbórea. Área da seção transversal de 505,01 m<sup>2</sup> com profundidade média 2,30 m. A vazão tem valor 85,85 m<sup>3</sup>/s, sendo a velocidade média 0,172 m/s. Turbidez na superfície 34,5 NTU. O sedimento em suspensão foi de 420 mg/L (Figura 01). Na carga de sedimentos de fundo predominou areia fina (87,95%), 10,90% de areia média, 0,95% areia grossa e 0,20% de argila (Figura 02).

### Seção IV

A quarta seção à jusante do Furado da Jacobina, margem direita registra a ocorrência de vegetação arbórea e processos erosivos (solapamento basal). Na margem esquerda corresponde ao tipo convexa com as seguintes feições: barras de sedimentos, cordões marginais, dique marginal, e planície de inundação. Área da seção transversal é de 454,81 m<sup>2</sup>, com profundidade média de 2,92 m. A velocidade média é de 0,175 m/s e vazão de 80,95 m<sup>3</sup>/s. A turbidez foi de 55,1 NTU. A carga de sedimento de suspenso foi de 300 mg/L (Gráfico 01). Nos sedimentos de fundo predomina área fina com 74,75%, 25,00% de areia média, 0,20% areia grossa e 0,05% de argila (Figura 02).

#### 4. Conclusão

O rio Paraguai no trecho estudado possui padrão meandrante. As características morfológicas na área são: bancos de sedimentos, cordões marginais, diques, ilhas, baías e lagoas. Nas margens a vegetação mantém conservada com ocorrência de arbustiva, arbórea e gramínea.

A profundidade media da calha no nível da água variou de 2,30 a 4,24 m, a velocidade do fluxo variou de 0,170 m/s a 0,221 m/s, a vazão variou de 80,95 a 184,09 m<sup>3</sup>/s. Quando aos sedimentos houve a predominância de areia fina em todas as seções. A carga de sedimentos em suspensão variou entre 300 a 340 mg/l.

#### Referências

- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática** – 2ª ed., ver., atual. E ampliada. – Rio de Janeiro: Interciência, 2008.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**, São Paulo: Editora Blucher, 1980. 188p.
- CUNHA, S, B; GUERRA, A, J, T (orgs). **A questão ambiental: diferentes abordagens** – 6ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010, 250p.
- DIETRICH, W. E. **Mechanics of flow and sediment transport in river bends**. In: PETTS, G. (Ed.). Rivers a landscape. Edward Arnold, 1985. p. 158-174.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.
- KELLERHALD, R.; CHURCH, M.; BRAY, D. **Classification and analysis of river processes**. American Society of Civil Engineers Proceeding. Journal of the Hidraulics Division, p. 813-829, 1976.
- ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. S. M. Algumas técnicas de pesquisa em Geomorfologia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 69-84.
- SOUZA, C, A. [org]. **Bacia Hidrografica do rio Paraguai – MT: dinâmica das águas, uso e ocupação e degradação ambiental**. – São Carlos: Editora Cubo, 2012. 210p.
- SOUZA, C. A. **Dinâmica do corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a estação ecológica da ilha de Taiamã-MT** - Rio de Janeiro. Agosto – 2004. P. 16.
- SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1973. 317 p.

## GÊNESE MORFOLÓGICA DA BARRA FLUVIAL ENTRE AS ILHAS DO MASSANGANO E DO MAROTO, SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

LUIZ HENRIQUE DE BARROS LYRA<sup>1</sup>

HÉLIO MÁRIO DE ARAÚJO<sup>2</sup>

CRISTIANO APRIGIO DOS SANTOS<sup>3</sup>

LUCAS COSTA DE SOUZA CAVALCANTI<sup>4</sup>

1 Universidade Federal de Sergipe – UFS/NPGeo – DGEI  
barroslyra@bol.com.br

2 Universidade Federal de Sergipe – UFS/NPGeo – DGEI  
heliomarioaraujo@yahoo.com.br

3 Universidade Federal de Sergipe – UFS/NPGeo – DGEI  
aprigio@gmail.com

4 Universidade de Pernambuco – UPE/CGEO/PPGFPI  
lucascavalcanti3@gmail.com

### Resumo

O presente trabalho avaliou a gênese morfológica de uma barra fluvial situada entre as ilhas do Massangano e Maroto, em um trecho do leito principal do rio São Francisco, na sua porção submédica. Foram adotados critérios teórico-metodológicos da Geomorfologia fluvial, utilizando-se fotografias aéreas dos anos de 1950 e 1998 e imagens de satélites nas mesmas proporções, de 2009 e 2014 (Google Earth), e a observação e o registro em campo. Constatou-se que a barra tem uma gênese recente, mas com uma dinâmica espaço-temporal e processual relativamente rápida e intensa, sobretudo nos últimos 16 anos. Trata-se de uma barra central resultante de deposição sedimentar recente associada a um fluxo de corrente relativamente fraco e de pouca energia. É um atributo típico de canal meandrante com leito areno-argiloso e interceptado por soleira rochosa. A barra em questão à medida que se sucede períodos de chuva e períodos secos assume um caráter transitório podendo inclusive ser removida ou submergir. Contudo, soleiras rochosas a jusante do canal proporcionam uma concentração de sedimentos mais coesos com feições intermitentes e até permanentes em que a vegetação se coloniza rapidamente, e de forma associada, o uso e ocupação desordenada das terras, degradam a mata ciliar e promovem a erosão do solo e o consequente assoreamento de seu leito.

**Palavras-chave:** Geomorfologia Fluvial. Morfologia. Assoreamento.

### Abstract

This Work analyzed morphological genesis of a river bar located between the islands of Massangano and Maroto, on a stretch of the São Francisco River in the city of Petrolina (northeast Brazil). The framework of fluvial geomorphology was adopted. The river landforms and its changes were mapped using aerial photographs of 1950 and 1998 and satellite images of 2009 and 2014. Field surveys completed information about the channel. Data shows that longitudinal bar between aforementioned

islands has a recent development, growing fast and intensively in the last 16 years. This is a recent sediment deposition resulting longitudinal bar associated with a relatively low stream flow and low power. This is a typical meandering channel feature with sandy clay bed intercepted by rock outcrops in the channel. The bar in question assumes a transitional character can even be removed or submerge in rainy times. However, rock outcrops in the channel downstream provide a concentration of more cohesive sediments with intermittent and even permanent features in that vegetation is growing fast. The use and disorderly occupation of land, degrade riparian forest and promote erosion soil and the consequent aggradation of its bed.

**Key-words:** River Geomorphology. Morphology. Aggradation.

## 1. Introdução

A morfologia em ambientes fluviais é marcada pela dinâmica de seus fatores e processos desencadeadores, tanto intrínsecos como extrínsecos, com ênfase no regime hídrico-climático, a litologia, a topografia, a cobertura vegetal e as derivações antrópicas que direcionam as formas de uso e ocupação das terras e engendram profundas alterações na paisagem. Em particular, no tratamento da gênese destas formações típicas dos sistemas fluviais e ambientes desta natureza, a Geomorfologia fluvial ou também denominada de linear, idealizada a princípio por geólogos como Surrell, Gilbert, Davis, Penck, King, Hack, entre outros, e consolidada no Brasil por Teixeira Guerra e Antônio Christofolletti, constitui o arcabouço teórico-metodológico mais apropriado. Segundo Novo (2008), a geomorfologia fluvial procura elucidar as relações entre os processos de erosão e deposição resultantes do escoamento de água dos rios e as formas de relevo derivadas. Os rios, por sua vez, podem ser definidos como um amplo corpo de água em movimento, confinado em um canal, que representa o principal tronco do sistema de drenagem. Sua configuração é produto de vários aspectos – largura, profundidade, velocidade, descarga, resistência do fluxo e declives, que podem variar continuamente ao longo dos anos acarretando mudanças na sua própria fisionomia (CUNHA, 2008).

Nesta perspectiva, a dinâmica do escoamento se converte em um dos principais mecanismos da geomorfogênese atribuída à ação da água sobre os sedimentos do leito fluvial, no transporte dos sedimentos, nos mecanismos

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>



deposicionais e na própria morfologia do leito. A fonte deste processo é a erosão e a carga detritica das margens e fundo do leito, e principalmente da remoção das vertentes, controlado pelos fatores hidrológicos, dentre os quais se destacam a distribuição e a quantidade da precipitação, a estrutura geológica, as condições topográficas e a cobertura vegetal. Tais fatores exercem influencia na formação do material intemperizado na bacia hidrográfica e o seu carreamento até os rios. Por fim, o ambiente de sedimentação fluvial torna-se imprescindível para esclarecer e desvelar a evolução histórica de paisagens na escala geológica. “O conhecimento minucioso das condições de produção, remoção, transporte e deposição dos sedimentos é extremamente importante, porque se refletem nas características das camadas sedimentares que funcionam como sedimentos correlativos e vestígios das condições morfoclimáticas imperantes nas áreas continentais”. (CHRISTOFOLETTI, 1981, p.19).

Neste sentido, o presente estudo tem como intuito avaliar a gênese morfológica recente de uma formação de “barra central ou transversal”, situada no leito do rio São Francisco, em sua porção submédia, entre as ilhas do Massangano e do Maroto. As barras e ilhas são resultantes de processos deposicionais de materiais e detritos (sedimentos) do escoamento das águas nos canais fluviais que ao se acumularem adquirem um perfil topográfico elevado em relação ao nível médio do rio, permanecendo emerso durante a maior parte do ano e recoberto ou não por vegetação gramínea ou arbórea. As barras se diferenciam das ilhas por sua menor altura em relação ao nível do rio, menor estabilidade (são frequentemente retrabalhadas no canal fluvial) e por não apresentar vegetação arbórea. Portanto, as ilhas recentes representam a evolução de barras por agradação (SANTOS, 2005).

## 2. Metodologia de Trabalho

O trecho do curso hídrico estudado possui uma altitude de 368m e uma profundidade entre 1,8 a 2,0m, padrão de drenagem predominante dentrítico, morfologia de canais meandantes e anastomasados, com leito entrecortado por soleiras rochosas, barras areno-argilosas e ilhas de grande e médio porte, e margeado por diques, terraços e superfícies alagáveis, típicas de planície de

inundação aluvial. Segundo a descrição do relevo apresentada no índice de Geodiversidade da região (FERREIRA et al, 2010) estas planícies estão dispostas em superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos areno-argilosos e argilo-arenosos, com terrenos deficientemente drenados e sujeitos a inundações periódicas, e campos de dunas situados a sudoeste de Petrolina.

Por se tratar de uma unidade geomórfica recente, mas com uma dinâmica espaço-temporal e processual relativamente rápida e intensa, cerca de 60 anos, foram utilizadas fotografias aéreas cedidas pela CODEVASF, respectivamente dos anos de 1950 e 1998 (escalas de 1:25000 e 1:12500), e imagens de satélites nas mesmas dimensões de 2009 e 2014 (Google Earth), corroborados pela observação e registro fotográfico em campo, para avaliar sua dinâmica evolutiva em relação ao sistema fluvial e ambiental que se encontra inserido.

### 3. Resultados e Discussão

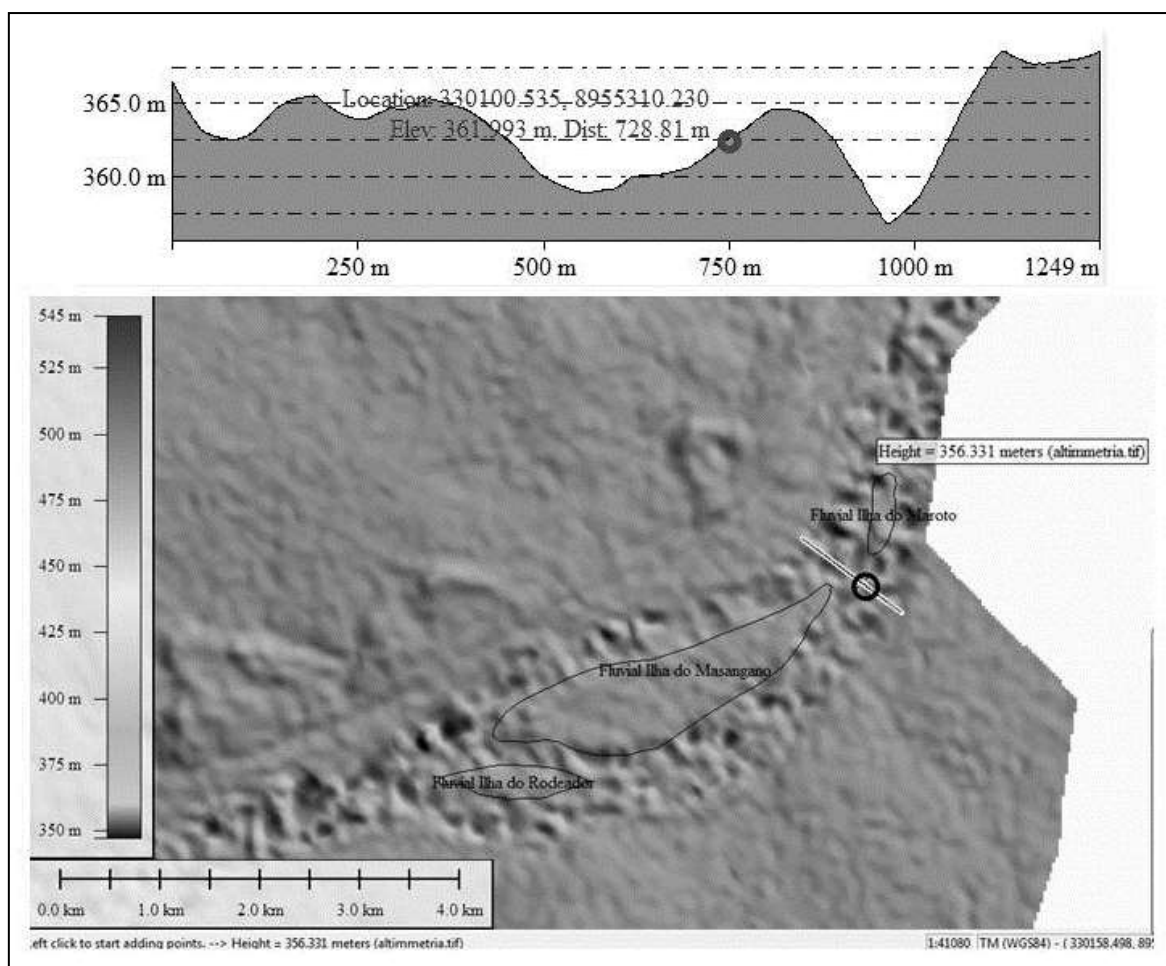
Conforme a classificação de estilos fluviais elaborada por Friyrs e Brierley (2005), a barra fluvial (central) ocorre num vale parcialmente confinado, típico meandrante, e controlado em parte por formação de planície descontínua e por leito rochoso. Esta configuração pode ser visualizada no perfil topográfico vertical do canal em que a barra se desenvolve (Figura 1).

Ao longo do leito do rio, onde está situada a barra fluvial, ocorre carga de materiais de siltes, argilas e areias, predominando areia, ou seja, sedimentos de granulometria média a maior. Segundo Chistofolleti (1980, p. 73), “a carga do leito move-se mais lentamente que o fluxo da água, porque os grãos deslocam-se de modo intermitente”, provavelmente acumulando-os e formando bancos de areia, desencadeando o assoreamento fluvial.

Um registro importante foi a grande quantidade de afloramentos rochosos sobretudo gnaissicos no leito do rio, configurando soleiras, bancos e barras arenosas em forma de parábolas, contribuindo para o seu entulhamento e um possível anastomasamento dos canais. Em muitos casos o acúmulo destes sedimentos favorece a formação de mantos intemperizados e até solos subsuperficiais com revestimento vegetal, e consecutivamente podem constituir ilhas.

Esse processo se intensificou nos trechos mais largos a jusante da barragem de Sobradinho e a jusante das ilhas do Massangano e Rodeadouro, rio abaixo, ou então rente as suas margens, o que indica uma forte atuação antrópica na paisagem e no recorte hidrográfico em que se encontram. A construção da barragem interceptou e passou a controlar sua vazão e seu regime sazonal, interferindo no ciclo natural erosivo e deposicional. Portanto, todo o rio a jusante da barragem perdeu força hidrodinâmica e capacidade de transporte, tanto de carga de fundo como principalmente dos sedimentos em suspensão e detritos carregados pelo escoamento pluvial dos solos e de seus afluentes.

**Figura 1 – Perfil Topográfico do canal da Barra Central (Seção vertical).**

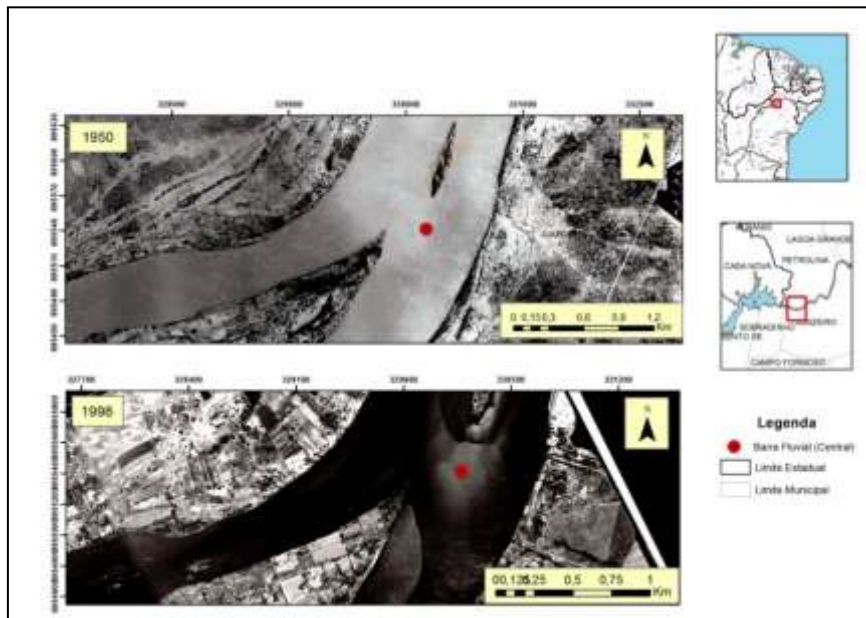


Fonte: Elaboração Lyra, 2015 (base SRTM).

A análise das fotografias aéreas e imagens de satélites da região, e a averiguação in loco, constata a expansão da barra arenosa com sedimentos em Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

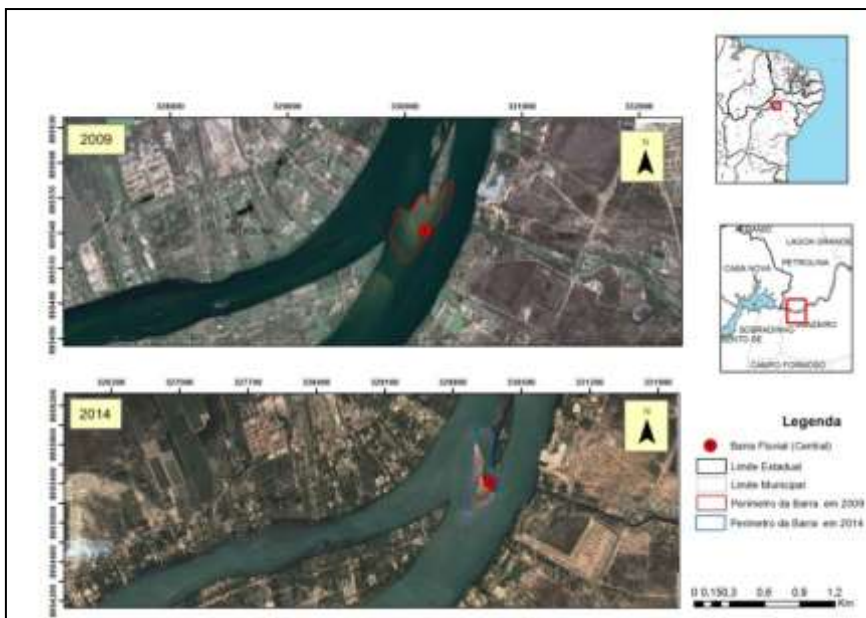
consolidação e solos subsuperficiais recobertos por vegetação herbácea e herbáceo-arbustiva, sobretudo nos últimos 16 anos, de 1998 a 2014 (Figuras 2 e 3).

**Figura 2 – Evolução da Barra Fluvial (central) no Período 1950-1998.**



Fonte: Elaboração Lyra, 2015 (Bases CODEVASF, 2014).

**Figura 3 – Evolução da Barra Fluvial (Central) no Período 2009-2014**



Fonte: Elaboração Lyra, 2015 (Base Google Earth, 2014).



## Considerações Finais

A gênese da barra fluvial está diretamente atrelada às condições hidrodinâmicas, sobretudo pela maior velocidade de corrente, e mesmo inseridas em trechos de menor gradiente, tende a se desestabilizarem em função dos episódios sucessivos de variação na vazão do rio pelo balanço hídrico-climático. A barra em questão à medida que se sucede períodos de chuva e períodos secos assume um caráter transitório podendo inclusive ser removida ou submergir.

Contudo, nas proximidades, em partes extremas de ilhas, associada a soleiras rochosas a jusante do canal ocorrem uma concentração de sedimentos mais coesos com feições agradacionais mais intermitentes e até permanentes onde a vegetação se coloniza rapidamente. Outra variável importante é o uso e ocupação desordenada das terras, degradando a mata ciliar e deixando o solo exposto à ação erosiva do escoamento das chuvas e do solapamento do rio, e promovendo o consequente assoreamento de seu leito.

## Referências

- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2<sup>o</sup> ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1980. 189p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. v. 1. São Paulo: Edgar Blücher, 1981. 297p.
- CUNHA, S. B. Canais Fluviais e a Questão Ambiental. In: CUNHA, S.B., GUERRA, A. J. T. (orgs.) **A Questão Ambiental: diferentes abordagens**. 4<sup>o</sup> Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008, p. 219-238.
- FERREIRA, R. V.; DANTAS, M. E.; SHINGOTO, E. Origem das Paisagens. In: TORRES, F. S.; PFALTZGRAFT, P. A. S. (orgs.) **Geodiversidade do Estado de Pernambuco**. Recife: CPRM, 2014. p. 51-70. (disponível em: [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)). Acesso em 07 de fevereiro de 2015.
- FRIYRS, K.; BRIERLEY, G. J. River Styles, Pratical Apliccation of the River Styles® Framewok as Tool for Catchment-wide Management: a case study, from Bega Catchement. New South Walles, Austrália. *Ebook*: site: <http://www.riverstyles.com/ebook.php>, 2005. Acessado em 02 de fevereiro de 2015.
- NOVO, E. M. L. M. Ambientes Fluviais. In: FLORENZANO, T. G. (Org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologías atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, p. 219-236.
- SANTOS, L. S. Unidades Geomorfológicas e Depósitos Sedimentares Associados no Sistema Fluvial do Rio Paraná no seu Curso Superior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Ano 6, Nº 1, 2005, p. 85-96.

## Agradecimentos

A FACEPE pela concessão de bolsa auxílio CAPES – PRODUOTORAL para a elaboração desta pesquisa.

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>



## ANÁLISE COMPARATIVA DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DE DUAS BACIAS DE PEQUENO PORTE NO ALTO PARANAÍBA – MG

RENATO EMANUEL SILVA<sup>1</sup>

SILVIO CARLOS RODRIGUES<sup>2</sup>

1 Universidade Federal do Uberlândia– IG/PPGEO/LAGES/CAPES

Renato.logan@gmail.com

2 Universidade Federal do Uberlândia– IG/PPGEO/LAGES/ CNPq

Silgeo@gmail.com

### Resumo

O presente estudo teve por objetivo comparar parâmetros morfométricos de duas bacias hidrográficas de pequeno porte (bacias dos córregos Taquara e Feio). Sendo que a litologia da bacia do córrego Taquara se difere pela existência de um setor com folhelhos silto-argilosos em uma planície de deposição com canais meandrante. Foram estabelecidos, por meio da utilização de ferramentas SIG, os índices de sinuosidade, densidade dos rios, circularidade da bacia e a curva hipsométrica. Para tanto foram utilizados os dados da Carta Topográfica do IBGE – (Folha SE. 23 – Y – A – VI) e a imagem do Sensor Blackbrigde/RapidEye (2010). Os resultados apontam que, embora apresentando características próximas, as bacias possuem algumas diferenças notáveis. A bacia do córrego Taquara é mais circular do que a bacia do córrego Feio, o que significa que também têm uma possibilidade maior de enchentes. A comparação das curvas hipsométricas corrobora para a diferença entre bacias pela presença da planície aluvionar que funciona como um elemento de ruptura das cotas hipsométricas com as áreas próximas. Os parâmetros morfométricos mostram-se válidos como ferramentas de comparação de bacias com distinção litológica permitindo observar a diferença nas respostas dos parâmetros e no comportamento dinâmico destas áreas.

**Palavras-chave:** Parâmetros físicos da bacia. Sinuosidade do Canal. Curva Hipsométrica.

### Abstract

This study aimed to compare morphometric parameters of two small basins (basins of the streams Taquara and Feio). The lithology of Taquara's stream differs by the existence of a sector with silty-clay shales in a deposition plain with meandering channels. Were established by using GIS tools, sinuosity presence, density of the rivers, the circularity of the basin and hipsometric curve. For this, the data from Topographic IBGE Charter were used - (Folha SE. 23 – Y – A – VI) and an image of Blackbrigde / RapidEye Sensor (2010). The results show that, although having similar characteristics, these basins have some notable differences. Stream Taquara is more circular than stream Feio, which means, that there's a greater chance of flooding. The comparison of hipsometric curves confirms the difference between basins by the presence of alluvial plain that works as a rupture element of hipsometric quotas with nearby areas. The morphometric parameters show up valid as comparison tools with lithologic distinction allowing the observe the difference in the parameters responses and the dynamic behavior of these areas.

**Keywords:** Physical parameters of the basin. Sinuosity of the Canal. Hypsometric Curves.

## 1. Introdução

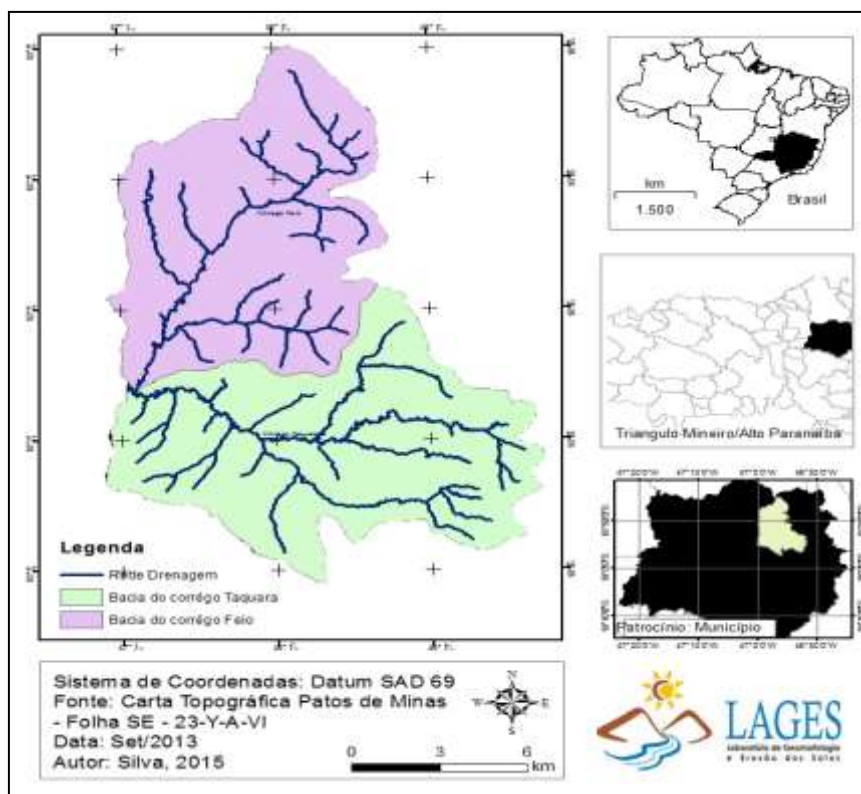
A bacia de hidrográfica, como sugere Coelho Neto (2011), é uma área da superfície terrestre, inserida no ciclo hidrológico, responsável pela drenagem da água, nela ocorre o funcionamento interacional das encostas, canais, corpos d'águas, lençóis, superfícies de escoamento e outros. Sendo possível investigar os comportamentos destas bacias hidrográficas e de seus canais, entre outros modos, através dos parâmetros morfométricos que dimensionam estas estruturas e oferecem um aporte quantitativo de análise.

O conhecimento dos parâmetros morfométricos, levando em consideração a área da bacia, seu perímetro, cotas altimétricas, característica dos canais de drenagem entre outros, pode auxiliar na compreensão dos elementos físicos daquela área (Teodoro et al 2007). A análise proposta pode contribuir inclusive para o melhor estabelecimento dos planos de gestão de bacias hidrográficas.

O alto curso do rio Dourados, localizado em Patrocínio (MG), é válido como representação desta realidade, sendo formado por duas bacias que possuem áreas semelhantes com 99 km<sup>2</sup> na bacia do córrego Taquara e 94 km<sup>2</sup> na bacia do córrego Feio (Figura 1).

Estas bacias possuem distinções litológicas, com a bacia do córrego Taquara apresentando principalmente rochas do Grupo Bambuí (folhelhos silto-argilosos e quartzitos) e a bacia do Córrego Feio com rochas do Grupo Canastra (quartzitos e micaxistos). Estas distinções causam também diferenciações no desenvolvimento dos canais fluviais (Casseti, 1981). Sendo objetivo deste trabalho comparar os aspectos morfométricos a fim de refletir sobre semelhanças e diferenças entre estas duas bacias.

Figura 1 – Localização da área de estudo



## 2. Metodologia de Trabalho

A pesquisa é resultado do tratamento cartográfico e de imagens de satélite em ambiente SIG bem como da realização de atividades de campo. Assim foram extraídos dados relativos aos parâmetros morfométricos (Índice de sinuosidade, densidade dos rios, circularidade da bacia e curva hipsométrica). A escolha desses parâmetros se deu na tentativa de comparar as duas bacias de modo que fossem discutidas as dimensões da bacia e a quantidade dos seus canais.

### 2.1- Ambiente SIG na obtenção de parâmetros morfométricos

Os dados cartográficos da Carta Topográfica do IBGE - Patos de Minas {Folha SE. 23 – Y – A – VI} ) e a a imagem do Sensor Blackbrigde/Rapdeye (2010) foram obtidos junto ao Laboratório de Cartografia (LACAR - UFU). No programa ArcMap foi extraído o modelo digital de elevação das bacias (utilizando as curvas de

níveis da carta topográfica) tendo sido levantados os dados fontes para o cálculo e obtenção dos parâmetros necessários a realização desta pesquisa, como indicados a seguir:

### 2.1.1 - Índice de sinuosidade

Estabelece se o canal principal tende a ser tortuoso (fluxo lento) ou retilíneo (fluxo rápido). Foi estabelecido por Schumm (1963) e se expressa pela fórmula:

$$IS = C.real/C.vetorial$$

Onde:

*IS* = Índice de sinuosidade

*C.real* = comprimento do canal real

*C.vetorial* = distância vetorial do canal principal

### 2.1.2 – Índice de densidade dos rios

Proposta por Horton em 1945 relaciona o número total de canais com a área da bacia. A fórmula de obtenção do parâmetro é:

$$I_r = N_c/A$$

Onde:

*I<sub>r</sub>* = Índice de densidade dos rios

*N<sub>c</sub>* = somatória dos canais de todas as ordens

*A* = área da bacia

### 2.1.3 – Circularidade da bacia

O índice de circularidade permite investigar a proximidade da forma da bacia com um círculo. Bacias que apresentam esse valor adimensional elevado (superiores e distantes de 1) sugerem formas irregulares e com menores tendências a ocorrência de cheia. A fórmula se expressa por:

$$IC = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

*IC* = índice de circularidade da bacia

*P* = perímetro da bacia

*A* = Área da bacia

#### 2.1.4 – Curva hipsométrica

Proposta por Strahler (1952), apresenta o relevo relativo de uma bacia, para tanto se utiliza da linguagem gráfica, indicando a porcentagem que as cotas altimétricas levantadas ocupam em relação a área total. A curva hipsométrica das bacias em questão, foram obtidas pelo processamento de seus modelos digitais de elevação e execução da ferramenta de classificação de cotas altimétricas do ArcMap 10.1 que permitiram conhecer as áreas das cotas altimétricas e suas porcentagens.

### 3 – Resultados e Discussão

Os resultados obtidos pelo levantamento dos parâmetros morfométricos foram organizados na tabela 1. A análise dos mesmos permite comparar as duas bacias, considerando que os estudos de Casseti 1981 e Silva 2014 revelam a existência de diferenças entre estas bacias do ponto de vista da litologia e da geomorfologia. A bacia do Córrego Taquara encontra-se em área domica com rochas do Grupo Bambuí - onde os quartzitos são observados nos patamares estruturais colinosos e os folhelhos silto-argilosos na planície de deposição – e do Grupo Canastra com vale encaixado com rochas quartzíticos e micaxistos. Sendo o Grupo Canastra responsável por todo o relevo dissecado da bacia do córrego Feio.

**Tabela 1- Parâmetros morfométricos das bacias dos córregos Taquara e Feio**

Índice/bacia	C. Taquara	C. Feio
sinuosidade	1,94	1,57
i. densidade de rios	0,27	0,24
i. densidade de rios g. Bambuí	0,20	
densidade de rios g. Canastra	0,30	
Circularidade da bacia	1,51	1,34

Fonte: Silva (2015)

Em relação ao índice de sinuosidade o córrego Taquara apresenta valor de 1,94, a proximidade de 2 sugere um canal com tendência maior a sinuosidade. Em



campo é possível observar meandros na região da planície aluvionar com os folhelhos silto-argilosos citados por Casseti, (1981), onde a deposição predomina contribuindo para a divagação dos canais. Já o córrego Feio apresentou um índice menor em 1,57. O fato de toda bacia se encontrar em rochas do Grupo Canastra (quartzitos e micaxistos) com o canal principal em contato direto com a rocha e com tendência retilínea, deve justificar tal cenário.

Quanto à densidade dos rios os valores foram próximos, a área do córrego Taquara apresentou índice de 0,27 e o córrego Feio com 0,24, os índices são considerados baixos como se observa nos trabalhos de Feltran Filho e Lima (2007) e Teodoro et al (2007) É interessante notar que se avaliarmos a densidade de canais sobre a litologia da bacia do córrego Taquara notaremos que os índices são diferentes: na área com folhelhos argilosos o índice cai para 0,20 ao passo que sobre a estrutura com quartzitos e micaxistos os valores chegam a 0,30. Em seus estudos Casseti (1981) e Silva (2014) sugerem que os folhelhos constituem um setor com menor declividade.

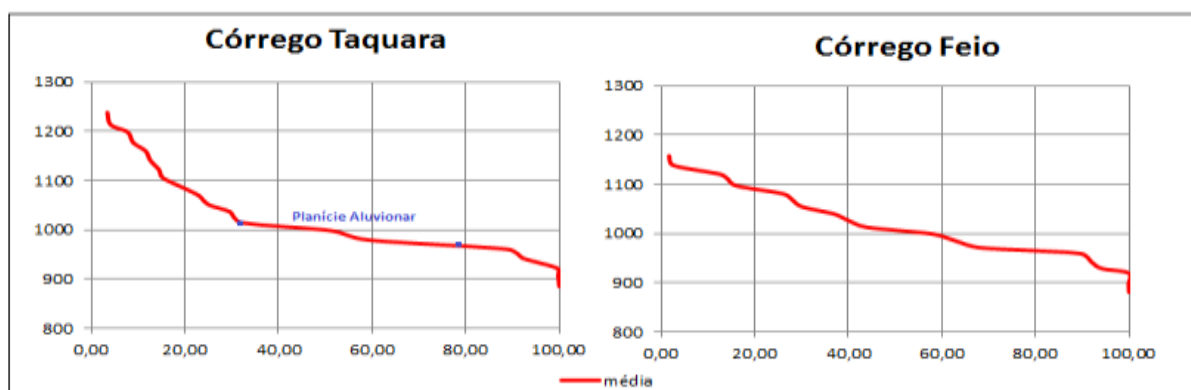
Sobre o índice de circularidade, da bacia do córrego Taquara, o resultado foi de 1,51 ao passo que o a bacia do córrego Feio apresentou 1,34. Assim a primeira bacia tem um formato mais próximo de um círculo que seria resposta para uma possível maior concentração dos picos de vazão. Já o córrego Feio apresenta uma bacia mais alongada que em tese deve responder por um fluxo de cheia com menor intensidade mas com maior duração, se comparado a bacia do Dourados. Estas análises são concordantes com trabalhos de Teodoro et al (2007), Feltran Filho e Lima (2007) e Stipp et al (2010)

A diferença entre valores apresentados pode estar atrelada a existência da planície aluvionar na área do córrego Taquara que provoca um amplo setor com declividades baixas. Este fator se torna mais evidente ao se realizar a análise da curva hipsométrica (Figura 2).

As curvas hipsométricas das bacias foram estabelecidas revelando relações próximas. Embora o córrego Taquara possua uma bacia com nível altimétrico maior, é possível notar que estes índices, abruptamente, dão lugar a uma faixa entre os 1000 e 980 metros, relativa à planície aluvionar (Figura 2). Posteriormente um outro trecho corresponde ao fundo de vale com encaixe na área do Grupo Canastra. Já a

curva hipsométrica da bacia do córrego Feio sugere uma uniformidade na inclinação da curva, pois toda a bacia esta assentada sobre o mesmo Grupo geológico (Canastra), permitindo uma evolução com menores transições abruptas entre as áreas. Do ponto de vista da perda de materiais, comparando a área do gráfico acima da linha de média (material possivelmente erodido) com a aquela abaixo desta linha (material ainda existente), os índices sugerem que a bacia do córrego Taquara sofreu uma maior retirada de materiais.

Figura 2- Comparação das curvas hipsométricas.



Fonte: Silva, 2015

## Considerações Finais

Os parâmetros morfométricos obtidos pela conjugação de dados espaciais junto ao programa ArcMap 10.1 permitiram a comparação entre as duas bacias hidrográficas formadoras do rio Dourados. Sendo notado que elas se comportam com semelhança. As principais distinções guardam relação com a litologia com a presença de folhelhos silto-argilosos apenas na bacia do córrego Taquara. Justamente nestas faixas ocorrem as mais significativas diferenças, com ocorrência de meandros e conseqüente queda na velocidade dos cursos e aumento deposição, aparecendo trechos com meandros, fazendo com que a bacia do córrego Taquara apresente maior quantidade de áreas com pouca declividade. Os conhecimentos angariados pela análise morfométrica comparada das duas bacias são um caminho para análises aprofundadas sobre o comportamento hidrológico destas vertentes e suas respostas no exutório conjunto destas áreas.

## Referencias

- CASSETI, V. **Estrutura e gênese da compartimentação da paisagem de Serra Negra – MG.** Goiânia: Ed. UFG, 1981
- COELHO NETO. A.L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia – **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos – 10ª ed.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Editora Blucher, 1980
- FELTRAN FILHO. A; LIMA. E.F. Considerações morfométricas da bacia do Rio Uberabinha – Minas Gerais -**Sociedade & Natureza**, Uberlândia, **19** (1): 65-80, jun. 2007
- HORTON, Robert E. Erosional development of streams and the drainage Basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soc. Amer. Bulletin**, 56(3):275-370, 1945.
- SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy. **Bull. Geol. Soc. America**, N. Jersey, (67):597-646, 1956.
- SILVA, R.E. **Disponibilidade e demanda hídrica a partir da análise ambiental da região do alto curso do rio Dourados em Patrocínio (MG)** (Dissertação de Mestrado) – Uberlândia: UFU, 2014
- STIPP N.A.F; CAMPOS, R.A; CAVIGLIONE, J.H. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara – uma contribuição para o estudo das ciências ambientais - **Portal da Cartografia**, Londrina v. 3 n. 1, 2010.<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia>
- STRAHLER, Arthur N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geol. Soc. America Bulletin**, 63(10):1117-1142, 1952.
- TEODORO, V.L; TEIXEIRA, D; COSTA, D.J.L; FULLER, B.B. Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica - **REVISTA UNIARA**, n.20, 2007.

## Agradecimento

A FAPEMIG (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo apoio financeiro na participação do XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Teresina – PI, 2015. O primeiro autor agradece a CAPES pela concessão de bolsa de Doutorado.

## ANÁLISE DA DISSECAÇÃO DO RELEVO EM ÁREAS DE EXPANSÃO URBANA: O CASO DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO (BAURU-SP)

LEONARDO DA SILVA THOMAZINI<sup>1</sup>  
CENIRA MARIA LUPINACCI DA CUNHA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista – UNESP/IGCE/PPGG  
leosthomazini@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista – UNESP/IGCE/DEPLAN  
cenira@rc.unesp.br

### Resumo

Os problemas ambientais oriundos da expansão peri-urbana, ocorrida em áreas impróprias, como nas planícies aluviais ou em vertentes íngremes, são cada vez mais frequentes em cidades de médio porte, sendo notória a falta de planejamento urbano e ambiental. Entre tais problemas, destacam-se aqueles relacionados com a geomorfologia, como o assoreamento dos canais fluviais, o aumento dos processos erosivos lineares e, conseqüentemente, a perda de solo e a degradação do mesmo. A fim de analisar os processos morfogenéticos com o intuito de detectar tais problemas geomorfológicos, o presente estudo utilizou-se da metodologia baseada na teoria geral dos sistemas, na qual a bacia hidrográfica é considerada como um sistema aberto recebendo interferência de fatores externos que, por sua vez influenciam outros sistemas. Assim, por meio das técnicas da cartografia digital, foram desenvolvidas cartas de dissecação horizontal e vertical da bacia do córrego Pau D' Alho, localizada na cidade de Bauru (SP), as quais possibilitaram detectar setores mais susceptíveis aos processos morfogenéticos. Dessa forma, as características do Planalto Ocidental Paulista, sobre o domínio de formações geológicas do grupo Bauru, com topos planos e interflúvios extenso, criam características de dissecação do relevo peculiares, observadas na bacia do córrego Pau D'Alho, que apresenta vários setores susceptíveis à formação dos processos erosivos, além de voçorocas bem desenvolvidas observadas *in loco*.

**Palavras – chave:** Geomorfologia. Erosão. Bacia Hidrográfica.

### Abstract

Environmental problems arising from peri-urban expansion, which took place in inappropriate areas, such as floodplains or steep slopes, are increasingly common in medium-sized cities, it is notorious the lack of urban and environmental planning. Among such problems it stands those related to the geomorphology, such as sedimentation of river channels, the rising linear erosion and, consequently, the loss of soil and soil degradation. In order to analyze the morphogenetic processes in order to detect such geomorphological problems, this study used the methodology based on general systems theory, in which the watershed is considered as an open system receiving interference from external factors, in turn affect other systems. Thus, by the techniques of digital cartography, horizontal and vertical dissection letters of the watershed of Pau D'Alho stream were developed, located in the city of Bauru (SP). The characteristics of the Western Paulista Plateau, over the domain of geological formations of the Bauru group, with flat tops and extensive interfluvies, create peculiar dissection of the relief, observed in the Pau D'Alho watershed, which presents several sectors susceptible to the formation of erosive processes, in addition to well developed gullies observed *in loco*.

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

Bauru (SP), which made possible to detect more likely sectors to morphogenetic processes. Thus, the characteristics of the Planalto Ocidental Paulista, on the field of geological formations of the Bauru Group, with flat tops and extensive interfluvia create dissection characteristics of the peculiar relief, observed in the watershed of Pau D'Alho stream, showcasing various sectors likely the formation of erosion and well developed gullies observed in loco.

**Key-words:** Geomorphology. Erosion. Watershed.

## Introdução

O processo de crescimento urbano e ocupação do território vêm chamando a atenção de muitos pesquisadores que investigam sua influência sobre a região ocupada tanto nos aspectos físicos como sócio-econômicos (NIR, 1981; ZHANG, MA, WANG, 2008).

Diante desta problemática, destacam-se os estudos da geomorfologia referentes aos levantamentos morfométricos do relevo (TRICART, 1965) os quais buscam compreender sua morfodinâmica, identificar setores potencialmente mais suscetíveis e assim gerar dados que podem auxiliar a urbanização, bem como o controle dos processos erosivos (CHRISTOFOLETTI, 1999; GUERRA e MARÇAL; 2006)

O presente trabalho, tendo considerado estas questões, tem por objetivo analisar a dissecação do relevo da Bacia do Córrego Pau D'Alho, área de expansão urbana do município de Bauru (SP), visando identificar a potencialidade morfogenética da área e apontar quais os setores mais frágeis ao desenvolvimento dos processos geomorfológicos.

A Bacia Hidrográfica do Córrego Pau D'Alho está situada no limite Norte da zona urbana com a zona rural do município, sobre formações geológicas pertencentes ao Grupo Bauru, localizado no compartimento geomorfológico do Planalto Ocidental, o qual se insere na Bacia Sedimentar do Paraná, no Estado de São Paulo.

Assim, tanto Ross e Moroz (1997) como IPT (1981) afirmam que o Planalto Ocidental Paulista abrange cerca de 50% de todo o território paulista, constituindo-



se por um relevo de “colinas amplas e baixas com topos convexos e topos tabulares.” (IPT, 1981, p.42).

Deste modo, a bacia do Pau D’Alho mostra-se oportuna para a modelagem das técnicas utilizadas, por ser uma região tão característica do Estado de São Paulo e que vem, nos últimos anos, sofrendo acelerada ocupação tanto para a expansão urbana, como para os diversos fins econômicos, como a pecuária e cana-de-açúcar.

## Método e Técnicas

O presente trabalho pautou-se no arcabouço teórico-metodológico da Teoria Geral dos Sistemas, o qual vem sendo utilizado nas mais diversas pesquisas geográficas.

A confecção das cartas morfométricas (dissecação horizontal e vertical) pautou-se nas orientações de Spiridonov (1981), adaptadas por Mauro (1991) e atualizadas por Ferreira, et al. (2014, no prelo), o qual apresenta a confecção digital de mapeamentos de dissecação horizontal e vertical por meio do software ArcGis.

Para a elaboração de ambas as cartas, foi necessário, a vetorização no *software* ArcGis10 da base cartográfica, obtida junto a Prefeitura Municipal, na escala 1:10.000, bem como a definição das sub-bacias da área de estudo.

A dissecação horizontal visa quantificar a distância que separa os talwegues das linhas de cumeada. Assim, através desta carta, é possível avaliar o processo de dissecação provocado pelos rios sobre a superfície em estudo (CUNHA, 2001).

Desse modo, a base cartográfica vetorizada com as sub-bacias devidamente delimitadas, empregou-se a técnica digital desenvolvida por Ferreira et.al (2014), cujo aplicativo pode ser obtido através do *download* em <http://1drv.ms/S7ZdgT>.

Diante dos parâmetros teóricos utilizados para a elaboração de tal ferramenta, o processamento automático consiste na criação de polígonos que represente a dissecação horizontal a partir de linhas que conectam a menor distância do canal de drenagem com os limites de sua respectiva sub bacia, criando um ângulo de 90° em relação a estes.

Para isso, as feições utilizadas pela ferramenta consistem nas drenagens, nos polígonos das sub-bacias e no modelo digital do terreno (MDE), além dos parâmetros de segmentação e agrupamento, referentes à escala do mapa. Assim, para um mapeamento em escala 1:10.000, o menor comprimento gráfico que se pode representar em um desenho é 1/5 de milímetro ou 0,2 mm (IBGE, 1999), estabelecendo então o parâmetro de segmentação em 2 metros. Já o parâmetro de agrupamento dos canais de drenagem é uma variável diretamente relacionada a sinuosidade do canal, definindo-se de maneira empírica, para este trabalho, um valor do parâmetro igual a 60 (segmentos).

A carta de dissecação vertical possibilita analisar o poder erosivo dos cursos fluviais bem como identificar e comparar os diversos estágios erosivos (CUNHA, 2001), bem como auxiliar na avaliação da velocidade do fluxo do escoamento superficial, dando respaldo à compreensão de áreas mais susceptíveis aos processos erosivos e a análise dos já existentes, presentes na área em estudo, pois possibilita determinar a altitude relativa do talvegue com a linha de cumeada

O processamento automático consiste na criação de polígonos que representam a dissecação vertical, os quais são delimitados pelas curvas de nível e linhas que se iniciam na intersecção da drenagem com a curva e se estendem até o limite mais próximo da sub-bacia, em uma altimetria superior a curva de nível de origem.

Para isso, as feições utilizadas pela ferramenta consistem nas drenagens, nos polígonos das sub-bacias, nas curvas de nível com seus valores altimétricos e no modelo digital do terreno (MDE), salientando a necessidade de informar, na ferramenta, a escala dos dados trabalhados, que neste caso é de 1:10.000.

Assim, tais técnicas automáticas mostraram-se de suma importância para a elaboração das cartas de dissecação horizontal e vertical, devido a qualidade, mas principalmente ao tempo reduzido, se comparado a técnica manual, ou até mesmo, a semiautomática.

## **Análise dos Resultados**

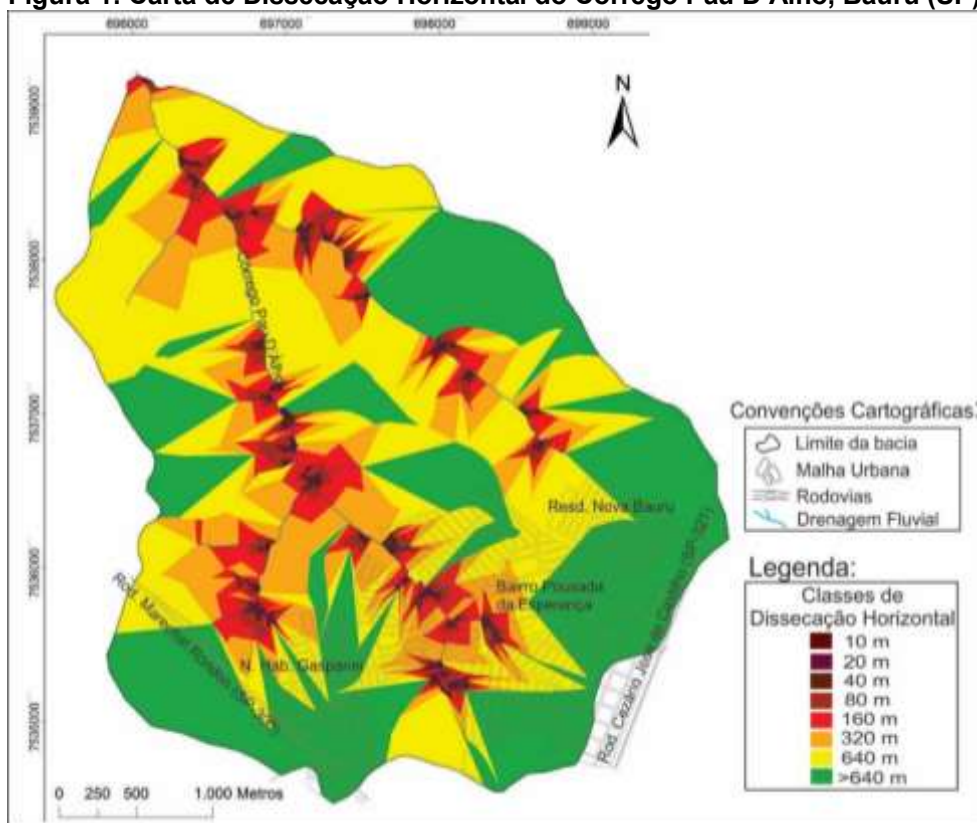
As características físicas (geologia, relevo e hidrografia) da bacia do Pau D'Alho, proporcionam uma disposição hídrica peculiar à região, como observado *in loco*,

com afloramentos do lençol freático em média e baixa vertente, condicionando drenagens de pouca extensão e retilíneas.

Deste modo, as maiores dissecações horizontais ocorrem nas áreas de fundo de vale e baixa vertente, na confluência destas drenagens com os cursos fluviais principais (Figura 1), como podemos observar na parte central da bacia.

Em contrapartida, nos setores de alta vertente e topo, a ação das drenagens sobre a dissecação horizontal do relevo se mostra menos significativa, com um distanciamento das nascentes até os limites de suas sub-bacias superiores a 620m, como observado na parte sul, próximo às rodovias que cruzam a bacia.

**Figura 1: Carta de Dissecação Horizontal do Córrego Pau D'Alho, Bauru (SP).**



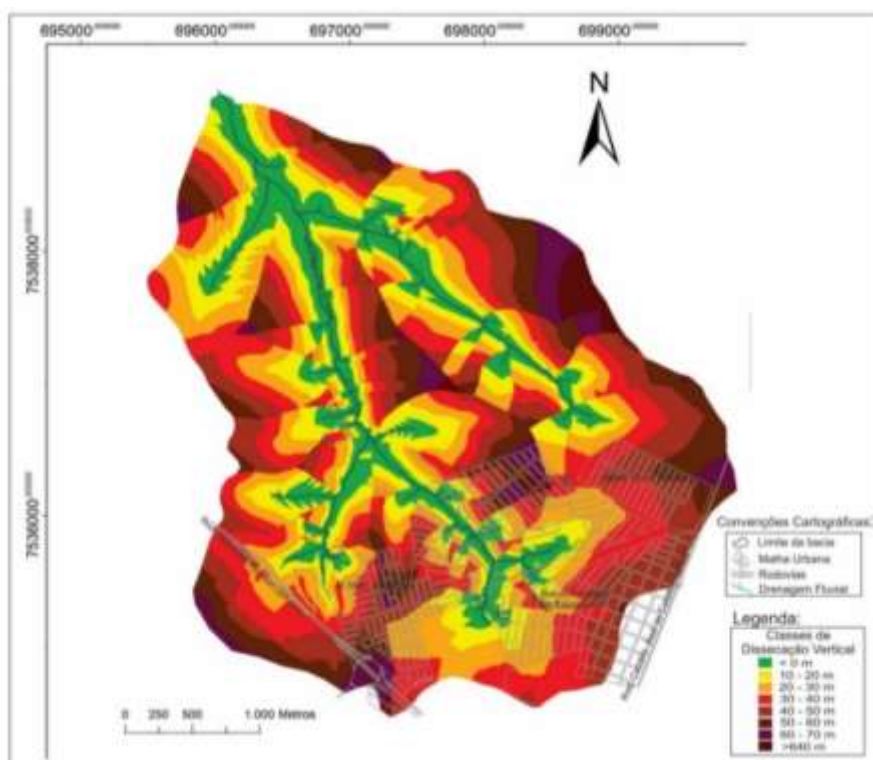
Fonte: Base cartográfica da Prefeitura Municipal de Bauru.

Contudo, diante das extensas rampas presentes, principalmente nas sub-bacias que se estendem até os limites da área de estudo, os valores de dissecação vertical (Figura 2) são mais significativos, indicando a atuação da gravidade no escoamento pluvial superficial pluvial.

Assim, em uma área onde as bacias possuem drenagens de pouca extensão, essas apresentam forte dissecação horizontal (10m, 20m e 40m) nas baixas vertentes e consequentemente, baixa dissecação nas altas vertentes e topo (160m 320m e 640m). Contudo, diante do desnível altimétrico entre os topos e as drenagens, verifica-se um comportamento oposto da dissecação vertical nas sub-bacias da região Sul e Sudoeste, próximas a Rodovia Mal. Rondon (SP-300).

A combinação das classes de dissecação horizontal de 10m, 20m, 40m e até 80m, associadas com classes de dissecação vertical superiores a 60m contribuem para o desenvolvimento dos processos erosivos, inclusive de extensas voçorocas, como observado *in loco*, nas áreas referidas. Devido a essas características de dissecação, o escoamento superficial adquire forte poder abrasivo, contribuindo para a intensificação dos processos denudativos quando atinge as baixas vertentes.

**Figura 2: Carta de Dissecação Vertical do Córrego Pau D'Alho, Bauru (SP).**



Fonte: Base cartográfica da Prefeitura Municipal de Bauru.

Além do mais, as áreas próximas ao médio curso do córrego Pau D'Alho e sua foz, apresentam uma concentração dos maiores valores de dissecação horizontal (10m a 80m), associadas a longas vertentes, com valores de dissecação

vertical superiores a 60m de desnível altimétrico, proporcionando uma área de grande potencialidade a ocorrência erosiva.

Assim, as características físicas da bacia do Pau D'Alho, com colinas amplas e baixas, dão origem a classes de dissecação horizontal e vertical significativas, que quando associadas, intensificam o desenvolvimento dos processos erosivos, podendo esse evoluir para voçorocas as quais acarretam sérios riscos a população, uma vez que trata-se de uma área de expansão urbana.

### Considerações Finais

A compreensão do comportamento da dissecação provocada pelas drenagens sobre o relevo e do escoamento superficial nas vertentes, auxilia na identificação das áreas que carecem de maior atenção do poder público, quanto à implantação dos elementos urbanos, tais como casas, prédios e arruamentos. No caso da bacia do Pau D'Alho, tal atenção deve ser direcionada aos setores Sul, Sudeste e Sudoeste, próximas as rodovias Cezário José de Castilho (SP-321) e a Mal. Rondon (SP-300), as quais coincidem com as áreas de expansão urbana, bem como as áreas centrais, próximas ao médio curso do córrego.

Assim, as cartas de dissecação horizontal e vertical constituem em um importante instrumento, capaz de auxiliar na gestão urbano-ambiental.

### Referências

- CHRISTOFOLETTI. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.
- CUNHA, C. M. L. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental**. 2001. 128 f.: il. + mapas. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.
- FERREIRA, M. V.; et al. A Cartografia da Dissecação Vertical para Avaliação do Relevo: proposta de técnica automática. “Submetido para publicação”
- FERREIRA, M. V.; et al. A Dissecação Horizontal Como Parâmetro Morfométrico Para Avaliação Do Relevo: proposta de técnica digital automática. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 4, 2014
- GUERRA, A. J. T. e MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006
- IBGE. **Noções básicas de cartografia**. Manuais Técnicos em Geociências. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 130p.
- IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**: escala 1:1.000.000. IPT, São Paulo, 1981



NIR, D. **Man, a geomorphological agent**: An Introduction to Anthropic Geomorphology. Jerusalém: Keter Publishing House, 1983  
MAURO, C. A.; et al.. Contribuição ao planejamento ambiental de Cosmópolis - SP - BR. In: **Encuentro de geógrafos de américa latina**, s/n., 1991, Toluca, México. Anais... UEAM, 1991. p.s/p.  
SPIRIDONOV, A. I. Princípios de la metodologia de las investigaciones de campo y el mapeo geomorfológico. Havana: Universidad de la Habana, 1981. Vol. 3, 650p.  
TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson, 1965.  
ZHANG, H.; MA, W.; WANG, X. Rapid Urbanization and Implications for Flood Risk Management in Hinterland of the Pearl River Delta, China: The Foshan Study. **Sensors**, n. 8, p. 2223-2239, 2008

## **Agradecimentos**

À FAPESP pelo apoio e financiamento deste trabalho, pertencente ao processo 2014/07017-9.

## AValiação DA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO LAMINAR NA BACIA DO RIO UBERABINHA/MG

LÍCIA MOREIRA CRUZ<sup>1</sup>

JOSÉ FERNANDO PINESE JÚNIOR<sup>2</sup>

1 Universidade Federal de Uberlândia – UFU

lisia\_mc@yahoo.com.br

2 Universidade Federal de Uberlândia – UFU

zefernandopj@yahoo.com.br

### Resumo

A Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha, área de estudo do presente trabalho, está situada na mesorregião do Triângulo Mineiro em Minas Gerais. O Rio Uberabinha constitui a principal fonte de abastecimento de água para 611.350 habitantes (IBGE. 2010), no município de Uberlândia – MG, além de ser amplamente utilizado para fins agropecuários. Assim, esta constitui uma importante área de interesse de preservação. Os processos erosivos designam o desgaste da superfície terrestre podendo causar diversos impactos negativos. Devido às características climáticas e geomorfológicas, a erosão laminar, causada pela ação da chuva no solo, é atuante nessa bacia. Desse modo, o objetivo do trabalho é mapear a suscetibilidade à erosão laminar da bacia hidrográfica do rio Uberabinha por meio da inter-relação dos fatores: solo, declividade, litologia, uso e ocupação da terra e curvatura do terreno, através da análise multifatorial. Para a elaboração do mapa final de suscetibilidade à erosão laminar foi utilizado o software ArcGis 9.3. Os produtos cartográficos proporcionam um melhor entendimento das possíveis áreas de maior suscetibilidade à erosão laminar. Diante dos resultados foi possível a compreensão da distribuição espacial das áreas de maior suscetibilidade à erosão laminar e foram assinalados os fatores que tem maior influência no desencadeamento desse processo.

**Palavras-chave:** Suscetibilidade. Erosão Laminar. Mapeamento.

### Abstract

The Uberabinha basin, study area situated in the middle region of Triangulo Mineiro in Minas Gerais state. The Uberabinha river is the main source of water supply for 611,350 habitants (IBGE 2010), at the city of Uberlândia - MG, and is extensively used for agricultural purposes. In this way it constitutes an important area to environmental protection. The erosion processes designates to degradation of the earth's surface and may result many negative impacts. Sheetflow erosion is active in this basin due to climatic and geomorphological characteristics, with the rain action on the ground. Therefore, the aim of this study is to map the susceptibility to sheetflow erosion in the Uberabinha river watershed through the interrelation of the factors: soil, slope, lithology, use and occupation of land and field curvature, through the multifactorial analysis. To elaborate the final map of sheetflow erosion susceptibility was used ArcGIS 9.3 software. The cartographic products provide a better  
Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

understanding of potential areas of increased sheetflow erosion susceptibility. Considering the results, it was possible to understand the spatial distribution of the highest sheetflow erosion susceptibility areas and were reported the factors that have most influence on the outcome of this process.

**Key-words:** Susceptibility. Sheetflow Erosion. Mapping.

## 1. Introdução

Os processos erosivos geram o desgaste da superfície terrestre pela ação de agentes como as chuvas, ventos, rios, geleiras e oceanos. A erosão pode tornar-se um fator de degradação ambiental podendo diminuir a produtividade dos solos, provocar o assoreamento dos cursos d'águas, a formação de ravinas e voçorocas. Os estudos dos processos erosivos tornam-se mais relevantes adotando-se como unidade de análise a bacia hidrográfica devido ao seu caráter integrador, dos variados elementos naturais e antrópicos que a compõem. Assim, o estudo da erosão no âmbito de uma bacia hidrográfica proporciona um conhecimento sistemático das condicionantes e dos mecanismos atuantes nesse processo.

A Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha, definida como área de estudo no presente trabalho, está situada na mesorregião do Triângulo Mineiro em Minas Gerais. O rio Uberabinha tem extensão aproximada de 118 Km, é afluente do rio Araguari pela margem esquerda e tem sua nascente localizada na porção norte do município de Uberaba.

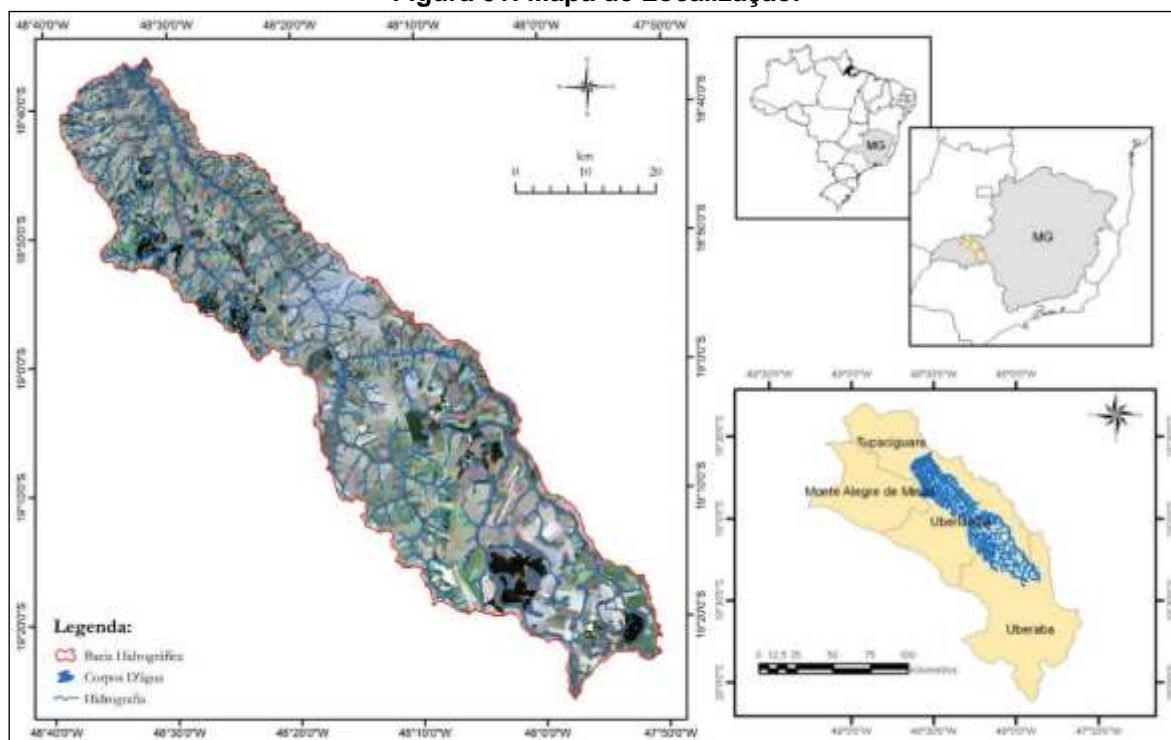
O clima na bacia é o tropical com chuvas concentradas especialmente no verão. De acordo com Guerra (1995) o processo de erosão que mais se observa em ambientes tropicais é a erosão hídrica ou laminar, definida como o processo de desagregação e transporte das partículas do solo pela ação das águas pluviais e é influenciado pela ação de diversos fatores que se inter-relacionam como a intensidade e quantidade de chuva, resistência do solo, relevo e tipo de cobertura vegetal.

Desse modo, o objetivo do trabalho é mapear a suscetibilidade à erosão laminar da bacia hidrográfica do rio Uberabinha por meio da inter-relação dos fatores: solo, declividade, litologia, uso e ocupação da terra e curvatura do terreno, através da análise multifatorial. Para a elaboração do mapa final de suscetibilidade à

erosão laminar foi utilizado o software ArcGis 9.3. e diante dos resultados foi possível a compreensão da distribuição espacial das áreas de maior suscetibilidade à erosão laminar e assinalar os fatores que têm maior influência no desencadeamento desse processo.

A bacia hidrográfica do Rio Uberabinha está localizada na porção oeste do estado de Minas Gerais, na Mesorregião do Triângulo Mineiro, inserida nos municípios de Uberaba, Uberlândia e Tupaciguara. O Rio Uberabinha é afluente da margem esquerda do Rio Araguari e, este por sua vez, compõe a bacia do Rio Paranaíba, um dos formadores da bacia do Rio Paraná (Figura 01).

**Figura 01: Mapa de Localização.**



Fonte: Elaborado pelos autores.

O Rio Uberabinha é um importante manancial de abastecimento para a população de Uberlândia. As Estações de Tratamento de Água (ETAs) de Sucupira e Bom Jardim são as responsáveis por esse abastecimento. O município de Uberlândia demanda uma grande quantidade de água para abastecimento. Segundo dados IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – a população de Uberlândia era de 604.013 habitantes no ano de 2010, dos quais cerca de 97% moravam na área urbana e a taxa de crescimento é de 3% ano (IBGE, 2010).

## 2. Materiais e métodos

O mapeamento, com uso de técnicas de geoprocessamento, para constituir-se um instrumento estratégico para o planejamento ambiental. As técnicas de análise espacial como o geoprocessamento e o sensoriamento remoto promovem a integração e espacialização de uma grade volume de variáveis. Dentro desse contexto os mapas foram elaborados no software ArcGIS 9.3, que constitui SIG produzido pela ESRI – Environmental Systems Research Institute.

Para geração do mapa de suscetibilidade à erosão laminar na bacia do rio Uberabinha inicialmente foram organizados os mapas que compuseram o banco de dados em escala 1:1.000.000. Assim, foram gerados os mapas de Geologia, Tipos de Solos, Declividade, Curvatura em Planta do Terreno e Uso e Ocupação da Terra. Esses mapas foram analisados individualmente e para cada um foram atribuídas classes de menor ou maior interferência na suscetibilidade à erosão laminar. Os pesos variam de 1 a 5, sendo que 1 é o valor que menos contribui para erosão laminar e 5 o que mais contribui. Por fim, através da interpolação desses mapas foi obtido o mapa final de suscetibilidade à erosão laminar.

A ferramenta *Weighted Overlay* do ArcGis 9.3 foi utilizada para processamento dos dados. Essa ferramenta permite o cruzamento ponderado e as relações dos diversos fatores a serem analisados. Foi feita a reclassificação dos valores dos dados de entrada para uma escala comum, neste caso de 1 a 5 para todos os fatores permanentes. Os dados de entrada são ponderados pela importância, quando se aplica, e somados para produzir um dado de saída, representando o mapa de suscetibilidade. Após o processamento e análise dos resultados obtidos, definiu-se o mesmo grau de influência (20%) para cada fator permanente.

## 3. Resultados e discussões

A fim de obter uma melhor contextualização do mapa final de suscetibilidade à erosão laminar, a seguir serão descritas as principais características dos mapas de



Geologia, Uso e Ocupação da Terra, Tipos de Solos, Curvatura em Planta do Terreno e Declividade.

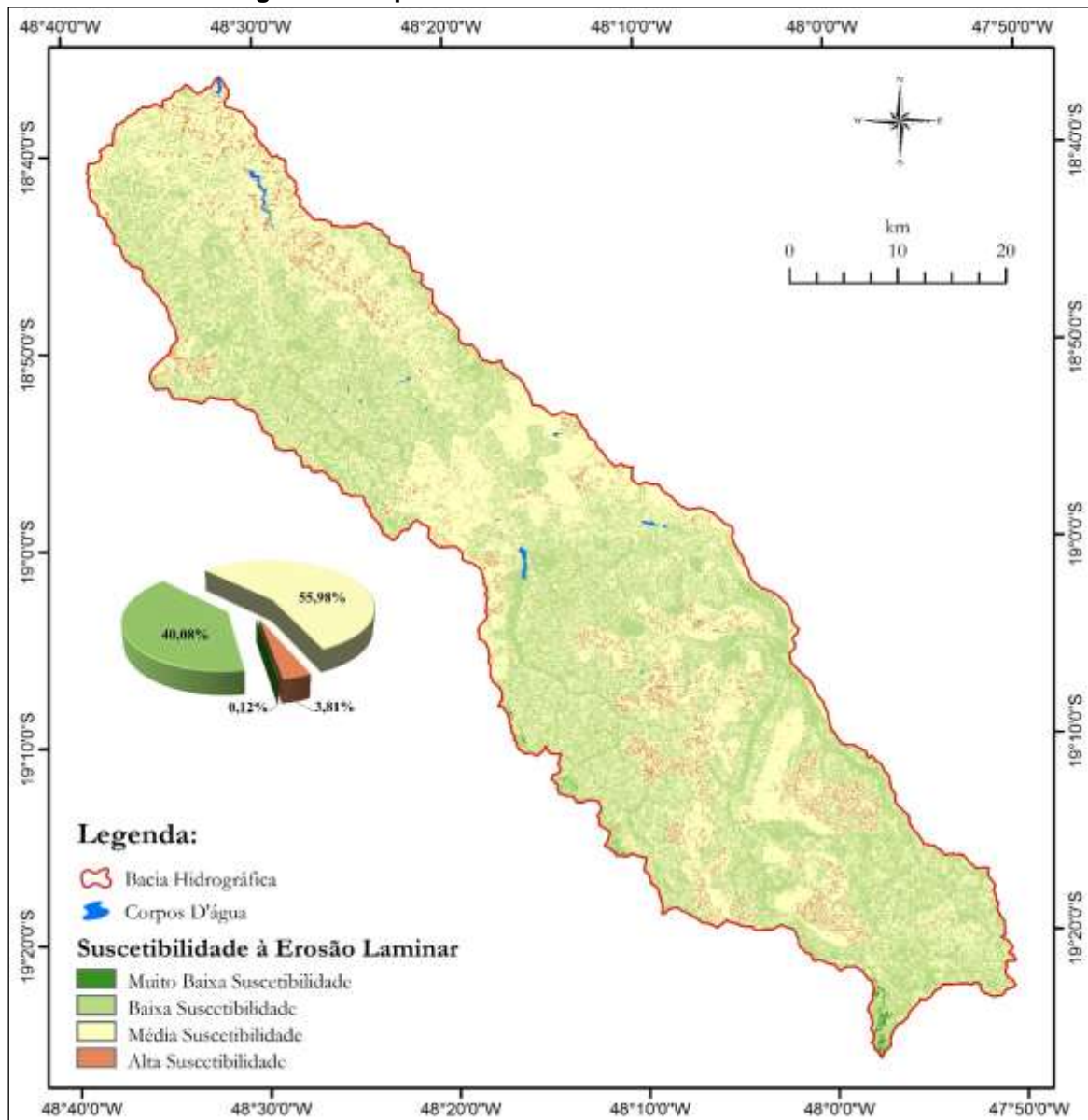
A Geologia da área mais elevada é predominante a Formação Vale do Rio do Peixe de peso 1. O Grupo Marília, de peso 2, é predominante na parte central a jusante da Bacia. A Formação Serra Geral, de peso 3, está presente na porção nordeste da bacia, ampliando sua abrangência na área mais a jusante. O Grupo Araxá, de peso 4, está presente apenas em uma reduzida área próximo a foz do rio Uberabinha. As Coberturas Detrito-lateríticas, com peso 5, foram recorrentes em manchas na porção central a alta da bacia e na zona de contato entre o Vale do Rio do Peixe e a Formação Marília. Desse modo observou-se a predominância de fatores com baixa ou muito baixa influência no processo erosivo laminar.

O uso e ocupação do solo provocaram intensas transformações nessa bacia ao longo das últimas décadas. Até a década de 1970 o cerrado era predominante, no entanto a expansão da agricultura e pecuária extensiva resultou em elevado desmatamento resultando no rompimento do equilíbrio dinâmico e alguns aspectos geomorfológicos e hidrogeológicos foram desencadeados e/ou acentuados.

Para a determinação das classes de uso e ocupação da terra foi feita uma análise de uma composição da imagem LANDSAT 5TM elaborada para a área da bacia, e definindo 5 classes de uso. Áreas de Vegetação Natural são encontradas de forma muito fragmentada e heterogênea pela bacia. As áreas de Agricultura e Silvicultura ocupam principalmente os topos planos da bacia hidrográfica e nas demais áreas as práticas de pecuária extensiva são predominantes. Diante disso os usos de peso 4 e 5 ocupam a maior parte de bacia.

Os tipos de solo mais frequentes na bacia hidrográfica em estudo são o Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo, ambos de média interferência na erosão laminar. Além dos Latossolos ocorrem o Argissolo Vermelho-Amarelo, de peso 1, apenas em uma pequena área próxima à nascente. O Gleissolo Melânico, de peso 2, é verificado próximo às margens do rio Uberabinha no seu alto e médio curso. O Nitossolo Vermelho, peso 4, e o Neossolo Litólico, peso 5, estão presentes na região mais a jusante da bacia onde o relevo torna-se mais acentuado.

Figura 02: Mapa de Suscetibilidade à Erosão Laminar.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O mapeamento das curvaturas do terreno apresentou resultado final intensamente fragmentado, com todas as formas ocorrendo ao longo da bacia. Destaca-se a prevalência de áreas planas na parte mais alta da bacia e os relevos muito convexos e muito côncavos são mais recorrentes na área de relevo mais dissecado a jusante da bacia.

A maior extensão da bacia apresenta declividades entre 0° - 6° e de 6° - 12° e que foram consideradas as de menor suscetibilidade à erosão laminar, sendo atribuídos os pesos 1 e 2 respectivamente. As áreas de declividade entre 12 e 20%

são verificadas principalmente no entorno do baixo curso do rio Uberabinha e também na região próxima a nascente. O mesmo ocorre com as classes de 20-30% e acima de 30% de declividade, porém em menor frequência.

Por fim, da análise multifatorial realizada obteve-se o mapa de suscetibilidade à erosão laminar para a bacia hidrográfica do rio Uberabinha. No mapa predominaram média suscetibilidade à erosão laminar, com 55,98% da área. As áreas de baixa suscetibilidade representam 40,08%.

É possível perceber que a maior suscetibilidade está na parte mais a jusante da bacia, condizendo com as áreas de relevo fortemente dissecado. Algumas manchas de alta suscetibilidade também são constatadas na porção entre a parte alta e média da bacia, onde os usos agrícolas são mais intensos e a litologia é detrito-laterítica (Figura 02). Não ocorreram locais com muito alta suscetibilidade à erosão laminar.

Além dos fatores naturais, as formas de ocupação da terra condicionam fortemente no potencial à erosão que algumas bacias poderão sofrer. Áreas com um mesmo nível de suscetibilidade, ocupadas de maneira diferente, apresentam variados potenciais ao desenvolvimento da erosão laminar. O potencial à erosão laminar pode assim ser definido como resultado da interação entre a suscetibilidade dos terrenos em desenvolver erosão e a ocupação atual das terras.

#### **4. Considerações finais**

A análise do meio físico por meio do uso de mapas que representam a realidade estudada, tem se mostrado de grande relevância para um diagnóstico dos fatores que compõem a dinâmica do meio físico em uma bacia hidrográfica. Nesse aspecto o trabalho mostra-se como subsídio para realização do planejamento ambiental na unidade da bacia hidrográfica do rio Uberabinha. Os softwares de geoprocessamento comprovaram serem ferramentas úteis e eficazes na delimitação das áreas de maior suscetibilidade à erosão laminar.

Na bacia hidrográfica do rio Uberabinha predominam áreas de média e baixa suscetibilidade à erosão laminar, desse modo, o mapeamento apontou para condições favoráveis ao controle da erosão laminar. A ocupação da bacia de

maneira planejada e buscando a manutenção da qualidade ambiental permite que os processos de erosão laminar possam ser evitados.

## Referências

- BORGES, F.A. **Caracterização Temporal das Áreas Úmidas e de Preservação Permanente da Porção de Alto e Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha – MG com Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento**. 2012. 135 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.
- FELTRAN FILHO, A. **A Estruturação das Paisagens nas Chapadas do Oeste Mineiro, 1997**. 252 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. 472 p.
- GUERRA, A.T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.
- IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=317020&search=minas-gerais|uberlandia> Acesso em 15 jul. 2013
- NISHIYAMA, L. Geologia do Município de Uberlândia e Áreas Adjacentes. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, jun 1989, v. 1 n. 1, p. 09-16.
- PEDROSA, A. S. ROCHA, E. A. V. RODRIGUES, S. C. Proposta de Modelagem da Susceptibilidade a Erosão Laminar. Um Estudo de Caso na Bacia do Ribeirão Vai – Vem (GO). Brasil. **Anais**. VII Seminário Latino-Americano e III Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Manaus. 2012.
- SOARES, A.M. **A Dinâmica Hidrológica na Bacia do Alto Curso do Rio Uberabinha – Minas Gerais**. 2008. 227 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

## Agradecimentos

A FAPEMIG (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo apoio financeiro na participação do XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Teresina – PI, 2015.

## IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS SUSCETÍVEIS A ESCORREGAMENTOS ROTACIONAIS NA FOLHA PAULISTA (1:25:000) – REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE/PE

EDMÁRIO MARQUES DE MENEZES JÚNIOR<sup>1</sup>  
MARCELO RICARDO BEZERRA DE MIRANDA<sup>2</sup>  
OSVALDO GIRÃO DA SILVA<sup>3</sup>

1 Universidade Federal de Pernambuco – UFPE/PPGEO  
edmario.menezes@hotmail.com

2 Instituto Federal de Pernambuco – IFPE/DASS/CGEO  
marcelorbmiranda@gmail.com

3 Universidade Federal de Pernambuco – UFPE/DCG/PPGEO  
osgirao@gmail.com

### Resumo

Os fenômenos morfodinâmicos na Região Metropolitana do Recife (RMR) são recorrentes, mediante as feições geomorfológicas, o substrato geológico, os condicionantes pedogenéticos e o perfil climatológico no âmbito pluvial, construindo um ambiente favorável para tais eventos. Dentre os processos morfodinâmicos, os movimentos de massa, destacando os escorregamentos rotacionais, neste trabalho denominado de deslizamentos, são recorrentes durante o período chuvoso (outono-inverno). Contudo, a relação sociedade-natureza em um ambiente urbano sugere grandes modificações na paisagem, resultando na readaptação dos processos naturais os quais podem atingir a própria sociedade, como por exemplo, as enchentes, alagamentos, erosões e os próprios movimentos de massa em geral. Diante da problemática existente entre o homem e a natureza surge a necessidade de desenvolver estudos que forneçam dados a partir da investigação e análise de áreas que apresentem maior risco aos eventos naturais, especialmente os deslizamentos. A área investigada corresponde a Folha Paulista (1:25.000) que reuni porções dos municípios de Igarassu, Abreu e Lima, Paulista, Olinda, Recife e Camaragibe. O estudo se preocupou em mapear áreas susceptíveis aos deslizamentos de terra utilizando a metodologia da AHP (*Analytic Hierarchy Process*), a qual seleciona critérios previamente mapeados, avalia o grau de importância entre os critérios, finalizando com a álgebra no *software* ArcGIS 9.3 entre os critérios, resultando no mapa de suscetibilidade aos deslizamentos.

**Palavras-chave:** Deslizamentos. Geomorfologia. Suscetibilidade.

### Abstract

The morphodynamic phenomena in the Metropolitan Region of Recife (RMR) are recurring by geomorphological features, the geological substratum, pedogenic conditions and the climatic profile in the rain under, building a favorable environment for such events. Among the morphodynamic processes, the mass movements, highlighting the slumps, this work are termed as landslides, are recurring during the rainy season (autumn-winter). However, the relationship between society and

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>



nature in an urban environment suggests major changes in the landscape, resulting in the rehabilitation of the natural processes which can reach society itself, such as floods, flooding, erosion and own mass movements in general. Given the existing problems between humanity and nature arises the need to develop studies to provide data from the research and analysis of areas posing the greatest risk to natural events, especially landslides. The study area comprises the Paulista chart (1:25.000) and groups territorial boundaries of the cities of Igarassu, Abreu e Lima, Paulista, Olinda, Recife and Camaragibe. The study bothered to map areas susceptible to landslides using the methodology of AHP (Analytic Hierarchy Process), which selects previously mapped criteria, evaluates the degree of importance between criteria, ending with algebra in ArcGIS 9.3 software between the criteria resulting in susceptibility to slides map.

**Key-words:** Landslides. Geomorphology. Susceptibility.

## 1. Introdução

A natureza em sua dinâmica cíclica exhibe um cenário muitas vezes de difícil compreensão quando submetido a acontecimentos de elevada magnitude, sobretudo quando apresenta a probabilidade de atingir a sociedade. Contudo, com ou sem a participação desta na deflagração dos acontecimentos, estes se farão presentes perante os próprios condicionantes naturais.

É de extrema importância investigar os elementos responsáveis por qualquer evento dessa natureza, objetivando perceber qual a magnitude, a recorrência e a localização, seja em locais ocupados pela população ou não. Dentre as várias possibilidades, o presente estudo estará emoldurado pelos movimentos de massa, especificamente os deslizamentos.

A Região Metropolitana do Recife (RMR) é caracterizada por uma intensa ocupação populacional e de grande impacto ambiental, modificando a paisagem desde o início do século XVI com as atividades extrativistas, agrícolas e, mais recentemente, com a expressiva ocupação demográfica horizontal resultante da atração de um dos maiores polos comerciais e de prestação de serviços do país. Este progresso expansivo de uso e ocupação da terra permitiu impactos ambientais severos nas últimas décadas, tais como a retificação de canais, corte de encostas, retirada da cobertura vegetal natural etc., que em conjunto promovem uma readequação do sistema ambiental físico/natural.

Neste sentido, surgiu o interesse de se mapear áreas que apresentem suscetibilidade a eventos naturais que levam a escorregamentos rotacionais no interior da RMR, visto que esta área está inserida em um clima quente e úmido, com média pluviométrica superior a 2.400 mm/ano, sendo o período de outono-inverno o mais chuvoso, quando são precipitados índices médios de 1.700 mm (CPRH, 2003), sendo tal período o mais propenso a eventos de escorregamentos.

A área de estudo compreendendo a Folha Paulista de 1:25.000 com 190,6 km<sup>2</sup>, reunindo porções diferentes de seis municípios da RMR: Olinda (5,8%), Camaragibe (7,7%), Igarassu (13,8%), Abreu e Lima (22%), Paulista (22,3%) e Recife (28,4%). A área está inserida na Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba, contemplando as Formações Beberibe, Gramame, Barreiras e Sedimentos Holocênicos (CPRH, 2003). Os Tabuleiros pouco Dissecados, as Colinas (Tabuleiros Dissecados) e a Planície emolduram a paisagem como Unidades Geomorfológicas (BRASIL/MME, 1981, CORRÊA, 2006; GIRÃO *et al*, 2007). Quanto aos aspectos pluviométricos, estes são derivados da convergência de sistemas atmosféricos que podem resultar em eventos pluviais de até 50 mm/dia (MOLION e BERNARDO, 2002), porém, há possibilidades de eventos intensos e recorrentes, como os 250 mm de precipitação registrados entre os dias 16 e 18 de junho de 2010 (CPTEC, 2010).

## 2. Metodologia do Trabalho

Para este trabalho fez uso da metodologia proposta por Saaty (2008), que utiliza a *Analytic Hierarchy Process* (AHP) entre critérios a partir de uma matriz correlacionada atribuindo pesos entre os elementos envolvidos na análise.

Contudo, para que fosse possível confeccionar a AHP, iniciou-se os trabalhos elencando os critérios: geológicos, pedológicos, curvatura da encosta, declividade e uso da terra. Possuindo cada critério os seus respectivos atributos (legenda de cada critério), através da análise de cada atributo quanto ao grau de suscetibilidade aos deslizamentos, julgou-se em três níveis: 1 – Baixo; 2 – Médio e 3 – Alto. Assim, foi possível prosseguir construindo a matriz de correlação, desenvolvida na análise comparativa em grau de importância (1 a 9) de um critério com o outro, resultando no peso de cada critério sobre o par comparado, estando o 1 representando o

mesmo grau de importância e o 9 a importância absoluta. Essa matriz comparativa entre os critérios forneceu um peso para cada critério que posteriormente foram lançados em uma álgebra no *software* ArcGIS 9.3 para culminar no mapa de suscetibilidade.

Todos os mapas foram transformados em *raster* no *software* ArcGIS 9.3 para que fosse possível realizar a álgebra, que resultou no mapa de suscetibilidade. Contudo, objetivando validar a metodologia como ferramenta no mapeamento de áreas susceptíveis a deslizamentos, buscou-se pontos de coletas classificando-os em urbanos e periurbanos, mediante a classificação de Machado e Machado (2002) e aferiu-se a geometria da encosta com a Estação Total TS02 Laica e demarcação do ponto com o GPS Garmim Etrex Vista HCx. A geologia e a pedologia utilizou-se a classificação proposta por Silva (*et al.*, 2001).

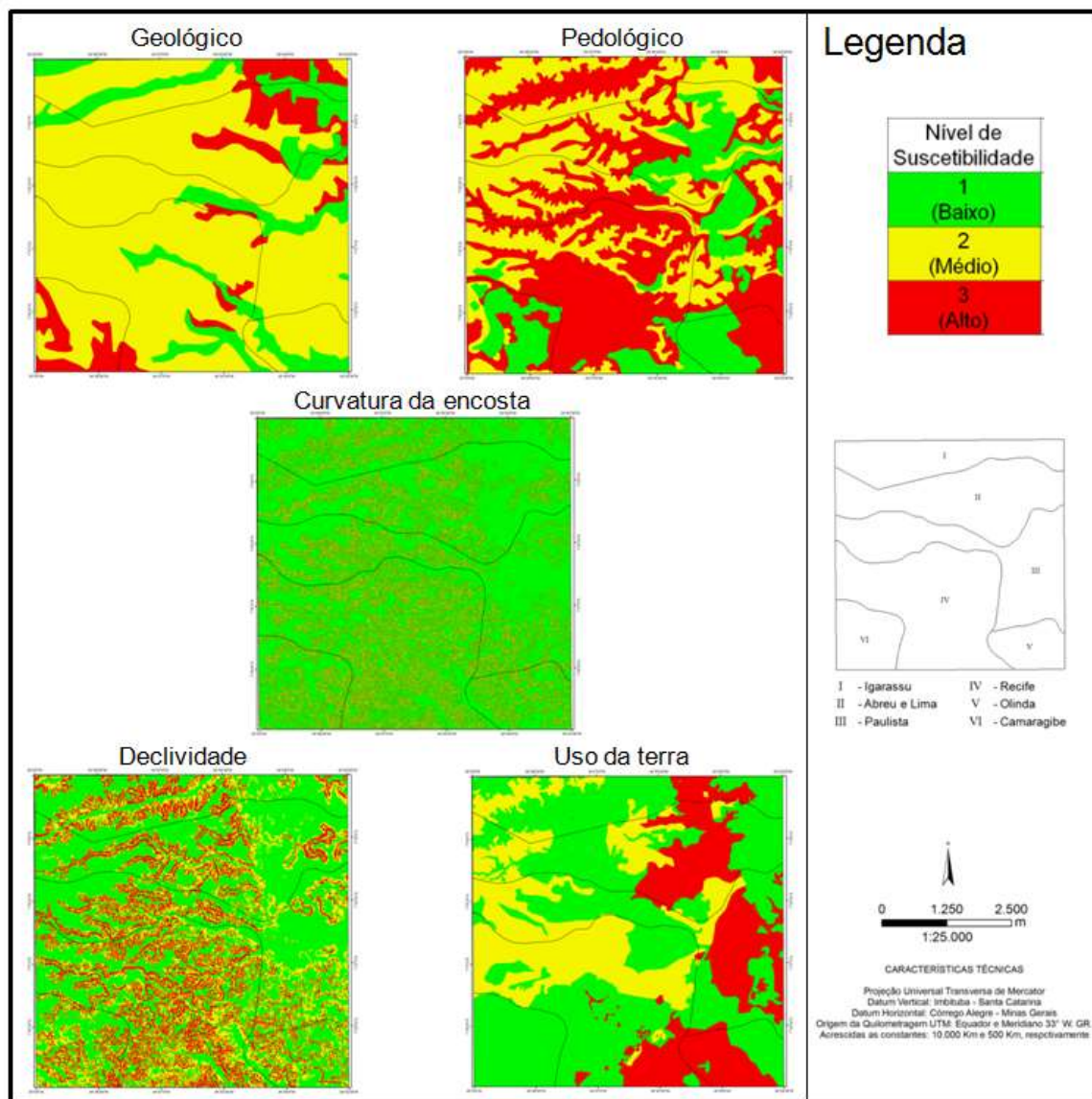
### 3. Resultados e Discussões

Dentre os critérios selecionados para a confecção do mapa de suscetibilidade atribuiu-se a maior importância para os níveis mais críticos. O geológico apresentou 11,54% de sua área condizente aos riscos mais elevados, compreendendo as Formações Beberibe e Gramame. Para o pedológico, 47,17% da área, relacionada ao Argissolo e uma pequena porção de solo de mangue, preenchendo os níveis mais elevados de suscetibilidade. A curvatura da encosta apresentou 9,42% da área com suscetibilidade maior. A declividade espacializou 20,05% da área nos níveis mais elevados, representando pela declividade superior a 27°. Enquanto que o critério de uso da terra revelou 21,26% da área reservada aos níveis de suscetibilidade elevada, correspondendo às áreas urbanas e ambientes de solo exposto, conforme Figura 1.

Após o mapeamento individual dos critérios e geração em *raster*, efetuou-se a análise comparativa pelo grau de importância entre os critérios para extrair os pesos visando a formulação da álgebra necessária para a obtenção do mapa final da suscetibilidade. Após a análise em pares de todos os critérios pelo método da AHP, confeccionou-se matriz de normalização para a obtenção dos pesos, *vide* Tabela 1.

Com os pesos definidos, realizou-se a álgebra no ArcGIS 9.3 que resultou no mapa de suscetibilidade aos deslizamentos, presente na Figura 2, a qual já consta os pontos de coleta *in loco*, a fim de validar a metodologia.

Figura 1 – Mapas da suscetibilidade aos deslizamentos por critérios.



Fonte: Autores.

A partir dos 6 (seis) pontos aleatórios de coleta, contemplando todos os níveis de suscetibilidade e as duas categorias de uso (Urbano e Periurbano), verificou-se que todos os pontos apresentavam as mesmas características previamente mapeadas, logo assumindo o mesmo grau de suscetibilidade.



Tabela 1 – Matriz de normalização entre os critérios.

Critério	Uso	Geológico	Pedológico	Declividade	Curvatura	Peso
Peso	0,05	0,11	0,15	0,38	0,31	

Fonte: Autores.

Constatou-se que as características dos critérios dos pontos investigados estavam condizentes com os do mapeamento previamente confeccionado. Além da soberania da curvatura da encosta e da declividade sobre os outros critérios.

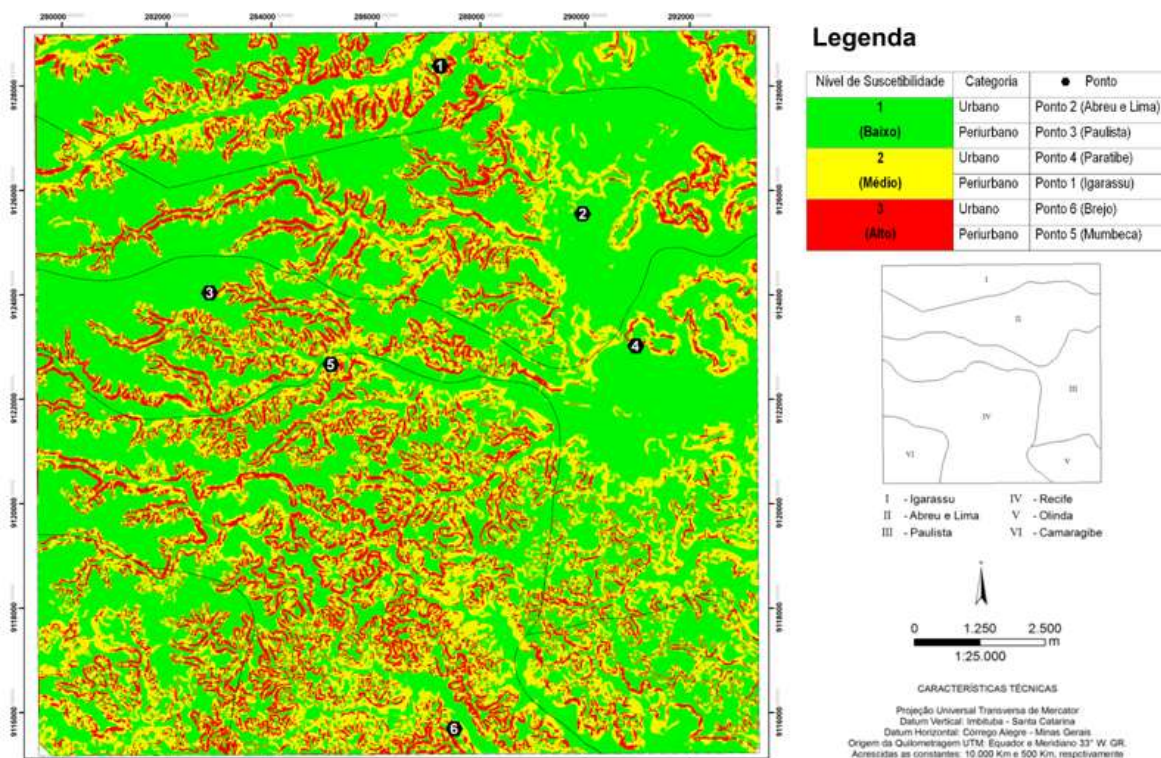


Figura 2 – Mapa de suscetibilidade a deslizamentos na Folha Paulista (1:25.000)

Fonte: Autor

Para o primeiro, as feições que o perfil vertical se apresentou de forma côncava ou convexa agrupadas à geometria horizontal condizente a mesma classificação, traduziu encostas mais susceptíveis aos deslizamentos, assim como nos níveis de declividade superior aos 11°. Sobremaneira nas que se encontram no primeiro nível da suscetibilidade mais elevada, entre 17° e 27°, e superiores. E para os demais critérios, que obtiveram pesos inferiores, quando apresentaram índices de suscetibilidade elevados, mesmo não possuindo uma proeminência numérica quanto



ao peso para a álgebra final, quando foram encontrados reunidos em dois ou três, nos pontos investigados, resultou na elevação da suscetibilidade final.

#### 4. Considerações finais

O mapa de suscetibilidade forneceu resultados confiáveis, ratificado na análise dos pontos por se enquadrarem nas classificações do próprio mapeamento. Este resultou, majoritariamente, em áreas com baixa suscetibilidade (56,73%) da Folha Paulista (1:25.000), enquanto que 28,66% para o nível médio e 14,61% para o alto. A maior espacialização do nível inferior esteve ligada aos Tabuleiros pouco dissecados, a oeste, e a planície, a leste. Contudo, em relação às áreas de maior suscetibilidade se notou que estão localizadas, sobremaneira, na encostas entre os Tabuleiros pouco dissecados e as colinas, por representarem a região de maiores declives na mudança de patamar.

E quanto aos níveis de suscetibilidade analisados pela área investigada (urbano ou periurbano), resultou na maior suscetibilidade nos pontos urbanos, compreendendo a 66,7%, denunciando que ou a ocupação se fez em ambientes de suscetibilidade já significativa, devido à proximidade do centro do Recife, estando essas áreas periféricas sobre as colinas e percebendo que para oeste a suscetibilidade diminui ao repousar nos Tabuleiros; ou corroborando com a proposta anterior, que a população agravou os condicionantes deflagradores dos deslizamentos, visto que os pontos 1 (Igarassu) e 4 (Paratibe), referentes ao nível médio, se localizam na mesma Unidade Geomorfológica (Colinas).

#### Referências

- AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HIDRICOS (CPRH). **Diagnóstico socioambiental do litoral norte de Pernambuco**. Recife, 2003. 214p.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Projeto Radambrasil**, Folhas Jaguaribe/Natal, v. 23. Rio de Janeiro, 1981. 744p.
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). **Boletim técnico. Análise Sinótica: 19/06/2010-00Z**. Disponível em: <[http://tempo.cptec.inpe.br/bol\\_tecnico.shtml](http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml)>. Acesso em: 23 jun. 2013.
- CORRÊA, A. C. B. Contribuição à Análise do Recife como um Geossistema Urbano. In: **Revista de Geografia**. Recife: UFPE DCG/NAPA, v. 23, n. 3, jul/dez. 2006.

GIRÃO, O. CORRÊA, A. C. B. e GUERRA, A. J. T. Encostas urbanas como unidades de gestão e planejamento, a partir do estudo de áreas a sudoeste da Cidade do Recife/PE. **Revista de Geografia**, Recife, v. 24, p. 236-261, 2007.

MACHADO, A. T.; MACHADO, C. T. de T. **Agricultura urbana**. 1. ed . Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 25 p.

SAATY, T. L. Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors The Analytic Hierarchy/Network Process. RACSAM - **Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat.**p. 251-318, 2008.

SILVA, F. B. R. *et al.* **Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos – Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento – UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), 2001. CD-ROM – (Embrapa Solos, Documentos n.35).

## ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS SOLOS EM ÁREAS DEGRADADAS POR VOÇOROCAMENTO NA ILHA DO MARANHÃO

PAULA RAMOS DE SOUSA<sup>1</sup>

TAIZE CRISTINA RAMOS COSTA<sup>2</sup>

THIAGO PEREIRA SILVA<sup>3</sup>

JOSÉ FERNANDO RODRIGUES BEZERRA<sup>4</sup>

1 Universidade Estadual do Maranhão – UEMA  
paula.ramos26@yahoo.com.br

2 Universidade Estadual do Maranhão – UEMA  
taizecris@outlook.com

3 Universidade Estadual do Maranhão – UEMA  
thiago.p.silva@hotmail.com

4 Universidade Estadual do Maranhão – UEMA  
fernangeo@yahoo.com.br

### Resumo

O presente artigo tem como objetivo analisar as propriedades físicas dos solos de áreas degradadas por voçorocamento na Ilha do Maranhão. Os procedimentos técnico-operacionais consistiram de: Levantamento bibliográfico e cartográfico, identificação das áreas degradadas por processos erosivos, coleta de amostras em campo e análises em laboratório. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas para serem analisadas em laboratório através dos parâmetros de Densidade do Solo, Densidade de Partículas e Porosidade Total como forma de determinação da erodibilidade dos solos em três voçorocas estudadas. A metodologia empregada para a realização das análises foram baseadas nos métodos da EMBRAPA (2011), Blake e Hartge (1986), Bowes (1986). Os resultados demonstram que em todas as áreas pesquisadas existe uma variação nos valores dos parâmetros de erodibilidade o que indica que algumas áreas possuem maior índice de degradação do solo. Conclui-se que é importante conhecer o comportamento dos solos através de suas propriedades físicas como forma de planejar ações de controle e prevenção de processos erosivos com consequente perda de solo produtivo.

**Palavras-chave:** Erosão. Solos. Erodibilidade.

### Abstract

This article aims to analyze the physical properties of degraded soil areas by voçorocamento in Maranhão Island. The technical and operational procedures consisted of: bibliographic and cartographic survey, identification of areas degraded by erosion, collecting samples in the field and laboratory analysis. Disturbed soil samples were collected and undisturbed for analysis in the laboratory by the Soil density parameters, Particle Density and Porosity Total as a way of determining the soil erodibility in three gullies studied. The methodology used to perform the analyzes were based

on methods of EMBRAPA (2011), Blake and Hartge (1986), Bowes (1986). The results show that in all tested areas there is a variation in the values of erodibility parameters indicating that some areas have a greater rate of soil degradation. In conclusion, it is important to know the soil behavior through their physical properties as a way of planning control and prevention of erosion and consequent loss of productive land.

**Key-words:** Erosion. Soil. Erodibility.

## 1. Introdução

Erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado de partículas do solo causado pela água e pelo vento. De acordo com Bertone e Lombardi Neto (2010), a erosão do solo constitui, sem dúvida, a principal causa de depauperamento acelerado das terras.

Segundo Carvalho (1994), há duas formas erosão: a geológica e a acelerada. A erosão geológica, ou mais amplamente, geomorfológica, é aquela processada normalmente, sendo também chamada de natural ou normal, envolve o arranque das partículas ou materiais (solos, formações superficiais e pedras) e o seu transporte, ou deslocamento, sem intervenção humana. A erosão acelerada, dita antrópica ou induzida pelo homem, é aquela provocada pela ação humana.

Existem ainda os fatores controladores que determinam as variações nas taxas de erosão: erosividade da chuva, propriedades do solo, cobertura vegetal e características das encostas. É por causa da interação desses fatores que certas áreas erodem mais do que outras. A intervenção do homem pode alterar esses fatores e, conseqüentemente, apressar ou retardar os processos erosivos.

Dentre estes fatores a pesquisa trata das propriedades do solo, de grande importância nos estudos de erosão, porque, juntamente com outros fatores, determinam a maior ou menor susceptibilidade a erosão. Para Guerra e Cunha, (2001), a erodibilidade do solo não é estática, mas pode variar em função do tempo.

## 2. Métodos e técnicas da pesquisa

Para alcançar os objetivos da pesquisa foram utilizados os procedimentos a seguir: levantamento bibliográfico e cartográfico; atividades de campo e laboratório para a identificação das áreas com ocorrência de voçorocas e coleta de amostras de

solo. Estas etapas foram realizadas com o auxílio do *Software* Google Earth (2014) e do uso de GPS Garmin. Foram analisadas três áreas identificadas com ocorrência de degradação por voçorocamento (Voçoroca CEPROMAR, Voçoroca Torres e Vila Industrial II) em cada uma delas foram coletadas 5 amostras indeformadas totalizando 15 amostras, através de um anel volumétrico de bordas cortantes com capacidade para 100 cm<sup>3</sup> (Foto 1).

Foto 1 – Amostra indeformada



Fonte: Própria pesquisa, 2015.

Foto 2 – Análise em laboratório



Fonte: Própria pesquisa, 2015.

As amostras indeformadas da voçoroca CEPROMAR foram coletadas em intervalos de 30 cm cada sendo 1 amostra superficial com 10 cm e mais 6 amostras totalizando 7 amostras. No talude da voçoroca Torres foram coletadas 4 amostras deformadas em intervalos de 30 cm cada sendo 1 superficial com 10 cm, totalizando 5 amostras. Na voçoroca da Vila Industrial II foram coletadas 6 amostras deformadas com intervalos de 50 cm cada.

As análises das amostras descritas acima foram realizadas no Laboratório de Geociências do Curso de Geografia vinculado ao Departamento de História e Geografia (DHG) da Universidade Estadual do Maranhão (Foto 2).

Os parâmetros de erodibilidade dos solos utilizados nas análises foram: Densidade do Solo, Densidade de Partículas e Porosidade Total, de acordo com o Manual de método de análise de solo da EMBRAPA (2011), seguindo também o

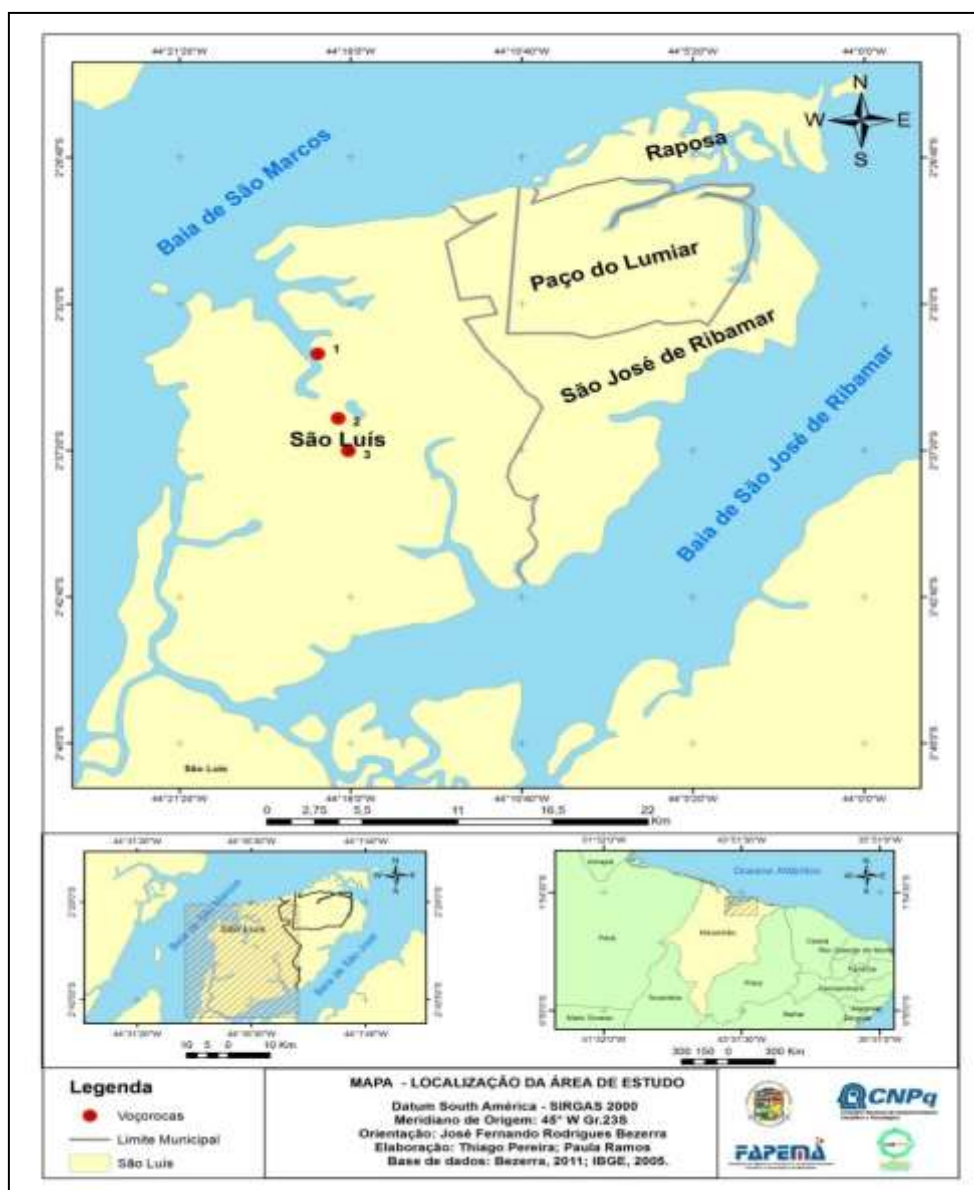


método de Blake e Hartge (1986) e Bowes (1986). Os trabalhos de campo basearam-se nas técnicas de pedologia de Oliveira e Venturi (2011).

### 3. Resultados e Discussão

A erosão dos solos causa quase sempre uma série de problemas ambientais em nível local ou até mesmo em grandes áreas. Na Ilha do Maranhão (Mapa 1) existem áreas com ocorrência de processos erosivos com alto índice de degradação.

Mapa 1 – Localização da área de estudo.



Neste sentido, a análise de algumas propriedades do solo se tornam significativas na medida de sua importância como fator controlador do processo erosivo.

Conforme Kiehl (1979), a densidade do solo pode ser definida como sendo a relação existente entre a massa de uma amostra de solo seca e a soma dos volumes ocupados pelas partículas e pelos poros. Está relacionada à maior ou menor compactação do solo, pois a mesma pode variar alterando-se de acordo com sua estruturação. Um mesmo tipo de solo pode apresentar valores diversos para a densidade do solo, pois este valor geralmente aumenta com a profundidade do perfil devido as pressões exercidas pelas camadas superiores. A densidade do solo também depende da natureza, das dimensões e da forma como estão dispostas as partículas do solo.

A densidade de solo é uma das características importantes na avaliação dos solos. Essa característica está associada à estrutura, à densidade de partícula e à porosidade do solo, podendo ser usada como uma indicadora de processos de degradação da estrutura do solo, que pode mudar em função do uso e do manejo do solo (EMBRAPA, 2008).

Outro fator que influencia no aumento da densidade do solo é o teor de matéria orgânica, ou seja, a diminuição de matéria orgânica no solo provoca um crescimento na ruptura dos agregados e conseqüentemente o surgimento de crostas na superfície do solo o que aumenta sua compactação.

De acordo com Kiehl, (1979), a densidade de partículas refere-se ao volume de sólidos de uma amostra de terra, sem considerar a porosidade. Por definição entende-se como sendo a relação existente entre a massa de uma amostra de solo e o volume ocupado por suas partículas sólidas.

De maneira geral quanto mais elevada for a densidade do solo, maior será sua compactação, menor será sua estruturação, menor sua porosidade total e, conseqüentemente maiores serão as restrições para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Assim é possível observar na Tabela 1 que os valores de densidades do solo variam em todas as amostras analisadas, ou seja, em todas as voçorocas pesquisadas existe pelo menos uma amostra indicando maior índice de

compactação do solo (amostras 5, 9 e 15 – destacadas em vermelho). Os menores valores para densidade do solo (amostras 2, 8 e 12 – destacadas em verde) apresentaram presença de matéria orgânica fator que justifica os maiores percentuais de porosidade total.

**Tabela 1 – Relação entre a Densidade do Solo, Densidade de Partículas e Porosidade Total das áreas degradadas por voçorocamento na Ilha do Maranhão.**

<b>Amostras</b>	<b>Identificação da Voçoroca</b>	<b>Peso do solo úmido (g)</b>	<b>Peso do solo seco (g)</b>	<b>Densidade do Solo (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidade de Partículas (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Porosidade Total (%)</b>
1	<b>CEPROMAR</b>	161,781	161,272	1,61	2,53	36 %
2		146,485	139,557	<b>1,39</b>	2,85	<b>51 %</b>
3		163,713	160,038	1,60	2,56	37 %
4		153,298	148,119	1,48	2,81	47 %
5		181,336	180,871	<b>1,80</b>	2,81	<b>35 %</b>
6	<b>Torres</b>	169,870	163,371	1,63	2,85	42 %
7		150,647	146,777	1,46	2,70	45 %
8		136,508	132,329	<b>1,32</b>	2,98	<b>55 %</b>
9		216,682	210,348	<b>2,10</b>	2,70	<b>22 %</b>
10		189,338	178,338	1,78	2,77	35 %
11	<b>Vila Industrial II</b>	192,445	172,116	1,72	2,70	36 %
12		151,836	139,531	<b>1,39</b>	2,56	<b>45 %</b>
13		163,229	150,003	1,50	2,77	45 %
14		189,973	176,495	1,76	2,89	39 %
15		219,131	207,566	<b>2,07</b>	2,81	<b>26 %</b>

Fonte: Própria pesquisa, 2015.

A porosidade pode ser definida como sendo o volume de vazios ou ainda o espaço de solo não ocupado pelos componentes sólidos, está relacionada de maneira inversa com a densidade do solo, ou seja, com o aumento da densidade do solo a porosidade diminui e, em consequência ocorre a redução de infiltração de

água no solo. Na Tabela 1 é possível verificar uma variação nos percentuais de porosidade total nas amostras analisadas, observa-se que as amostras com os menores valores de porosidade são as que apresentaram maior densidade do solo, portanto estão mais compactadas em relação às outras amostras. Ao observar os dados de Porosidade Total nas três voçorocas estudadas nota-se que a CEPROMAR apresentou os maiores percentuais com variação entre 30 e 50 %, a voçoroca Torres apresentou variação entre 20 e 50 % já a voçoroca da Vila Industrial II obteve variação entre 20 e 45 %. Os dados indicam que a voçoroca com maior erodibilidade é a da Vila Industrial II, ou seja, mais suscetível a degradação em relação às demais.

#### 4. Conclusões

Analisar o problema da erosão sob o ponto de vista da origem é uma das formas de lidar com o problema e também possibilitar ações de controle do uso e manejo do solo. Entende-se que o planejamento de ações e estratégias de conservação do solo se torna mais preciso quando se estuda o comportamento dos fatores que exercem controle sobre os mesmos. Em todas as áreas pesquisadas percebeu-se que além do fator físico característico dos solos, o fator antrópico também contribui para o nível de degradação destas áreas através do uso e manejo indevidos como a retirada da vegetação, extração solo para a construção civil e ocupações irregulares.

#### Referências

- BERTONE, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 7.ed. Ícone: São Paulo, 2010.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: **Methods of soil analysis**. Part. 1, 2<sup>nd</sup> ed., Madison, American society of Agronomi, 1986. Pp.377-382
- BOWEN, J. A. **Engineering properties of soils and their measurements**. Third edition. McGraw-Hill book Company, NY, 1986.
- CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994.
- EMBRAPA. **Determinação da densidade de solos e de horizontes cascalhentos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 11p.
- EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia: relações solo – planta**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres LTDA, 1979.
- OLIVEIRA, D. Técnicas de Pedologia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.) **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. Editora Sarandí, São Paulo, 2011.



Territórios Brasileiros: Dinâmicas,  
Potencialidades e Vulnerabilidades  
28 de junho a 04 de julho de 2015  
Teresina - Piauí

## Agradecimentos

À Universidade Estadual do Maranhão pela concessão da bolsa, à Fapema e o CNPq pelo financiamento da pesquisa, ao Laboratório de Geociências do Departamento de História e Geografia (DHG) e ao GEOMAP - Grupo de Pesquisa Geomorfologia e Mapeamento pelo apoio.



## O PAPEL DOS DOBRAMENTOS DE FUNDO NA EVOLUÇÃO DO RELEVO DA REGIÃO SERRANA DO ESPÍRITO SANTO: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BENEVENTE

ROBERTO JOSÉ HEZER MOREIRA VERVLOET<sup>1</sup>

1 Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – FFLCH/USP.  
rvervloet@usp.br

### Resumo

Os dobramentos de fundo são um tipo de feição tectônica que responde pela gênese de sistemas de knickpoints que controlam os níveis de base local e regional de erosão do relevo da Região Serrana do Espírito Santo. Eles ocasionam evolução diferencial da rede de drenagem e, conseqüentemente, diversidade de compartimentos de relevo. Através do método da associação e indeterminação geomorfológica de Leopold e Langbein (1970) foi pesquisada a relação que ocorre entre essa evolução diferencial hidrográfica, dobras de fundo e compartimentos de relevo, tendo a bacia hidrográfica do Rio Benevente como área amostral de estudo. As conclusões as quais chegamos evidencia que knickpoints contínuos (knickzonas) que ocorrem nos perfis longitudinais dos rios estão fortemente condicionados pelo ângulo de mergulho da foliação metamórfica das rochas do Complexo Paraíba do Sul, associados à distribuição espacial das dobras. Fato que ajuda explicar a heterogeneidade evolutiva dos cursos fluviais e dos níveis de base locais e regionais que controlam a gênese do relevo.

**Palavras-Chave:** Geomorfologia estrutural. Evolução de drenagem. Compartimentação geomórfica.

### Abstract

The depth folds are a type of tectonic feature\_who is responsible for the genesis of knickpoints systems\_that control the local base levels and regional relief erosion in the mountainous region of the Espírito Santo.\_They cause differential evolution of the drainage network and therefore diversity relief compartments.\_Through geomorphological method of association and indeterminacy of Leopold and Langbein (1970)\_was investigated the relationship that occurs between that river differential evolution, depth folds and relief compartments\_with the watershed of the River Benevente as sample area of study.\_The conclusions which we reached shows that continuous knickpoints (knickzonas)\_that occur in the longitudinal profiles of rivers are strongly conditioned by the dip angle of the metamorphic foliation of the Complexo Paraíba do Sul rocks,\_associated with the spatial distribution of the folds. This fact helps to explain the evolutionary heterogeneity of waterways and local and regional background levels that control the genesis of relief.

**Key-words:** Structural geomorphology. Evolution of drainage. Partitioning geomorphic.

## 1. Introdução

A busca da origem e dos conhecimentos relativos à evolução dos grandes compartimentos de relevo do Planalto Atlântico do Brasil têm sido objeto de grandes discussões entre geomorfólogos e geólogos desde a década de 1940. Foram muitos os trabalhos realizados sobre as mais diferentes óticas e abordagens sobre esses planaltos de fachada desde Curitiba no Paraná, passando pela Serra do Mar paulista, carioca até a Região Serrana do Espírito Santo.

Em muitas dessas pesquisas se percebe forte ausência quanto à importância da atuação dos *sistemas de níveis de base local* (knickpoints) e *regional* controlando as fácies de dissecação da superfície, da evolução desigual dos sistemas fluviais e, principalmente, a participação dos *dobramentos de fundo*, postas pelas pesquisas de Ruellan (1951a, 1951b, 1952) na década de 50. Segundo este autor, através das grandes *antiformais e sinformais de fundo* haveria o estabelecimento de níveis de soleiras rochosas que funcionariam como pontos de interrupção das drenagens seccionantes das estruturas mais antigas (Proterozóicas) nos rios. Essas soleiras – *sistemas de níveis de base em evolução* – condicionaria a dissecação diferencial do relevo, através das redes de drenagens que evoluem do oceano Atlântico em direção as terras do Planalto Atlântico.

Dentro deste contexto este artigo objetiva apresentar o papel e a importância que as *dobras de fundo* têm no condicionamento da evolução da drenagem e do relevo da Região Serrana do Espírito Santo, tendo a bacia do Rio Benevente como área amostral de estudo. Para isso objetiva apresentar a distribuição e organização dessas dobras e o controle litoestrutural sobre os principais rios, por meio dos knickpoints e, conseqüentemente, nos compartimentos de relevo.

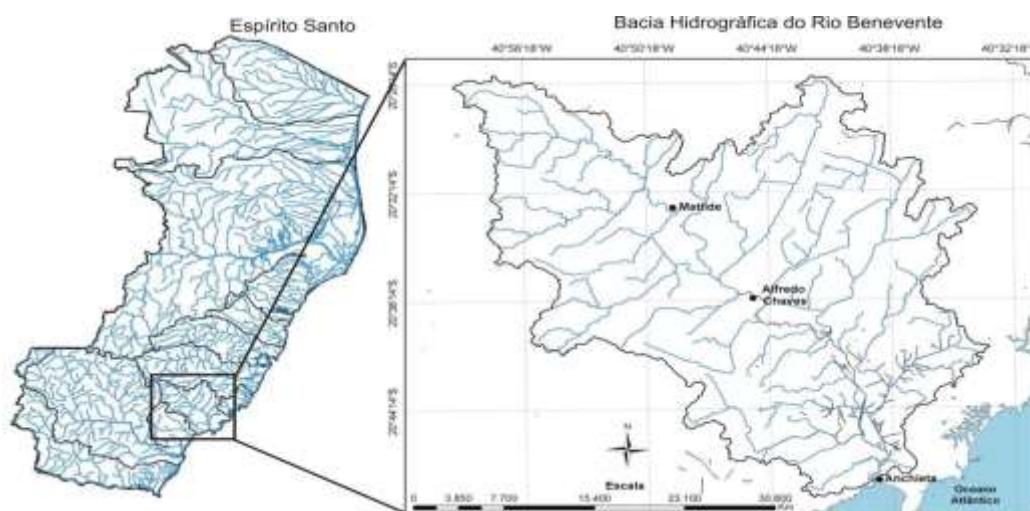
## 2. Localização da área em estudo, estruturação litológica e tectônica

A área de estudo se localiza na Região Serrana do Espírito Santo, mais especificamente na bacia hidrográfica do Rio Benevente (fig. 01), entre os meridianos de 41°00' e 40°30'WG e os paralelos 20°00' e 20°48' de latitude sul,

abrangendo os municípios de Anchieta, Alfredo Chaves, Domingos Martins, Piúma, Rio Novo do Sul e Guarapari, possuindo, aproximadamente, 1.260 Km<sup>2</sup>.

Segundo a classificação climática de Koeppen os tipos climáticos predominantes são Aw (úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno), Am (úmido, sem estação seca pronunciada) e Cf (úmido, sem estiagem), caracterizando clima tropical úmido típico. As chuvas no interior da bacia alcançam, em alguns anos, médias pluviométricas de até 2.200 mm, ao passo que próximo ao litoral caem para 1.500 mm, conforme Vervloet (2009).

Fig. (01). Localização da bacia hidrográfica do Rio Benevente. Elaboração: Roberto Vervloet.



Uma parte da rede de drenagem desta bacia escoam sobre as rochas metamórficas do *Complexo Paraíba do Sul* (quartzitos associados a gnaisses granatíferos e biotita-hornblenda gnaisses), sobre rochas *Intrusivas Sin a Tardi-tangenciais* (ortognaisses enderbíticos a tonalíticos de composição granítica, granodiorítica e quartzo-monzodiorítica), *Intrusivas Tardi-a-Pós-Transcorrentes* (Dioritos, granodioritos, quartzo-monzodiorito, microclina granito e muscovita-biotita granito), sedimentos do *Grupo Barreiras* (sedimentos areno-argilosos e argilo-arenosos) e depósitos Quaternários (sedimentos argilosos e argilo-arenosos fluviais e fluviomarinhas) Féboli (1993), como se vê na fig. (02).

### 3. O Método e os procedimentos técnicos utilizados

Para realização da pesquisa nos fundamentamos no método da *associação e indeterminação geomorfológica* de Leopold e Langbein (1970). Este método consiste, basicamente, em um tipo de *lógica científica*, numa construção argumentativa com uma linha de raciocínio, a partir da *associação de diferentes fatos geomórficos cartografados*, dados estruturais tectônicos e litológicos compilados sobre o relevo. A partir dele foram realizados os seguintes procedimentos técnico-operacionais: 1 – compartimentação geotectônica e geomorfológica (cartografia das feições geomórficas principais, grupos de formas de relevo e feições fluviais); 2 – compilações de dados de parâmetros hidrográficos das redes de drenagem (associados às respectivas sub-bacias hidrográficas e compartimentos morfológicos) e dados morfométricos; 3 – construções de perfis morfogeológicos (associando características litoestruturais e litotectônicas no controle dos grupos de formas e sistemas de drenagem em evolução) distribuídos ao longo da bacia e 4 – trabalhos de campo. Nestes, procuramos corrigir e fazer controle dos fatos geomórficos cartografados e averiguação *in loco* dos possíveis elementos litoestruturais e litotectônicos que atuam condicionando os grupos de formas de relevo e as respectivas redes de drenagem, bem como possíveis reativações holocênicas de estruturas tectônicas (sistemas de falhas e fraturas). Devido às limitações de normas para apresentação de artigos somente alguns dados serão apresentados e discutidos.

### 4. Resultados e discussão

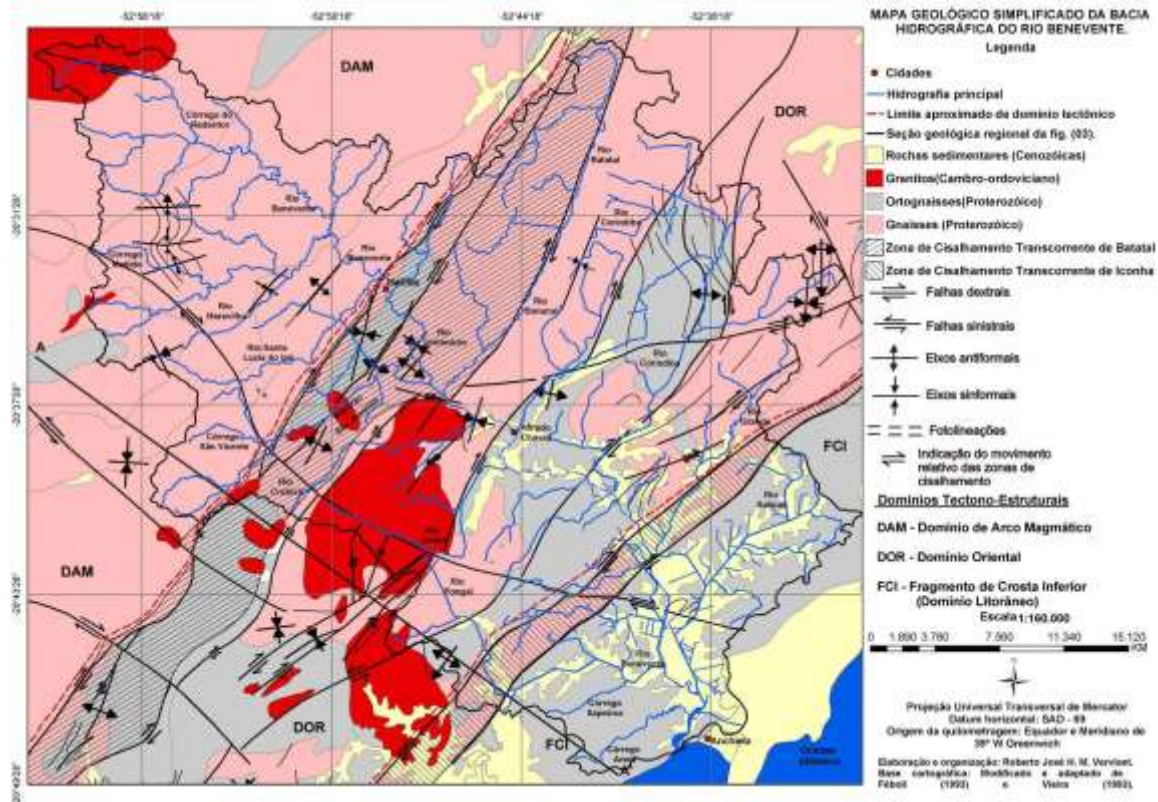
Para analisar a organização espacial das dobras de fundo, de forma a investigar as implicações geomorfológicas dessas feições, é apresentado o mapa geológico simplificado da bacia, com o quadro tectônico Proterozóico Tardi – a Pós – Transcorrência (fig.02), fundamentado em Féboli (1993) e Vieira (1993).

Essa organização Proterozóica pode ser dividida em três grandes domínios tectono-estruturais que respondem pela estruturação tectônica regional: o DAM – Domínio de Arco Magmático, o DOR – Domínio Oriental e o FCI – Fragmento de Crosta



Inferior. O mapa da fig. (03), também apresenta, em modelo digital de terreno, a distribuição das dobras em relação ao relevo e a rede de drenagem.

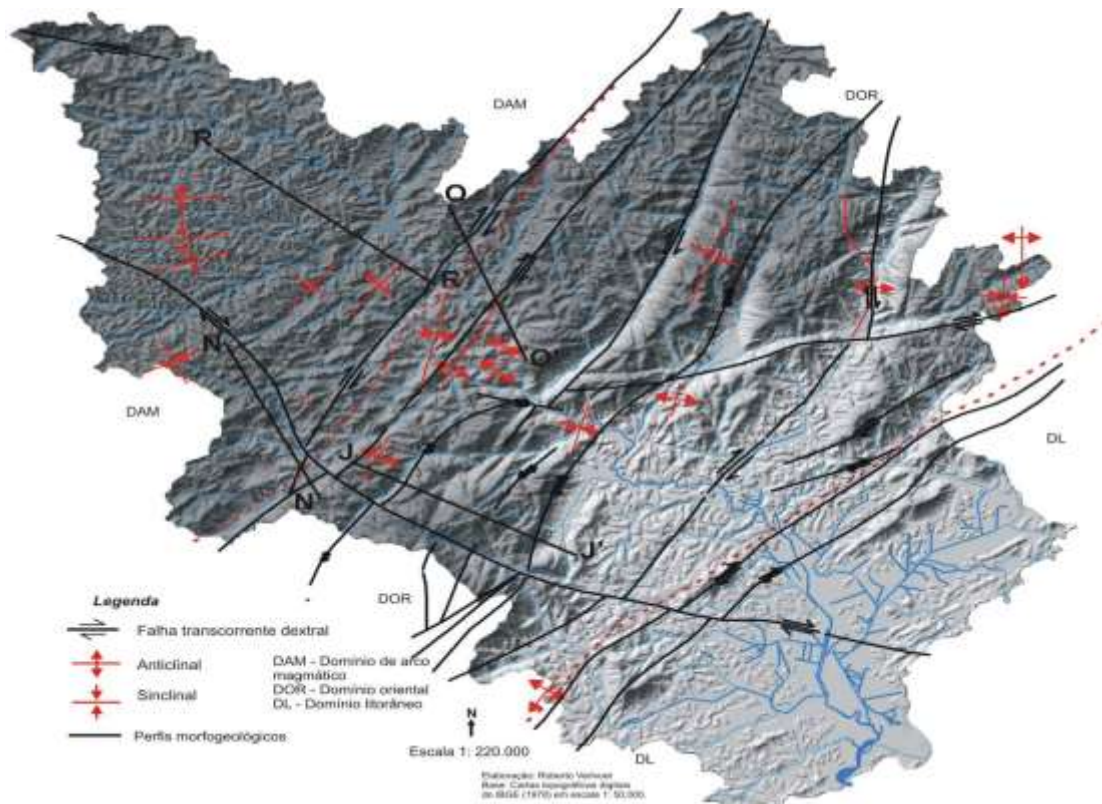
Fig. (02). Mapa geológico simplificado da bacia do Rio Benevente.



Estes domínios geotectônicos tiveram origem durante a formação da grande Província Mantiqueira de Almeida (1977), na Orogênese Brasileira, mais precisamente, com a formação dos Orógenos Araçuai e Ribeira de Heilbron *et. al.* (2004). Eles estão limitados por expressivas zonas de cisalhamento transcorrentes dextrais que se formaram em um regime dúctil; a Zona de Cisalhamento Iconha (ZCI) que se direciona no sentido NE – SW e tem uma faixa de largura mais estreita, e a Zona de Cisalhamento Batatal (ZCB), que tem direção NNE – SSW.

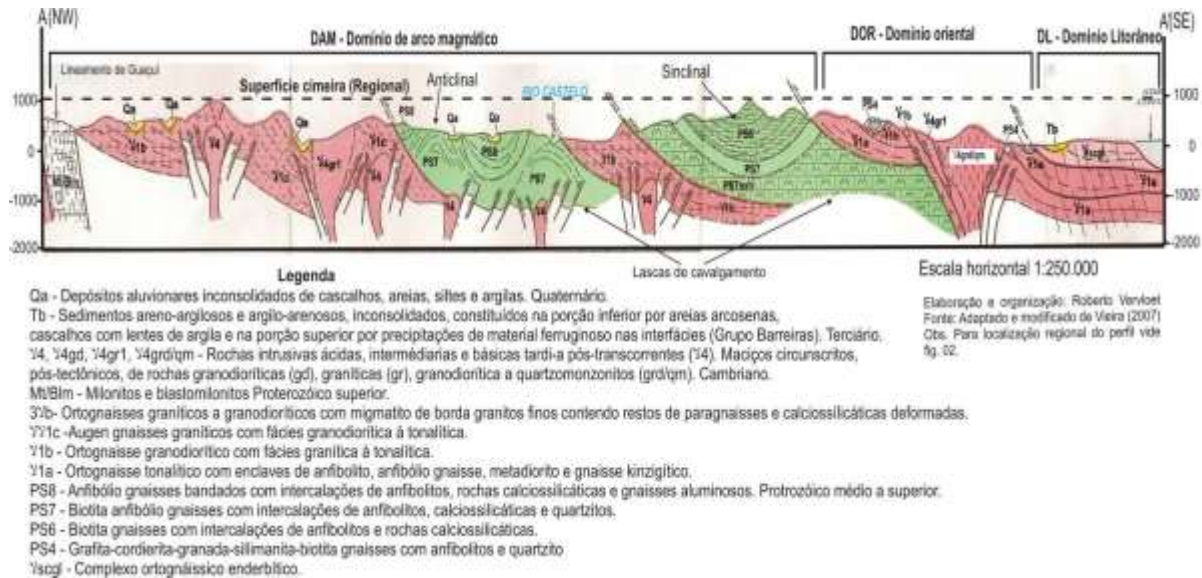


Fig. (03). Modelo digital de terreno da bacia evidenciando a distribuição espacial das dobras de fundo.



A gênese das dobras de fundo está relacionada à formação dessas zonas de cisalhamento, associado à etapa de colisão continental designada de colisão II por Heilbron (op. cit.), que teria acontecido por volta de 580 Ma, resultando no empilhamento dos terrenos do Orógeno Araçuai-Ribeira de leste para oeste-noroeste. Esta colisão teria sido oblíqua com a deformação principal exibindo clara partição da deformação, entre zonas com predomínio de encurtamento crustal e zonas com componente transpressivo dextral. Fato que respondeu pela formação de amplas lascas de cavalgamento, completadas por escamas de cavalgamento de amplitudes locais e regionais, fig. (04). Foi essa colisão oblíqua que gerou, também, as grandes falhas transcorrentes da região, em regime dúctil-rúptil, segundo Heilbron *et. al.* (2004) e como se vê na fig. (03).

Fig. (04). Seção geológica regional evidenciando a organização e disposição dos dobramentos de fundo.



Os flancos das dobras coincidem perfeitamente com os pontos de interrupção que ocorrem no perfil longitudinal dos principais rios, evidenciando como a distribuição espacial dessas feições controla a evolução da hidrografia fig. (03). Fato atestado pela organização tectônica em subsuperfície demonstrada pela fig. (04).

Neste sentido, observamos que os rios principais tiveram seus perfis longitudinais controlados através do mergulho da foliação metamórfica das rochas do Complexo Paraíba do Sul, as mais dobradas da região. A evolução fluvial sobre essa foliação metamórfica associada aos flancos das dobras responde pela gênese de knickzonas (knickpoints contínuos) que condicionam a evolução da rede de drenagem, através desses níveis de base locais e regionais. As dobras antiformais seriam menos resistentes a dissecação linear fluvial, por razões físico-reológicas, ao passo que as sinformais se dispõem como verdadeiras soleiras rochosas que interromperam a evolução dos canais. Esse fato ajuda explicar porque a rede de drenagem e o relevo da Região Serrana possuem uma diversidade de compartimentos geomórficos relacionados a diferentes níveis de base locais.

## 5. Conclusões

A configuração da rede hidrográfica da bacia do Rio Benevente e a maneira como os rios se encaixam e dissecam as estruturas dobradas, evidencia a idéia de evolução dos canais por processos de dissecação diferencial, através de knickzonas relacionadas ao mergulho da foliação metamórfica das rochas do Complexo Paraíba do Sul. Isso responde por diferentes fácies de resistência e dissecação linear pelos rios, associado ao balanço entre erosão regressiva dos *sistemas de knickpoints* e período de equilíbrio dos canais. O flanco das dobras controla a evolução dos níveis de base e por sua vez a evolução dos perfis longitudinais desses rios. Esse sistema parece ocorrer ao longo de toda Região Serrana do Espírito Santo. Fato que auxilia na explicação sobre a heterogeneidade dos perfis longitudinais e, por consequência, os diversos compartimentos de relevo desta região.

## Referências.

- ALMEIDA, F. F. M. de. O cráton do São Francisco. Rev. Bras. de Geociências, 7(4): 349-364, 1977.
- FÉBOLI, W. Progr. Lev. Geolog. Básicos do Brasil. Carta Geológica, Carta Metalogenética/Previsional, escala 1: 100.000. Folha Domingos Martins, SF. 24-V-A-III, Estado do Espírito Santo. Brasília, DNPM/CPRM, 1993.
- HEILBRON, M. et al. Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V. et al. (org.). Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Beca: São Paulo. Cáp. XIII, p. 203-235, 2004.
- LEOPOLD, L. B. e LANGBEIN, W. B. *Asociación e Indeterminación en Geomorfología*. In: ALBRITTON, C.C. J. (ed.). *Filosofia de La Geologia*. Companhia Editorial Continental S.A. México, Argentina, Espanã, Chile, 1970.
- RUELLAN, F. (1952). *O Escudo Brasileiro e os Dobramentos de Fundo*. Universidade do Brasil, Faculdade Nacional de Filosofia, Departamento de Geografia (curso de especialização em geomorfologia). RJ, 61 p.
- \_\_\_\_\_ (1951a). Problemas do relevo e da estrutura do Brasil. Boletim Geográfico, (C.N.G.), ano IX, setembro de 1951, nº 102, págs 625 – 628. Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_ (1951b). Estudo preliminar da geomorfologia da região Leste da Mantiqueira. Boletim Carioca de Geografia, ano IV, nº 2-3 e 4, págs 5-16, Rio de Janeiro.
- VERVLOET, R. J. H. M. Condicionantes morfológicos e estruturais na dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do Rio Benevente – Espírito Santo. Mestrado, Progr. Pós – Grad. em Geogr. Física – FFLCH – USP, 2009, 482 p.
- Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>



Territórios Brasileiros: Dinâmicas,  
Potencialidades e Vulnerabilidades  
28 de junho a 04 de julho de 2015  
Teresina - Piauí

VIEIRA, V.S. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Carta Geológica, Carta Metalogenética/Previsional, escala 1: 100.000. Folha Baixo Guandu, SE. 24-Y-C-V, Estado de Minas Gerais e Espírito Santo. Brasília, DNPM/CPRM, 1993.



## MAPEAMENTO PEDOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE SORRISO-MT

TIÉLE LOPES CABRAL<sup>1</sup>

LUIS EUARDO DE SOUZA ROBAINA<sup>2</sup>

IVANIZA DE LOURDES LAZZAROTTO CABRAL<sup>3</sup>

MARCIA ELENA DE MELLO CARDIAS<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria – UFSM/PPGGEO  
tielecabral@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria – UFSM/PPGGEO  
lesrobaina@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT  
ivanizacabral@hotmail.com

<sup>4</sup> Universidade Federal de Santa Maria – UFSM/PPGGEO  
elenamarcia83@gmail.com

### Resumo

O conhecimento das características dos solos constitui fator fundamental para o planejamento adequado do uso da terra, bem como de seu manejo racional. A melhor maneira de se conhecer os solos é por meio de levantamentos pedológicos, o qual consiste no fornecimento de informações relacionadas à natureza dos solos, suas propriedades, distribuição geográfica e expansão territorial. Os mapeamentos pedológicos são definidos como a aplicação sintética das informações pertinentes à formação e distribuição geográfica dos diferentes solos existentes em uma determinada localidade. Nesse sentido a área de 9.347 km<sup>2</sup> do município de Sorriso-MT foi selecionada para a avaliação e mapeamento dos tipos de solos a fim de estabelecer uma base de dados em escala de melhor detalhe, servindo como suporte para as pesquisas de várias temáticas dentro da ciência geográfica. Por meio do levantamento de pontos em campo foi possível obter a amostragem dos diferentes tipos de solos, da descrição morfológica, coleta e análises de material dos perfis e análise de trabalhos já elaborados na área possibilitou determinar melhor os tipos de solos presentes no município e caracterizar as seguintes unidades de solos: Hidromórficos – Gleis e Neossolos Flúvicos, Plintossolos em consórcio com Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo e Amarelo em consórcio com Vermelho e Latossolo Vermelho. A partir deste levantamento, o município apresentou uma distribuição bastante homogênea das classes de Latossolos justificando o uso das atividades agrícolas na área.

**Palavras-chave:** Unidades de mapeamento. Pedologia. Meio Ambiente.

### Abstract

Knowledge of soil characteristics is fundamental to the proper planning of land use, as well as their rational management. The best way to know the soil is through the soil survey, which is to provide information regarding the nature of the soil, its properties, geographical distribution and territorial expansion. The pedological mappings are defined as synthetic application of the relevant information to the geographical formation and distribution of the different soils in a given locality. In this sense the area of 9,347 km<sup>2</sup> of the municipality of Sorriso-MT was selected for the assessment and mapping of Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). **Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada.** Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>



soil types in order to establish a database in better detail scale, serving as support for the research of various themes within science geographical. Through the field survey in points was possible to obtain the sampling of different types of soil, morphological description, collection and profiles material analysis and review of work already developed in the area enabled better determine the types of soils present in the municipality and characterize the following soil units: Hydromorphic - Gleis and Fluvisols, Plinthosols in consortium with Oxisoil, Oxisol and Yellow in consortium with Red and Oxisol. From this survey, the city had a fairly homogeneous distribution of Oxisols developed justifying the use of agricultural activities in the area.

**Key-words:** Mapping units. Pedology. Environment.

## 1. Introdução

Um levantamento pedológico subdivide áreas heterogêneas em parcelas mais homogêneas, que apresentem a menor variabilidade de solos possível, fazendo uso de atributos e horizontes diagnósticos estabelecidos por sistemas taxonômicos (EMBRAPA, 1995). Os levantamentos pedológicos fornecem dados de aproveitamento imediato, sobretudo no que se relaciona à previsão de comportamento de uso dos solos em relação às práticas de manejo e conservação. Tais informações são essenciais para a avaliação das potencialidades ou das limitações de uma área, constituindo uma base de dados para estudos de viabilidade técnica e econômica de projetos e planejamento de uso, manejo e conservação de solos (IBGE, 2007).

O município de Sorriso apresenta solos espessos e um relevo bastante plano, aptos à agricultura com grande potencial produtivo. O levantamento pedológico detalhado deste município é importante ferramenta indutora do manejo adequado das terras.

Sendo assim, o objetivo principal deste trabalho é realizar o levantamento e a caracterização dos tipos de solos presentes no município de Sorriso-MT.

## 2. Metodologia de Trabalho

Para o mapeamento de solos utilizou-se dados localizados em campo com o auxílio do GPS (Sistema de Posicionamento Global) e com a câmera fotográfica digital. Os pontos de controle obtidos a partir do GPS foram organizados e

processados servindo de base para a geração do mapa pedológico, além de interagir dados da Secretaria do Planejamento/MT, os quais auxiliaram no mapeamento.

O critério utilizado para a localização dos pontos de análise dos dados em campo foi planejado antecipadamente, embasado em informações preliminares como: o estabelecimento de um itinerário racional baseado nas estradas principais e vicinais que perfazem o município de Sorriso, percorrendo os principais eixos de drenagem – rio Teles Pires, rio Celeste e rio Verde.

O GPS e as imagens de satélite Landsat 8 referentes ao ano de 2013, serviram de instrumentos para a construção de um banco de dados organizado com uma série de informações.

As características físicas investigadas e descritas dos solos são referentes à cor, textura, espessura e estruturas. A textura do solo refere-se à proporção relativa em que se encontram, em determinada massa de solo, os diferentes tamanhos de partículas. Refere-se, especificamente, às proporções relativas das partículas das frações de areia, silte e argila encontrada nos solos.

Quanto à espessura dos solos, foi considerada a classificação da EMBRAPA (1999) que divide em: a) *Solos Rasos* - normalmente, a camada arável não alcança os 20cm de profundidade, o que dificulta o crescimento das culturas; b) *Solos com Afloramento de Rocha* - dificultam o tráfego normal de máquinas, tornando o preparo irregular e heterogêneo e; c) *Solos Profundos* - geralmente sua camada arável se aprofunda em mais de 60cm, onde as raízes têm um largo espaço para buscar alimentos e as plantas não sentem tanto o excesso de chuvas nem o déficit de água.

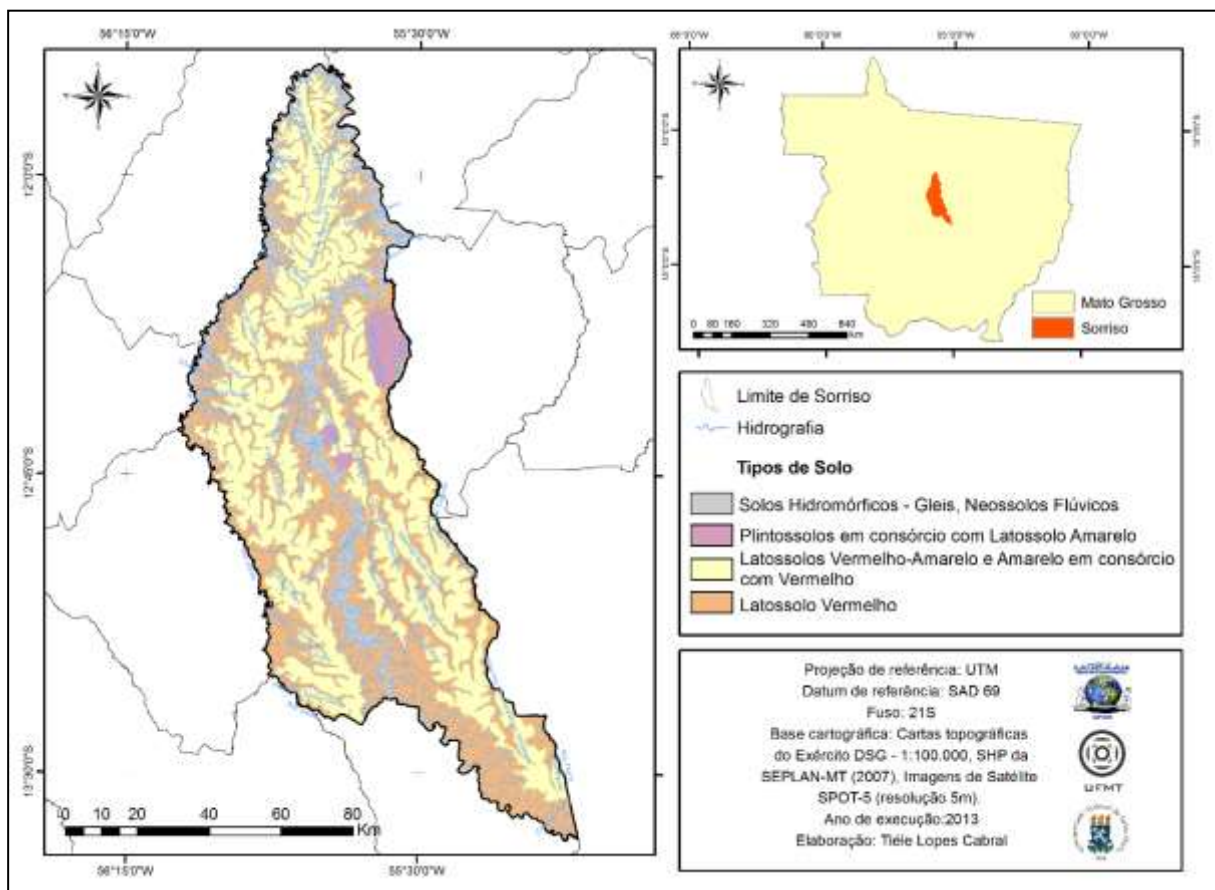
A coleta das amostras levou em consideração o substrato litológico e a posição no relevo. As estruturas litológicas foram descritas e definidas através de suas características, onde as amostras coletadas foram apenas de análise em campo, não sendo encaminhadas para laboratório.

O programa ArcGis 9.3 auxiliou na elaboração do mapa de solos e litologias, pois permitiu identificar a área que cada unidade ocupa em relação ao relevo e as drenagens a partir dos pontos de controle e imagens de satélites.

### 3. Resultados e Discussão

As unidades pedológicas que se destacam no município de Sorriso estão representados predominantemente pelas categorias dos Latossolos Amarelos, com alto teor de argila, os Latossolos Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho, também ocorrem os Plintossolos e solos Hidromórficos (Gleissolos e Neossolos Flúvicos) que se encontram junto ao eixo dos principais rios. Conforme Castro Jr. (2002) os Gleissolos se localizam na porção mais a jusante das vertentes, próximo aos cursos d'água, principalmente os de maior ordem (Figura 01).

**Figura 01: Unidades de solos do município de Sorriso-MT.**



Fonte: CABRAL, 2014.

Todas as variedades de solos aqui citadas são típicas da região ocupadas pelos biomas do Cerrado e da Pré-Amazonia mato-grossense e caracterizam-se por serem solos aptos à atividade agrícola. As variedades de Latossolos se individualizam pelo alto grau de desenvolvimento, refletido pelos espessos perfis e

horizonte B Latossólico. Pelas condições ligadas ao funcionamento hídrico e drenabilidade, favorecidas pela topografia colinosa e plana e se apresentam sob várias condições de desenvolvimento pedogenético, refletindo principalmente no aspecto textural e na variação de cor (EMBRAPA, 1999).

De acordo com o IBGE (1999) os Latossolos são solos muito intemperizados e profundos, com boa drenagem e apresentam uma grande homogeneidade em suas propriedades ao longo do perfil. A composição mineralógica da fração argila é a caulínica ou caulínica-oxídica, que se expressam nos valores de relação Ki baixos, e com ausência de minerais primários de fácil intemperização. Estão presentes nas amplas superfícies do território brasileiro, com ocorrências em todas as regiões, sendo diferentes principalmente na coloração e nos teores de óxidos de ferro.

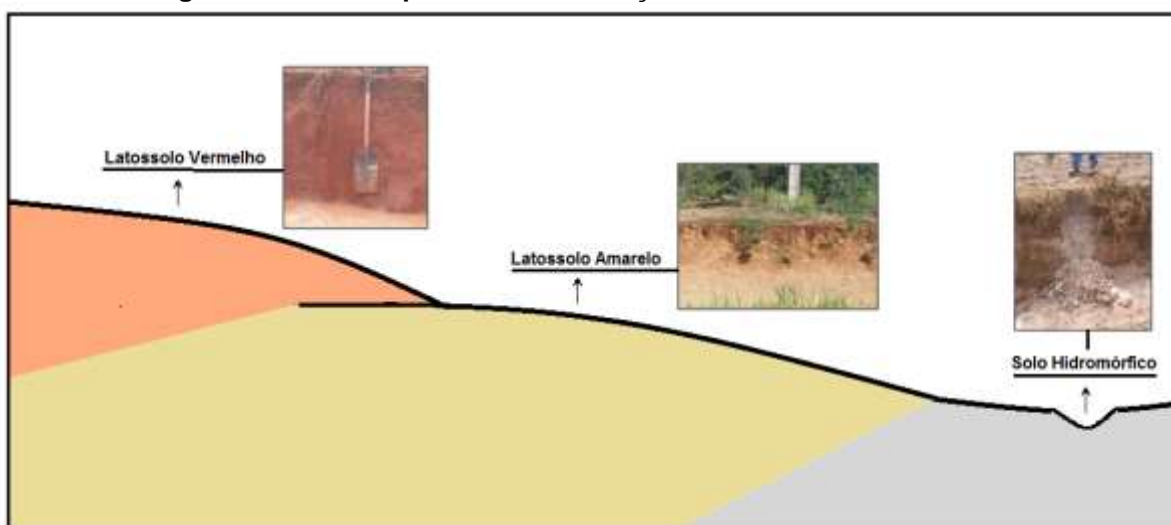
Os Latossolos apresentam boas características físicas, não possuem nenhum impedimento para o desenvolvimento radicular das plantas, permitem excelente emprego de qualquer mecanização agrícola, fatores estes que corroboram para boa resposta em termos de produção agrícola, quando se aplica as técnicas e os produtos de correção da sua fertilidade natural (OLIVEIRA et al, 1982).

A ocorrência dos Plintossolos está relacionada às rochas da Formação Salto das Nuvens nos terrenos da região. Ocorrem também manchas esparsas desses solos nas porções mais dissecadas do modelado do relevo sobre as litologias da Cobertura Detrito-Laterítica do Terciário. Esta unidade é composta por três camadas de horizontes distintos: o inferior caracterizado pela presença de areias inconsolidadas, argilas de cores variegadas e mosqueadas, possuindo também concreções limoníticas de produtos de rochas subjacentes. O horizonte intermediário é formado por espessos lateríticos ferruginosos, com concreções de seixos de quartzos. O horizonte superior ocorre o predomínio de solo argilo-arenoso, marrom-avermelhado com a presença de concreções ferruginosas, (BARROS et al, 1982).

Os solos hidromórficos presentes na área se estendem aos Gleissolos e Neossolos Flúvicos, são desenvolvidos em condições de excesso d'água, ou seja, sob influência de lençol freático. Estes solos apresentam a cor cinza em virtude da presença de ferro reduzido, ou ausência de ferro trivalente. Logicamente, ocupam baixadas inundadas, ou frequentemente inundáveis. Pelas condições onde se localizam, são solos difíceis de serem trabalhados (EMBRAPA, 1999).

Relacionando a disposição da cobertura pedológica na área, em termos gerais, destaca-se o seguinte: (I) nos topos aparecem Latossolos-Vermelhos de textura argilosa (II) nas porções intermediárias, onde se encontram quedas um pouco mais acentuadas do relevo, foi identificada a unidade de Latossolos Amarelos (III) nas partes mais baixas encontram-se os Solos Hidromórficos (Gleissolos) com cores acinzentadas (Figura 02).

**Figura 02: Perfil esquemático da variação de solos na área de estudo.**



Fonte: CABRAL, 2014.

#### **4. Considerações finais**

Considera-se que o levantamento e a caracterização pedológica do município de Sorriso foram essenciais para auxiliar trabalhos futuros, uma vez que há a necessidade de um entendimento acerca dos aspectos físicos ao norte do estado do Mato Grosso para promover melhorias socioeconômicas e ambientais. Isso se faz importante visto que é uma região que está vivenciando um rápido crescimento econômico voltado ao agronegócio e que, se medidas mitigadoras não forem tomadas, esse crescimento promoverá progressivamente o desequilíbrio ambiental nessa região. Sendo possível afirmar que o local apresenta solos espessos e relevo plano o que na agricultura indica um potencial produtivo bastante elevado.

Neste contexto avalia-se que os mapeamentos litológicos podem ser utilizados como ferramentas que possibilitem um planejamento mais detalhado do solo,



indicando quais as potencialidades do local, tipos de solos, e conseqüentemente os tipos de culturas e quais estações do ano estas podem ser cultivadas.

De acordo com o mapeamento executado, concluí-se que há uma variação significativa das classes de solos, com predomínio dos solos formados a partir da baixa amplitude altimétrica, sendo imperativos na paisagem os Solos Hidromórficos – Gleis e Neossolos Flúvicos, Plintossolos em consórcio com Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo e Amarelo em consórcio com Vermelho e Latossolo Vermelho. Dentro da totalidade de solos encontrados, nota-se a presença de tipologias de solo com visível fertilidade, o que corrobora o melhoramento da prática agrícola.

A partir das informações pedológicas obtidas é possível traçar diretrizes que subsidiem o planejamento agrícola, sobretudo por meio da melhoria de sua prática e da seleção de locais ideais à sua implementação. Com a utilização do mapa pedológico, acrescido de outras informações voltadas a questões ambientais, será possível diagnosticar detalhadamente a realidade atual e, a partir dessa, estimar possibilidades futuras que poderão viabilizar a execução de atividades agrícolas de forma cada vez mais adequada e menos degradante.

## Referências

- BARROS, A. M.; SILVA, R. W. de.; CARDOSO, O. R. F. A.; FREIRE, F. A.; SOUZA JUNIOR, J. J. de.; RIVETTI, M.; LUZ, D. S. da.; PALMEIRA, R. C. de. B. & TASSINARI, C. C. G. **Geologia, Folha SD.21/Cuiabá**. BRASIL/Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral, Projeto RADAMBRASIL (Levantamento dos Recursos Naturais, 26), p. 25 – 192, Rio de Janeiro - RJ, 1982.
- CABRAL, T. L. **Mapeamento e zoneamento geoambiental no município de Sorriso-MT**. 131 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria-RS, 2014.
- CASTRO JR., P. R. de. **Dinâmica da água em campos de murundus do Planalto dos Parecis**. Tese de Doutorado pela Universidade de São Paulo. USP: São Paulo-SP, 2002.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - **Procedimentos normativos para levantamentos pedológicos**. Brasília. 101 p.1995.
- \_\_\_\_\_. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília-DF, 1999.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. (Manuais técnicos em Geociências, n.9). IBGE: Rio de Janeiro-RJ, 1999.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia do Brasil**, 2007.
- OLIVEIRA, V. A.; AMARAL FILHO, Z. P.; VIEIRA, P. C. **Pedologia**. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD.21/ Cuiabá. PIN (Levantamento dos Recursos Naturais, 27). Rio de Janeiro-RJ, 1982.

## CONCENTRAÇÕES DE MERCÚRIO EM SOLO SOB DIFERENTES USOS E COBERTURA DA TERRA NO INTERFLÚVIO PACIÁ-PURUS-IPP, LÁBREA, SUL DO AMAZONAS

JOIADA MOREIRA DA SILVA LINHARES<sup>1</sup>  
SEBASTIÃO WARLISON MEDEIROS DE LIMA<sup>2</sup>  
DÉBORA PEREIRA LINHARES DA SILVA<sup>3</sup>  
WANDERLEY RODRIGUES BASTOS<sup>4</sup>

1 Instituto Federal de Educação do Amazonas – IFAM / Campus Lábrea  
joiada.silva@ifam.edu.br

2 Instituto Federal de Educação do Amazonas – IFAM / Campus Lábrea

3 Instituto Federal de Educação do Amazonas – IFAM / Campus Lábrea

4 Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR / Campus Porto Velho  
bastoswr@unir.br

### Resumo

O estudo teve por objetivo analisar a variabilidade das concentrações de mercúrio [Hg] em solo sob diferentes usos e cobertura da terra do Interflúvio Pacia-Purus IPP. Foram empregados quatro métodos: i) identificação de pedoambientes, ii) descrição morfológica do solo; iii) análise granulométrica e química de solo e iv) determinação de Hg por espectrofotometria em absorção atômica com geração de vapor frio. No IPP observou-se concentrações médias de 243,85 ng.g<sup>-1</sup> Hg no Latossolo Vermelho sob cobertura de mata secundária, e no Plintossolo sob sistema agroflorestal média de 81,00 ng.g<sup>-1</sup> Hg. As [Hg] no horizonte diagnóstico do Latossolo e Plintossolo podem ser de origem litológica, enquanto no horizonte A superficial, [Hg] são litogênicas e oriundas da deposição atmosférica global. Novos estudos serão realizados na IPP afim de confirmar está hipótese.

**Palavras-Chave:** uso da terra, solo, mercúrio.

### Abstract

The study had the objective of analyze the variability of mercury concentrations [Hg] in soil under different land use coverage of Interfluve Pacia-Purus IPP. We used four methods: i) identification pedoenvironments, ii) morphological description of soil; iii) granulometric and chemical analysis of the soil and iv) determination of Hg by atomic absorption spectrophotometry in cold vapor generation. The IPP was observed average concentrations of 243,85 ng.g<sup>-1</sup> Hg in Oxisol under secondary forest cover, and Plinthosol under average agroforestry system 81,00 ng.g<sup>-1</sup> Hg. Mercury concentrations in the diagnosis horizon of Oxisol and Plinthosol can be lithological origin, while on the horizon surface, [Hg] are lithogenic and came from the global atmospheric deposition. New research will be conducted in order to confirm IPP is hypothesis.

**Keywords:** land use, soil, mercury.

## 1. Introdução

Em virtude da proximidade da microrregião do médio rio Purus à reserva garimpeira do rio Madeira, o mercúrio (Hg) presente no ambiente nesta microrregião, sul amazônica, tem sido associado a mineração aurífera (garimpagem). Atividade desenvolvida com maior intensidade nas décadas de 80 e 90 do século XX. Neste espaço e tempo, os garimpeiros usaram o amálgama de mercúrio na recuperação do ouro de aluvião, confinados em depósitos sedimentares no leito do rio Madeira. A técnica de queima do amálgama (Hg-Au) foi largamente utilizada nos garimpos rondonienses para obtenção e purificação do ouro. Durante este procedimento uma parcela significativa (55% das  $\approx$  90ton perdidas entre 1978 e 1995) de Hg foi emitida na forma de vapor para a atmosfera. Por esse motivo, a garimpagem artesanal de ouro é vista como uma das fontes antropogênicas de Hg na região sul amazônica (BASTOS, 2004).

Estudos têm mostrado que há um significativo transporte de Hg entre os ecossistemas terrestre – aquático. Dois processos inter-relacionados podem favorecer o deslocamento deste elemento químico. O primeiro envolve a mudança no uso e cobertura da terra, que propicia maior exposição do solo aos agentes externos transformadores do relevo. O segundo emana do efeito cinético das gotas de água precipitada sob solo exposto, que promovem a erosividade da fração fina (argila) do solo. A esta fração, por ligações geofísico-químicas o mercúrio é adsorvido e, através do escoamento superficial (lixiviação) ambos são carregados para os ecossistemas aquáticos da bacia Amazônica. Nestes, dependendo das condições físico-químicas da água, o Hg inorgânico depositado pode ser transformado por atuação de micro-organismos em metilmercúrio, com maior poder de intoxicação. Em função disso, distantes de fontes antropogênicas, o solo tem sido apontado ora como fonte, ora como sumidouro de Hg na Amazônia (MASCARENHAS et al 2004).

Neste contexto, o estudo teve por objetivo analisar a variabilidade das concentrações de mercúrio em cinco perfis de solo sob diferentes sistemas de uso e cobertura da terra no interflúvio Pacia-Purus (IPP), médio curso da microbacia hidrográfica do rio Pacia.

## 2. Metodologia

O estudo foi realizado no Interflúvio Pacia-Purus (Figura 1) nos limites da microbacia hidrográfica do rio Pacia, espaço rural do município de Lábrea - AM. Esta situa-se sob o domínio das terras baixas florestadas equatorial sul Amazônica, onde predomina o "clima equatorial úmido".

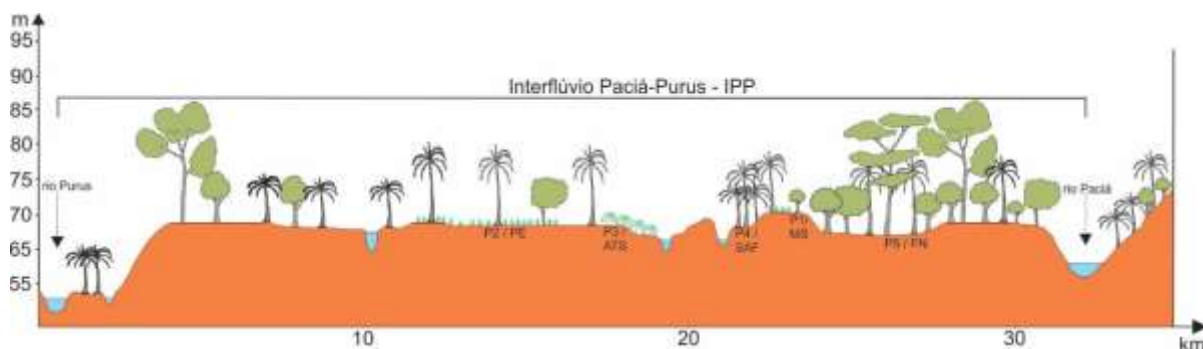
O relevo está condicionado a estrutura geológica da Formação Iça e a atuação compartilhada de processos exógenos que promovem a esculturação e denudação das rochas sedimentares anteriormente geradas. Assim o relevo da área de estudo foi agrupado em três compartimentos morfogenéticos: a) depressão do Ituxi – Jari, b) planície fluvial do rio Pacia e c) terraços fluviais (LINHARES et al. 2014).

### 2.1. Procedimentos de Campo

Foram selecionadas cinco áreas sob diferentes usos e cobertura da terra: mata secundária (MS), sistema agroflorestal (SAF), agricultura temporária de subsistência (ATS), pecuária extensiva (PE) e como testemunha a floresta nativa (FN).

A amostragem de solo foi realizada na forma de perfil pedológico, conforme Santos et al. (2005). Em campo foi realizada a descrição morfológica e pedoambiental da paisagem. No total foram coletadas 28 amostras em 5 perfis de solo. Em cada horizonte foram extraídas uma alíquota pesando cerca de 400g, que foram identificadas e armazenados em sacos plásticos e transportadas em ambiente refrigerado aos Laboratórios de Biogeoquímica Ambiental /UNIR e Agroanálise (MT), onde foram realizadas as análises de mercúrio e propriedades físico-químicas de solo.

**Figura 1 – Perfil esquemática de localização dos perfis de solo sob diferentes usos e cobertura da terra no IPP, Lábrea, sul do Amazonas**



## 2.2. Procedimentos de Laboratório

Os procedimentos laboratoriais foram realizados em três etapas. 1ª) Análise granulométrica (areia, silte e argila) que seguiu o método de pipeta. 2ª) Determinação dos atributos físico-químicos (MO, CO, etc.) estabelecido por Embrapa (1997). 3ª) Determinação das concentrações de mercúrio, seguindo os procedimentos propostos por Bastos (2004). As [Hg] determinou por espectrofotometria de absorção atômica com geração de vapor frio.

## 2.3. Métodos e tratamentos estatísticos

Foram aplicados tratamentos estatísticos descritivos para todas as variáveis relacionadas aos teores de mercúrio, granulometria, carbono orgânico e matéria orgânica, análise de regressão linear de Person envolvendo as [Hg], teores de argila, matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO). Todos os tratamentos foram realizados através do *software* de IGEST 2.3-profissional.

## 3. Resultados e discussão

Com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (SiBCS) foram identificados no IPP três classes de solo. Os Latossolos (P1) situado nas áreas mais elevadas do interflúvio. Os Plintossolos (P2, P3 e P4) que predominaram na paisagem agrícola da faixa marginal da rodovia Transamazônica (BR-230). Nestes observou-se a presença de nódulos esferolíticos imaturos compostos de oxihidróxidos de ferro associados a fração argila (COSTA, 1991). E, no pedoambiente de depressão local sob floresta nativa dominam os Organossolos Fólicos (P5).

As concentrações de mercúrio variaram conforme a classe de solo e ambiente geomorfológico. Os maiores níveis de Hg foram determinados em solo sob agricultura temporária de subsistência (P3 / ATS) ( $162.\text{ng.g}^{-1} \pm 0,021$ ) e mata secundária (P1 / MS) ( $131.\text{ng.g}^{-1} \pm 0,008$ ), ambos no terço superior da vertente, sendo o P3 no terraço fluvial e o P1 no tabuleiro de terra firme da depressão Ituxi –Jari. No P5 sob sistema agroflorestal (SAF) na baixa vertente, as concentrações Hg foram significativamente mais baixas,  $80.\text{ng.g}^{-1} \pm 4.18$ . A redução do [Hg] no horizonte superficial do P5 pode estar associada a sucessiva derrubada e queimada da



vegetação (COMTE et al. 2013). Segundo Almeida et al (2009) a diminuição das [Hg] nas áreas antropizadas deve-se a supressão da vegetal que expõe o solo a radiação ultravioleta que pode mediar reações de redução, transformando o  $Hg^{2+}$  do solo em  $Hg^0$ . Assim como a elevação na temperatura na superfície do solo favorece a emissão do  $Hg^0$  para atmosfera. Por outro lado, a conservação da floresta nativa ou cultivada, pode impedir a re-emissão do Hg para atmosfera e atenuar seu transporte através do processo de erosão e lixiviação.

As [Hg] em horizontes superficiais sob diferentes usos da terra seguem as seguintes ordens de grandeza: MS>ATS>PE>FN>SAF e, encontra-se de acordo com os teores registradas por Linhares et al. (2012) em solos amazônicos. E são similares às concentrações registradas por Lacerda et al. (2004) em amostras de solo coletadas em área de pastagem e floresta na região de Alta Floresta, onde cerca de 80% das amostras apresentaram no intervalo de 50 a 100  $ng.g^{-1}$  de mercúrio. Mas são menores que aqueles registrados por Roulet e Lucotte (1995) na Guiana Francesa (< 600  $ng.g^{-1}$ ) e Lechler et al. (2000) em Latossolo (>439  $ng.g^{-1}$ ) no terraço fluvial do rio Madeira.

**TABELA 1- Variabilidade do Hg nas amostras de solo, agrupados por classe de uso e cobertura vegetal na Interflúvio Pacia-Purus – Sul do Amazonas**

SISTEMA DE USO DA TERRA	Mercúrio ( $ng.g^{-1}$ )			
	MÁX	MIN	MÉD	D.P
MS	315	131	243.85	$\pm 0.014$
ATS	280	151	204.83	$\pm 0.008$
PE	133	83	96.76	$\pm 0.013$
FN	111	53	85.66	$\pm 0.008$
SAF	84	79	81.00	$\pm 0.003$

Obs.: Máx. = Máximo; Mín. = Mínimo; D.P = Desvio Padrão; Med. = Média

Os testes de regressão apresentaram um coeficiente de correlação negativa, forte significativa ( $r^2 = -0,7420$ ) entre [Hg] e a fração argila no perfil P1 e significativamente diferente (fraco negativo) para a fração média (silte) ( $r^2 = 0.1532$ ). Oliveira et al. (2007) observaram que a fração silte contribuía de modo positivo e a areia negativa na retenção do mercúrio em solos amostrados em ambientes periodicamente inundáveis na Amazônia Setentrional.

A argila é o atributo físico que melhor explica a distribuição das [Hg] nos solos estudados. O incremento vertical de argila, corroborou para uma maior adsorção do Hg nos horizontes de textura argilosa. A passo que no perfil P4 de textura franco

argilo arenosa, a aderência do Hg foi menor na face dos minerais mais grosseiros (areia). Estes resultados são comparados aos de Roulet et al. (1998) que observaram em seu estudo na Amazônia Central, maior aderência do Hg na fração fina (sete vezes) que nas frações médias (silte) e grosseiras (areia).

As concentrações de Hg acompanham os teores de carbono orgânico (CO) e matéria orgânica (MO). Exceto os perfis P3 e P5 nos quais não observa-se relações significativas entre as três variáveis. A pedogênese responsável pelo desenvolvimento do (P2), reflete o potencial controlador do CO e da MO em relação aos elevados teores de Hg. O decréscimo acentuado de CO e MO ( $1.68 \text{ g/kg}^{-1}$  e  $2.90 \text{ g/kg}^{-1}$ ) no P2, corroborou para a baixa [Hg] ( $83 \text{ ng.g}^{-1}$ ) no horizonte diagnóstico B plântico. Segundo Lacerda et al (1999) a remoção total MO significa a redução de até 95% nas [Hg] em solos tropicais.

#### 4. Considerações finais

A conversão da floresta em área de pastagem e lavoura favoreceu a perda de Hg no horizonte superficial dos perfis P1, P2 e P3 se comparadas as concentrações de Hg observadas nas amostras de solo do perfil P05 sob cobertura de floresta. O Organissolo reteve maior [Hg] nos horizontes orgânicos superficiais Oo e Hd e, menor nos horizontes subsuperficiais constituídos de agilominerais.

Os teores de Hg acima da média regional amazônica ( $100 \text{ ng.g}^{-1}$ ), no Latossolo e no Plintossolo pode ser litológico. Mas, as diferenças de  $31 \text{ ng.g}^{-1}$  e  $62 \text{ ng.g}^{-1}$  [Hg] observadas no horizonte A, acima do nível de referência citado, nos perfis P1 e P2, podem ser litológicos e oriundo da deposição atmosférica global. Novos estudos serão realizados afim de confirmar está hipótese.

#### Referências

- ALMEIDA, M. D. Biogeoquímica do mercúrio na interface solo-atmosfera na Amazônia. Tese, Instituto de Geociência da Universidade Federal Fluminense, UFF, 2005.
- BASTOS, W. R. Ocorrência ambiental do mercúrio e sua presença em populações ribeirinhas do baixo rio Madeira-Amazônia. 113f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.
- BISINOTI, M. C.; JARDIM W. F. O comportamento do Metilmercúrio no ambiente. **Revista Química Nova**, v. 27, n. 4, p. 593-600. 2004
- COMTE, I.; LUCOTTE, M.; DAVIDSON R.; CARVALHO, C. J.R.; OLIVEIRA, F.S.; ROUSEAU, G.X.; Impacts of land uses on Mercury retention in long-time cultivated soils, Brazilian Amazon. **Water Air Pollut**, v. 224, n. 1515, p. 1-14, 2013.

- COSTA, M.L. Aspectos Geológicos dos Lateritos da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 21, n. 2, p. 146-160, 1991.
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos 1).
- GUIMARÃES, S.T.; LIMA, H.N.; TEIXEIRA, W. G.; NEVES-JUNIOR, A. F.; SILVA, F.W.R.; MACEDO S.R. & SOUZA, K.W. Caracterização e classificação de gleissolos da várzea do rio Solimões (Manacapuru e Iranduba), Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.37, p.317-326, 2013.
- LACERDA, L.D.; SOUZA, M.; RIBEIRO, M.G. The effects of land use change on mercury distribution in soils of Alta Floresta, Southern Amazon. **Environmental Pollution**, n.129, p. 247-255, 2004.
- LACERDA, L. D.; Ribeiro Jr., M. G.; SOUZA, M.; AYRES, G.A. **Distribuição de mercúrio em solos e sedimentos lacustres na região de Alta Floresta, Mt.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 1999. 23p.
- LECHELER, P.J.; MILLER J.R.; LACERDA, L.D.; VINSON.D.; BONZONGO, J.C.; LYONS,W.B. e WARWICK, J.J. Elevated mercury concentrations in soils, sediments, water, and fish of the Madeira river basin, Brazilian Amazon: a function of natural enrichments. R. **The Science of the Total Environment**, n. 260. p. 87-96, 2000.
- LINHARES, J.M.S., BASTOS, W.R., SILVA, D.P.L., BALBINOT, E., SILVA, J.O., MAIA, P.V.A. Levantamento de solo em diferentes ambientes geomorfológicos e sistemas de uso da terra na microbacia hidrográfica do rio Pacia – sul do Amazonas. **Revista Caminhos de Geografia**, 1v.15, n. 52, p. 21–40. Dez. 2014.
- LINHARES, J.M.S., SILVA, D.P.L., BASTOS, W.R., CARVALHO, D.P., ALMEIDA, R., MATOSO, S. C. G. Variabilidade das concentrações de mercúrio em solo na bacia do rio Mutum Paraná-Rondônia. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 33, 2013. Florianópolis. **Anais...Florianópolis: UFSC**, p. 1-4. 2013.
- MASCARENHAS, A.F.S.; BRABO, E.S.; SILVA, A. P.; FAYAL, F. K.; JESUS, I. M.; SANTOS, E. C. O. Avaliação da concentração de mercúrio em sedimentos e material particulado no rio Acre, estado do Acre, Brasil. **Revista Acta Amazônica**, V. 34 n, 1, p. 61-68, 2004.
- OLIVEIRA, L. C.; SERUDO, R. L.; BOTERO, W. G.; MENDONÇA, A. G. R.; SANTOS, A.; ROCHA, J. C. e NETO, F S. C. Distribuição de mercúrio em diferentes solos na bacia do médio rio Negro-AM: influência da matéria orgânica no ciclo biogeoquímico do mercúrio. **Revista Química Nova**, v.30, n.2, p.274-280, 2007.
- ROULET, M. & LUCOTTE, M. Geochemistry of mercury in pristine and flooded ferrallitic soils of a tropical rain forest in French Guiana, South America. **Water, Air and Soil Pollution**, 80:1079-1088, 1995.
- ROULET, M.; LUCOTTE M.; SAINT-AUBIN, A.; TRAN, S.; RHÉAULT, I.; FARELLA, N.F.; DE JESUS, S.; DEZENCOURT J.; SOUSA-PASSOS, C.J.; SANTOS, S. G.; GUIMARÃES, J.R.D.; MERGLER, D. & AMORIM, M. The geochemistry of mercury in central Amazonian soils developed on the Alter-do-Chão formation of the lower Tapajós river valley, Pará state, Brazil. **Sci Tot Environ**, 223:1-24, 1998.
- SANTOS. R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: Embrapa, 2005. 92p.

## Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, pela Bolsa do PIBIC-Jr/IFAM/LÁBREA, a Fundação de Amparo a P. do Amazonas - FAPEAM pela Bolsa de Doutorado do Programa RH-Interiorização (Proc. nº 22462.482.28093.1004/2014) e ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer / UNIR / CNPq (Proc<sup>s</sup>. nºs. 476560/2011-0 e 552331/2011-2).

## DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE NÍVEIS DEPOSICIONAIS FLUVIAIS COMO EVIDÊNCIA DA FORMAÇÃO DE UM HEMIGRÁBEN NA BACIA DO RIBEIRÃO DO CHIQUEIRO, DEPRESSÃO DE GOUVEIA, SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL/MG

PATRÍCIA GARCIA COSTA<sup>1</sup>  
GABRIELA FREITAS AVELINO<sup>2</sup>  
MARCOS ANTÔNIO ALMEIDA RODRIGUES<sup>3</sup>  
MATHEUS DA CRUZ ARMOND<sup>4</sup>

1 Universidade Federal de Minas Gerais – DG/IGC  
patigarciaacosta@hotmail.com

2 Universidade Federal de Minas Gerais – DG/IGC  
gabriela.avelino@yahoo.com

3 Universidade Federal de Minas Gerais – DG/IGC  
marcosaar@outlook.com

4 Universidade Federal de Minas Gerais – DG/IGC  
matheusarmond@yahoo.com.br

### Resumo

O presente artigo foi desenvolvido por meio de investigações e coletas realizadas em uma campanha de campo na bacia do Ribeirão do Chiqueiro, na Depressão interplanáltica de Gouveia, Serra do Espinhaço Meridional/MG. O objetivo precípua é tentar, através da distribuição espacial de níveis deposicionais fluviais, reconstituir a dinâmica fluvial da bacia do ribeirão em estudo. Para isso, a influência lito-estrutural no reordenamento da drenagem foi muito importante. A pesquisa foi realizada por meio da observação e descrição de processos e formas geomorfológicas e análises laboratoriais granulométricas de amostras de sedimentos finos retirados dos depósitos fluviais encontrados. Foram identificados três níveis deposicionais: um nível de planície de inundação (N1) e dois paleoníveis abandonados (N2 e N3). A análise destes níveis demonstra a possibilidade de uma migração do curso d'água ter ocorrido até que este tenha sido barrado em sua margem esquerda por um material rochoso mais resistente, provocando entalhamento. Interpretou-se que o nível N3 é uma evidência da possível migração do ribeirão, considerando a sua grande extensão e o fato deste ter sido encontrado em apenas uma das margens do vale. Em contrapartida, considerou-se que o N1 é uma evidência do entalhamento do curso d'água, uma vez que é uma planície de inundação com nível basal de seixos.

**Palavras chave:** Geomorfologia fluvial. Migração. Processos geomorfológicos.

### Abstract

This document was developed through research and surveys carried out in a work field in Chiqueiros's Stream basin, Depression of Gouveia, in the Southern of the ridge Espinhaço / MG. The main objective is to try, through the spatial distribution of fluvial depositional levels, reconstruct the fluvial dynamics of the stream basin under study. For this reason, the influence on the litho-structural  
Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

rearrangement drainage was very important. The research was conducted through observation and description of processes and geomorphological forms, and textural laboratory analysis of fine sediment samples taken from fluvial deposits. Three depositional levels were identified: one floodplain level (N1) and two abandoned paleolevels (N2 and N3). The analysis of these levels demonstrates the possibility of a migration stream have occurred until it has been barred in his left margin for a tougher rock material, causing carving. It was interpreted that the N3 level is evidence for a possible migration of the river, considering its large size and the fact that this was found in only one of the valley margins. However, it was considered that the N1 is an evidence of the watercourse carving, since it is a flood plain with baseline with pebbles.

**Key-words:** Fluvial geomorphology. Tilting. Geomorphological processes.

## 1. Introdução

As feições e depósitos fluviais, derivados da dinâmica espaço-temporal dos cursos d'água, podem ser utilizados como um dos principais indícios dos processos geológicos e geomorfológicos que ocorrem na crosta terrestre, como subsidências e soerguimento de blocos, ocorrência de falhas, fraturas e diáclases, ou mesmo a desnudação no sentido mais amplo do termo, uma vez que são facilmente controlados pelo substrato rochoso, tectônica, estruturas, e pelos processos morfodinâmicos. Saadi (1993) associou as anomalias de drenagem e direções preferenciais de fluxo, ao controle estrutural das artérias fluviais, as quais tenderiam ao encaixamento ao longo dos principais delineamentos tectônicos.

A bacia hidrográfica do Ribeirão do Chiqueiro está localizada nos municípios de Datas e Gouveia em Minas Gerais enquadrando-se na Depressão de Gouveia. A dinâmica geomorfológica da Depressão de Gouveia desenvolveu-se a partir da erosão diferencial que atuou sobre um amplo anticlinório, acarretando na escavação de rochas do Supergrupo Espinhaço e assim e na exumação do embasamento cristalino, além das alterações do nível de base local, causando entalhamentos fluviais (AUGUSTIN, 1995). A nascente do Ribeirão do Chiqueiro encontra-se na Serra do Juá, a noroeste da Depressão de Gouveia. Sua bacia hidrográfica apresenta um direcionamento principal no sentido N-S e está inserida na bacia do Rio São Francisco (possui confluência com o Ribeirão Areia, que por sua vez desemboca no Rio Paraúna, este no Rio das Velhas que é um afluente do Rio São Francisco). Em seu percurso, o Ribeirão do Chiqueiro atravessa as formações São  
Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>



João da Chapada, o Complexo de Gouveia e formação Costa Sena. De maneira geral, o vale deste curso d'água está inserido em um contexto regional de forte instabilidade tectônica e, em virtude disso, é bem provável que a dinâmica fluvial quaternária no trecho estudado deste rio esteja sendo controlada pela tectônica (Bueno et al, 1997).

Silva (2013) identifica na fase de rifte da Bacia Proterozóica do Espinhaço, cujo lineamento se dá em direção N-S, uma série de rampas tectônicas com inclinação para leste, permeadas por basculamentos de bloco de mesma direção. Saadi (1993), por sua vez, interpreta que um rifte continental gerado a partir do Oligoceno tenha desencadeado uma série de meio-grábens e de blocos basculados em direções divergentes, os quais estariam associados a falhas transcorrentes, normais e reversas. Ainda de acordo com o autor, tem-se que as mesmas causaram uma série de deformações em terraços fluviais, deslocando coberturas de encosta e influenciando na migração lateral de leitos fluviais no Quaternário. O soerguimento do Planalto do Espinhaço se deu com basculamento de blocos para leste.

Como citado em trabalhos anteriores realizados na região do Espinhaço observou-se a ocorrência de hemigrábens, basculamento de blocos, complexos de falhas e influência da tectônica no reordenamento da drenagem, podendo constituir um indício de que os mesmos processos também possam estar ocorrendo na bacia do Ribeirão do Chiqueiro, localizada na depressão de Gouveia, Serra do Espinhaço Meridional/MG.

O objetivo deste artigo foi tentar reconstituir a dinâmica fluvial da bacia do Ribeirão do Chiqueiro através da distribuição espacial de níveis deposicionais fluviais, mostrando a influência lito-estrutural no reordenamento da drenagem.

## 2. Metodologia

A investigação em que se foi baseada este artigo se iniciou em uma campanha de campo para a identificação e caracterização dos níveis e sequências deposicionais aluviais na bacia do Ribeirão do Chiqueiro, a partir da elaboração de perfis verticais e transversais e da observação do contexto espacial dos depósitos. Os perfis deposicionais foram discriminados a fim de contemplar a sua tipologia (escalonado, encaixado e embutido), sua posição em relação ao curso fluvial atual

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

(distância vertical e horizontal do curso atual), organização e composição granulométrica das fácies encontradas e a transição entre estas. Os níveis de seixos foram descritos em relação a seu tamanho médio (maior e menor seixo encontrado), sua litologia, grau de arredondamento médio na face e, também, se são auto suportados ou suportados por matriz. Por fim, foi registrada a presença de matéria orgânica, a sua acumulação e bioturbação presente. As deposições atuais foram descritas a partir da ocorrência de barras de canal, barras de pontal e poços ou corredeiras ao longo do percurso analisado, além da disposição do material de calha e a granulometria de cada feição.

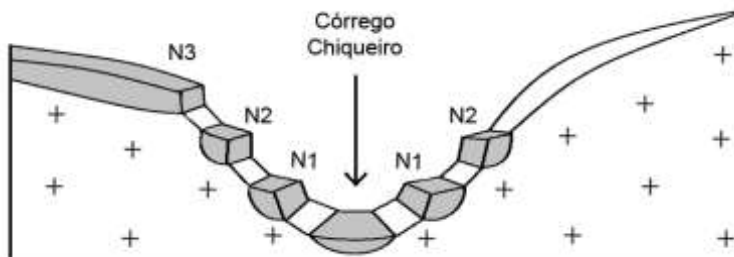
Para cada nível encontrado, coletou-se material das fácies de finos, somando-se quatro amostras: uma de planície e três de níveis deposicionais abandonados que foram levadas para o Laboratório de Geomorfologia do Instituto de Geociências da UFMG, onde foram submetidas à análise física do material para discernir, com maior precisão, à granulometria dos finos. Esta etapa foi realizada mediante o uso de uma combinação de processos químicos e desagregação mecânica. Cada perfil deposicional encontrado foi devidamente fotografado e georreferenciado por um GPS Garmin Etrex. Esta documentação auxiliou a elaboração dos perfis verticais e transversais, que foram produzidos através do programa Adobe Photoshop CS5.

### 3. Resultados e discussão

Foram identificados três níveis deposicionais aluviais do Ribeirão do Chiqueiro, sendo um nível de planície de inundação (N1) e dois paleoníveis que não apresentam a forma aluvial correlativa a terraço (N3 e N2) (figura 1). A seguir foram descritos de acordo com o nível mais antigo (N3) até o nível mais recente (N1).

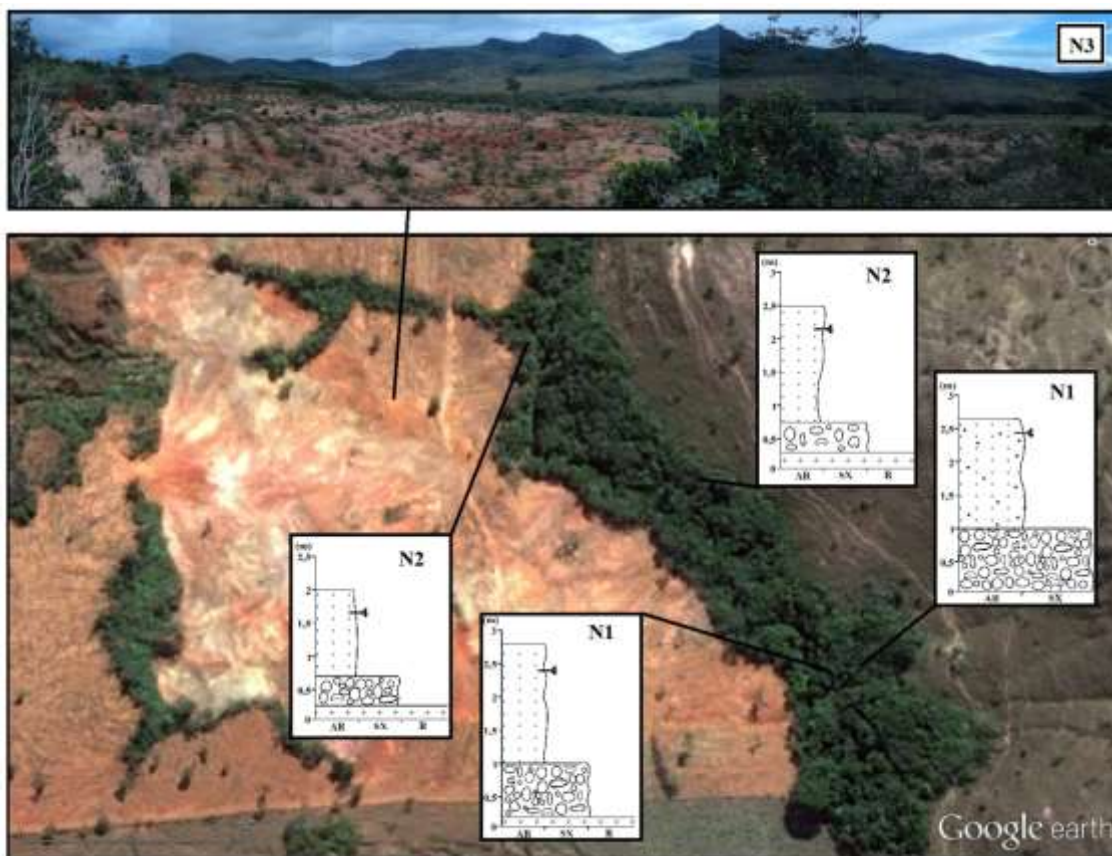
Nível Depositional Superior (N3): Este nível é do tipo escalonado e encontra-se apenas na margem direita do curso d'água. Como observado em campo, se caracteriza por ser o nível mais extenso uma vez que se estende mais de 200 metros. Pelas características do local em estudo, não foi possível a realização de um perfil estratigráfico para este nível, todavia, na camada de seu solo, foram observados seixos arredondados clastro-suportados de comprimento predominante de 10 a 40 centímetros (figura 2).

**Figura 1 – Esquema-síntese dos níveis deposicionais no vale.**



Fonte: autora.

**Figura 2 – Imagem de satélite do Ribeirão do Chiqueiro, esquemas sínteses do Nível Depositional Inferior (N2) e Nível de Planície de Inundação (N1) e foto representativa do Nível Depositional Superior (N3).**



Fonte da imagem de satélite: Google 2011. Fonte da foto e dos esquemas sínteses: autora.

Nível Depositional Inferior (N2): O nível em análise encontra-se sob substrato rochoso, caracterizado como terraço escalonado. Sua composição geral corresponde a basicamente duas fácies (figura 2): (i) camada heterogênea de seixos

sub arredondados e sub angulosos de quartzo variando entre 4 a 10 centímetros suportados por matriz; espessura em torno de 0,5 metros. (ii) Material argiloarenoso (cerca de 54% de argila) de cor amarronzada com grande presença de matéria orgânica; espessura variando entre 1,5 a 2,5 metros.

Nível de Planície Aluvial de Inundação (N1): Este nível encontra-se escalonado em relação ao N2. Tal nível é considerado uma planície com nível basal de seixos pela composição de suas fácies. A composição geral corresponde a duas fácies (figura 2): (i) camada heterogênea de seixos sub arredondados e sub angulosos, com comprimento variando de 10 a 20 centímetros e de 40 a 50 centímetros; a camada possui seixos claustrsuportdos ou suportados por matriz e espessura em torno de 1 metro. (ii) Material arenoso (com cerca de 75% de areia) de cor amarronzada com grande presença de matéria orgânica; espessura em torno de 1,5 metros.

Os resultados demonstram que um possível hemigráben na bacia do Ribeirão do Chiqueiro tenha causado o basculamento de blocos em direção leste, influenciando em uma intensa migração lateral do rio. O abatimento provocou a migração do talvegue do rio rumo à margem esquerda, explicando a extensa cobertura aluvial na margem direita, caracterizada pelo Nível Depositional Superior (N3) e a sua ausência da outra margem.

A extensa migração lateral da calha do rio ocasionou o encontro do curso d'água com um material rochoso mais resistente, aprisionando-se. Proporcionaram-se, então, novos eventos de encaixamento sucedido de pequenas migrações laterais, originando o Nível Depositional Inferior (N2) e a Planície Aluvial de Inundação (N1). A planície (N1) apresenta-se como uma forte evidência do aprisionamento do curso d'água e conseqüente entalhamento, decorrente do basculamento ocasionado pelo hemigráben. A evidência está na exposição do nível basal de seixos, uma vez que seixos são materiais transportados no leito do curso d'água e geralmente são encontrados em área que correspondem ao leito. O entalhamento do Ribeirão do Chiqueiro e a exposição dos seixos evidenciam que o curso d'água está entalhando sobre o material que o mesmo depositou.



#### 4. Considerações finais

A partir da análise das evidências geomorfológicas presentes na bacia do Ribeirão do Chiqueiro, depressão de Gouveia/MG, é possível concluir a ocorrência de um hemigráben na região que pode estar relacionado ao soerguimento da Serra do Juá, interflúvio a leste da bacia. O hemigráben é responsável pelo basculamento de bloco sentido Leste, que ocasionou a migração lateral do curso d'água no mesmo sentido até que este seja barrado por um material rochoso mais resistente, aprisionando o curso d'água.

No Brasil, os estudos em Geomorfologia Fluvial não foram amplamente discutidos como ocorrido em outros países e em relação a outros assuntos que permeiam a geomorfologia como um todo. No entanto, nos últimos anos esse quadro tem sido mudado e os estudos em geomorfologia fluvial têm sido cada vez mais recorrentes. Portanto, torna-se necessário prosseguir nos avanços desta área a fim de consolidar e ampliar os conhecimentos da geomorfologia fluvial brasileira, bem como suscitar outros trabalhos de mesma natureza na região analisada.

#### Referências

- Augustin, C. H. R. R. . Aspectos geomorfológicos da região de Gouveia, espinhaço Meridional, MG. In: VIII Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 1995, Diamantina, MG, Brasil. Boletim do VIII Simpósio de Geologia de Minas Gerais. Diamantina: Sociedade Brasileira de Geologia, 1995. v. U. p. 3-4.
- Bueno, G. T; Trindade, E. de S.; Magalhães Júnior, A. P. **Paleociclos deposicionais e a moderna dinâmica fluvial do Ribeirão do Chiqueiro - Depressão de Gouveia/Espinhaço Meridional - MG.** Geonomos, Belo Horizonte, 1997, v. 5, n. 2, p. 15-19.
- Saadi, A. **Neotectônica da plataforma brasileira: esboço e interpretação preliminares.** Geonomos, Belo Horizonte, 1993, v. 1, n. 1, p. 1-15.
- Silva, R. R. **Roteiro geológico da área de Diamantina, Minas Gerais: a fase rift da bacia proterozóica do Espinhaço, a partir do reconhecimento de discordâncias sedimentares.** Geonomos, Belo Horizonte, 2013, v. 21, n. 1, p. 42-55.



## ESTRATIGRAFIA E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DAS CAMADAS DE MASSARÁ E SEIXOS EM TERESINA-PI

BARTIRA ARAÚJO DA SILVA VIANA<sup>1</sup>

CRISTIANE VALÉRIA DE OLIVEIRA<sup>2</sup>

IRACILDE MARIA DE MOURA FÉ LIMA<sup>3</sup>

CARLA IAMARA DE PASSOS VIEIRA<sup>4</sup>

1 Universidade Federal do Piauí – UFPI/CCG

bartira.araujo@ufpi.edu.br

2 Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

crisval\_oliveira@yahoo.com.br

3 Universidade Federal do Piauí – UFPI/CCG

iracildefelima@ufpi.edu.br

4 Instituto Federal de educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI

iamarapassos@gmail.com

### Resumo

Este trabalho tem como objetivo caracterizar as camadas onde ocorre o massará quanto a seus aspectos estratigráficos e físicos, destacando sua gênese e espacialização na cidade de Teresina e adjacências. O trabalho partiu da hipótese de que os sedimentos que compõem o massará têm características físicas específicas que os tornam favoráveis para serem usados na construção civil. Foram utilizadas, como base teórica da pesquisa, diferentes fontes bibliográficas sobre a temática. Os trabalhos de campo foram realizados para se observar, fotografar e escolher dois perfis estratigráficos onde foram coletadas amostras com presença de diferentes camadas de massará. Os procedimentos metodológicos para a análise física (Dispersão Total) foram baseados nas normas da Embrapa (1997). A análise das amostras dos perfis estratigráficos estudados (P1 e P2) demonstrou que a distribuição granulométrica, apesar de variar entre as camadas, aparece com padrões de distribuição semelhantes. Em termos gerais, nas camadas com presença de massará, predomina a textura arenosa. O maior teor de argila ocorre nas camadas com presença do “barro”. Os seixos de quartzo encontrados nos perfis possuem alto grau de arredondamento, sendo comumente achatados, apresentando-se foscos e polidos. Ficou nítido na pesquisa que os depósitos encontrados em Teresina não são resultado da dinâmica fluvial atual, pois, os rios Poti e Parnaíba, atualmente, não têm capacidade de carreamento para depositar sedimentos nas cotas altimétricas dos perfis estudados.

**Palavras-chave:** Estratigrafia. Massará. Teresina.

### Abstract

This paper aims to characterize the layers where the massará occurs about their stratigraphic and physical aspects, highlighting its genesis and spatial distribution in the Teresina City and neighborhood. The research started from the hypothesis that the sediments that make up the massará

presents specific physical characteristics that make them favorable for use in construction. Were used as the theoretical basis of the research, different literature sources on the subject. The field studies were conducted to observe, photograph and choose two stratigraphic profiles where samples were collected with the presence of different layers of massará. The methodological procedures for physical analysis (total dispersion) were based on the Embrapa's standards (1997). The analysis of the samples studied stratigraphic sections (P1 and P2) showed that the particle size distribution, though change between layers appear with similar distribution patterns. In general, the presence of massará layers, the predominant sandy texture. The higher clay content occurs in layers with presence of "clay". The quartz pebbles found in the profiles has a high degree of rounding and it commonly flattened, presenting matte and polished. It became clear in the research that deposits found in Teresina aren't the result of the current fluvial dynamics, therefore the rivers Poti and Parnaíba currently has not carrying ability to deposit sediments in the elevations of the soil profile.

**Keyword:** Stratigraphy. Massará. Teresina.

## 1. Introdução

A maior parte da estrutura geológica do Piauí é formada por terrenos sedimentares da Bacia Sedimentar do Parnaíba, que abrange grande parte dos estados do Maranhão e Piauí, do nordeste do Pará, do extremo nordeste de Tocantins, de uma pequena porção da Bahia e ainda de uma estreita faixa do noroeste do Ceará. Ao discorrer sobre estrutura geológica da bacia do Parnaíba, Bizzi et al. (2003, p. 68) explicam que:

As formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba compõem o Grupo Balsas, que representa a Superseqüência Carbonífero-Triássica da Bacia do Parnaíba. A Formação Piauí [...], consiste-se de depósitos de dunas eólicas, de interdunas e planícies de deflação. A Formação Pedra de Fogo apresenta duas seqüências de arenitos: [...].

Em Teresina, as coberturas superficiais que repousam diretamente sobre o substrato rochoso, principalmente da Formação Pedra de Fogo, a exemplo do massará, são resultantes da alteração e desagregação das rochas, especialmente o arenito caulínico, que compõe essa Formação. Esses recursos minerais são semelhantes aos depósitos aluviais dos terraços do baixo Poti em Teresina, devido à presença de seixos de quartzo, sendo usados em larga escala na construção civil, Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

devido as suas características físicas. Dessa forma, a pesquisa se desenvolveu a partir do seguinte questionamento: Como se caracterizam as diferentes camadas onde ocorre o massará, quanto aos aspectos estratigráficos e físicos?

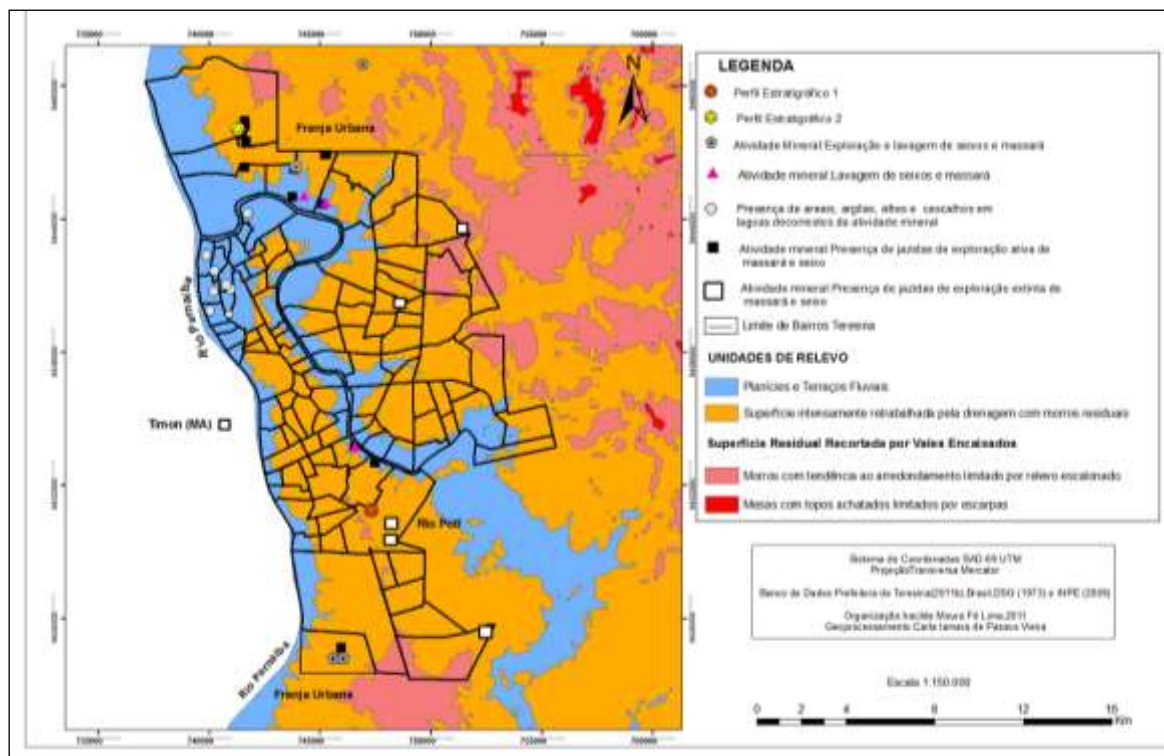
Na pesquisa buscou-se verificar a seguinte hipótese de trabalho: Os sedimentos que compõem o massará têm características físicas específicas que os tornam favoráveis para serem usados na construção civil. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo caracterizar as camadas onde ocorre o massará quanto a seus aspectos estratigráficos e físicos, destacando sua gênese e espacialização na cidade de Teresina e adjacências.

## 2. Metodologia do Trabalho

Na pesquisa foram utilizadas, como base teórica, diferentes fontes bibliográficas sobre a temática. Os trabalhos de campo foram realizados para se observar, fotografar e escolher dois perfis estratigráficos onde foram coletadas amostras com presença de diferentes camadas de massará, sendo 05 amostras em cada perfil (1 e 2). Estes foram georreferenciados com auxílio do GPS, sendo que o perfil 1 localiza-se na Zona Sul, no limite dos bairros Santo Antonio/Bela Vista, enquanto que o perfil 2 localiza-se na Zona Norte, no bairro Monte Verde (Santa Maria da Codipi) (Figura 1).

Faz-se oportuno destacar que o arcabouço morfoestratigráfico foi utilizado como guia para a coleta de amostras para as análises, tomando-se, como base, as discontinuidades deposicionais encontradas ao longo do perfil. A análise granulométrica das amostras foi realizada, no Laboratório de Geomorfologia e Sedimentologia do Instituto de Geociências (IGC) da Universidade Federal de Minas Gerais. Os procedimentos metodológicos para a análise física (Dispersão Total) foram baseados nas normas da Embrapa (1997).

**Figura 1 – Mapa de unidades do relevo e atividades minerais em Teresina - Piauí**



Banco de dados: TERESINA (2011b); BRASIL, DSG (1973); INPE (2009); Organização: Iracilde Maria de M. F. Lima; Adaptação: Bartira A. da S. Viana. Geoprocessamento: Carla Iamara de Passos Vieira (2012).

### 3 Resultados e Discussão

Na cidade de Teresina, ocorrem coberturas superficiais em relevo do tipo tabular em alguns trechos, sobre a Formação Pedra de Fogo, de idade Permiana, e, em outros, sobre a Formação Piauí, do Carbonífero, em altitudes que variam de cerca de 70 a 120 metros. Essas coberturas formam os topos de elevações residuais (Rever Figura 1), no espaço urbano de Teresina-PI (margem direita do rio Parnaíba) e de Timon-MA (margem esquerda do Parnaíba).

Enquanto os depósitos de cascalhos e areia, que compõem os terraços fluviais de Teresina, situam-se dentro e nas proximidades da cidade, em pequena quantidade e em área limitante, constituindo importantes reservas de minerais primários, o massará resulta da atuação dos agentes intempéricos em rochas da bacia sedimentar do Parnaíba, ocorrendo em diversos bairros de Teresina, assim como na franja urbana, e na cidade de Timon (MA), o que lhe confere características

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

específicas e importância econômica, ao ser utilizado como material para construção civil, juntamente com os seixos que ocorrem na matriz conglomerática.

O “massará”, que é um material coeso e formado por camadas de seixos numa matriz areno-argilosa, juntamente com o material de granulometria mais fina encontrado nas camadas superiores, permanece, pois, até os dias atuais, como material estratificado em acamamentos, os quais já sofreram litificação (diagênese) e são continuamente dissecados por processos erosivos, principalmente por águas pluvial.

Foram constatadas na pesquisa porções de rochas sedimentares as quais estão passando por processos de intemperização em camadas sedimentares presentes em áreas extrativas de massará. Esse sedimento configura-se, então, como manto de alteração, segurando as colinas mais altas. Dessa forma, as coberturas superficiais que repousam diretamente sobre o substrato rochoso, são semelhantes aos depósitos aluviais dos terraços do baixo Poti em Teresina, devido à presença de seixos de quartzo. Estas coberturas, no entanto, são resultantes da decomposição *in situ* das rochas.

Faz-se importante frisar que, nos níveis conglomeráticos, a matriz é o mesmo arenito caulínico, extremamente friável, porém, com seixos mal selecionados, nos quais os clastos menores de 0,5 cm são, em sua maioria, angulosos; enquanto os seixos maiores são, quase sempre, bem arredondados. Correia Filho e Moita (1997, p.18-19), ao discorrerem sobre o massará, confirmam que a origem fluvial dos sedimentos presentes na Formação Pedra de Fogo construiu-se no momento da formação da bacia sedimentar.

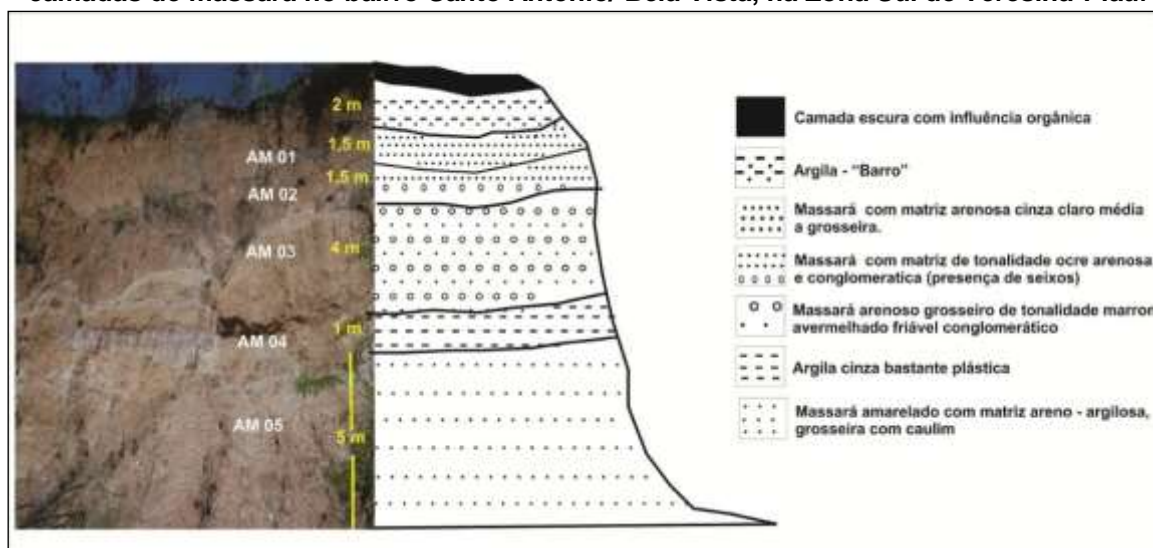
Ao analisar o perfil estratigráfico 1, localizado no bairro Santo Antônio/Bela Vista (Figura 2), que aflora em antigo corte de frente de lavra a céu aberto com cerca de 20 metros de altura, observa-se um processo deposicional com massará amarelado com matriz areno-argilosa, grosseira com caulim na base do perfil. Em seguida, ocorre uma camada com argila cinza bastante plástica, com cerca de 1 metro de espessura. Na sequência, o massará se apresenta com textura arenosa, com tonalidade marrom avermelhada friável e conglomerático. Sobre esta se encontra outra camada de massará com matriz de tonalidade ocre arenosa e também conglomerática (seixos de quartzo). A seguir, aparece uma camada de massará com



matriz arenosa cinza clara, média a grosseira e, por último, um acréscimo de um sedimento areno-argiloso de tonalidade amarronzada e cimento argiloso conhecido como “barro”. No topo do pacote, ocorre uma camada escura com influência orgânica com cerca 1 metro de espessura e presença de vegetação de pequeno porte, gramínea. Assim sendo, pode-se comprovar, pela diferença de cores, e, pela análise granulométrica, a alternância entre camadas finas e grosseiras, de coloração variada.

Os seixos encontrados no perfil estratigráfico 1 possuem alto grau de arredondamento, sendo comumente achatados. Apresentam-se bastante foscos e polidos. A ocorrência de cascalheira é muito comum nas áreas de exposição do massará, originada pela remoção do material areno-argiloso, através das águas pluviais em áreas sem cobertura vegetal.

**Figura 2 - Perfil estratigráfico dos níveis deposicionais de coberturas superficiais, destacando camadas de massará no bairro Santo Antônio/ Bela Vista, na Zona Sul de Teresina-Piauí**

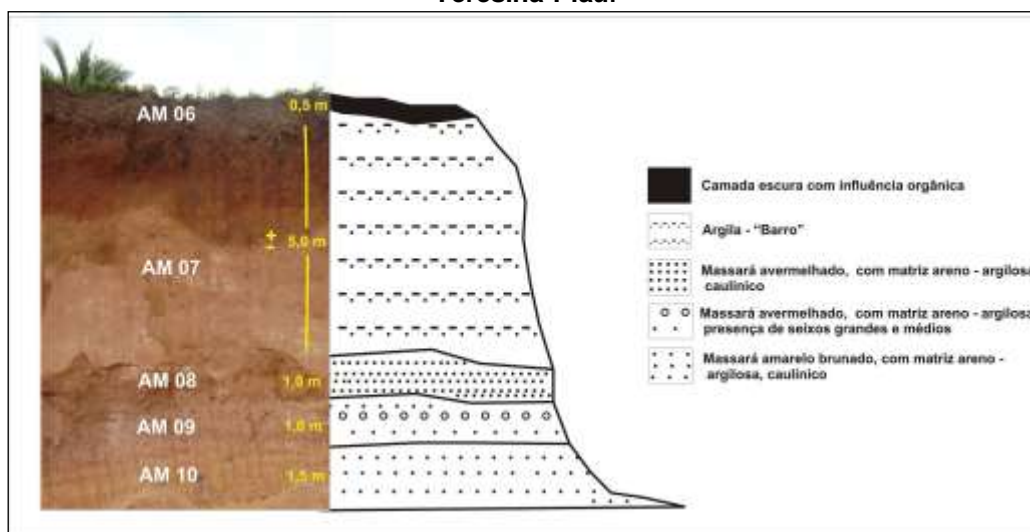


Fonte: Pesquisa direta (2010).

Analisando o perfil estratigráfico 2, localizado no bairro Monte Verde (Santa Maria da Codipi) (Figura 3), na Zona Norte de Teresina–Piauí, que aflora em corte de frente de lavra a céu aberto com cerca de 10 metros de altura, constatou-se a ocorrência de um processo deposicional com massará areno-argiloso, caulínico, cor amarela brunada. Sobre esta se encontra outra camada de massará avermelhado com matriz areno-argilosa e presença de seixos de quartzo, médios a grandes. Na

sequência, aparece outra camada de massará avermelhado com matriz areno-argilosa caulínica. Em seguida, percebe-se um acréscimo de camada argilosa, popularmente conhecida como barro. Faz-se oportuno mencionar que este material, ocorre frequentemente sobre o massará. Também é importante destacar a presença de uma camada escura, contendo matéria orgânica no topo do pacote e presença de vegetação gramínea.

**Figura 3 - Perfil estratigráfico dos níveis deposicionais de coberturas superficiais, destacando camadas de massará no bairro Monte Verde (Santa Maria da Codipi), na Zona Norte de Teresina-Piauí**



Fonte: Pesquisa direta (2010).

Observou-se, no perfil estratigráfico 1, que havia lentes de areia entre os níveis de seixos pelo tato mais arenoso, sendo tal fato comprovado, visto que há mais de 89% de fração areia no total granulométrico nas amostras. Detectou-se também que os depósitos de "massará" presentes nos perfis pesquisados em Teresina são constituídos, essencialmente, por areia quartzosa, de granulometria média. Os grãos de quartzo são, em sua maioria, transparentes e alguns leitosos. A fração argilosa, caulínica, nas diferentes camadas com presença de massará, aparece variando de 4% a 9% na distribuição granulométrica das amostras analisadas.

Ao analisar os perfis estratigráficos 1 e 2 e os perfis topográficos, em topos de baixos planaltos. Estes, em algumas áreas, formam divisores topográficos de dois grandes rios que passam no espaço teresinense, em cotas altiméricas que

ultrapassam os 100m, o que, na maioria das vezes, fica bem longe das atuais planícies e terraços fluviais desses rios. No perfil estratigráfico 1, o nível de altitude registrado foi de 112 m, e, no perfil estratigráfico 2, a altitude corresponde a 111 m.

#### 4 Considerações finais

A análise das amostras dos perfis estudados (bairros Bela Vista/ Santo Antônio e Santa Maria da Codipi) demonstra que a distribuição granulométrica, apesar de variar entre as camadas, aparece com padrões de distribuição semelhantes. Em termos gerais, nas camadas com presença de massará, predomina a textura arenosa e pequena proporção de argila. As amostras com maior teor de argila pertencem às camadas nas quais ocorre o “barro”.

Ficou nítido na pesquisa que os depósitos encontrados em Teresina não são resultado da dinâmica fluvial atual, pois, apesar do selecionamento das partículas, com acréscimo gradual de argila em direção ao topo e do grau de arredondamento dos seixos, os rios Poti e Parnaíba, atualmente, não têm capacidade de carreamento para depositar sedimentos nas cotas altimétricas dos perfis estudados.

#### Referências

- BIZZI, Luis Augusto; SCHOBENHAUS, Carlos; VIDOTTI, Roberta Mary; GONÇALVES, João Henrique (Org.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: texto, mapas & SIG**. Brasília: CPRM, 2003.
- CORREIA FILHO, Francisco Lages; MOITA, José Henrique A. **Projeto Avaliação de Depósitos Minerais para Construção Civil PI/MA**. Teresina: CPRM, 1997. 2 v.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.
- Agradecimentos:** Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do IGC/UFMG/Projeto de Doutorado Interinstitucional (DINTER-UFPI/UFMG), à minha orientadora, a Prof. Dr<sup>a</sup>. Cristiane Valéria de Oliveira, ao senhor Walter Brito (geólogo da CTDN) e aos demais colaboradores da pesquisa. Cumpre destacar que este resumo compõe parte dos resultados da tese de doutorado apresentada em 2013, na UFMG.

## A ERODIBILIDADE DOS SOLOS NO MÉDIO E BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MATEUS NUNES (PARATY, RJ)

SARA REGINA DE ARAÚJO NEVES<sup>1</sup>

ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA GUERRA<sup>2</sup>

GABRIEL FINOTTI DOS REIS NUNES<sup>3</sup>

MARCELO AURELIO PEREIRA DA SILVA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro – PPGG

sara.regina\_geo@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro – Dept<sup>o</sup> Geografia

antonioguerra@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro – Iniciação Científica

gabriel.f.n@hotmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro – Iniciação Científica

pereira.maps@gmail.com

### Resumo

A erosão dos solos torna-se alvo de inquietação dos pesquisadores quando a interferência antrópica se faz presente como um indicador ambiental na ocorrência de feições erosivas ou na suscetibilidade dos solos à essa ocorrência (Guerra, 2014). Nesse contexto, cabe ressaltar que a análise da erodibilidade dos solos é fundamental no prognóstico ou no diagnóstico de uma área, tendo em vista que é possível verificar o comportamento das partículas do solo, através de suas propriedades físicas e químicas. Este presente estudo teve por objetivo a análise da erodibilidade dos solos nos compartimentos médio e baixo da bacia hidrográfica do rio Mateus Nunes, inserida no contexto da Área de Proteção Ambiental (APA) do Cairuçu, localizada no município de Paraty (RJ). Foram realizadas coletas em 10 pontos para as seguintes análises: estabilidade dos agregados, pelo método Yoder (1936, *in* Castro Filho, *et al.*, 1998); análise granulométrica, densidade aparente, densidade de partículas, porosidade total e pH do solo de acordo com o Manual da Embrapa (EMBRAPA, 1997); e teor de matéria orgânica (Ball, 1964). Os resultados das análises das propriedades físicas e químicas das amostras coletadas corroboraram com a literatura nacional e internacional a respeito da erodibilidade dos solos. O ponto 5 (P5) destacou-se por apresentar resultados que apontam para uma considerável erodibilidade, comprovada pela presença de feições erosivas no local.

**Palavras-chave:** Geomorfologia. Erosão dos solos. Propriedades do solo.

### Abstract

Soil erosion becomes a source of work for researchers when human interference makes itself present as an environmental issue on the occurrence of erosive features, or on soil susceptibility to this event (Guerra, 2014). In this context, it is worth to point out that soil erodibility analysis is fundamental on the prognosis or the diagnoses of an area, bearing in mind that it is possible to check the behavior of soil particles through its physical and chemical properties. This research work aims to analyse soil erodibility on mid and low compartments of river Mateus Nunes drainage basin, within Cairuçu  
Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

Protected Area, situated in Paraty Municipality, Rio de Janeiro State. Soil samples have been collected on 10 different sites for the following analyses: water aggregate stability, by Yoder method (1936, in Castro Filho, et al., 1998 ), particle size distribution, bulk density, particle density, total porosity and pH, according to Embrapa's Manual (Embrapa, 1997); and soil organic matter (Ball, 1964). The results of physical and chemical properties analyses of the soil samples agree with national and international research works, concerning soil erodibility. Site 5 (P5) stood out because presented results that indicate a considerable erodibility, confirmed by the presence of erosive features in the place.

**Key-words:** Geomorphology. Soil erosion. Soil properties.

## 1. Introdução

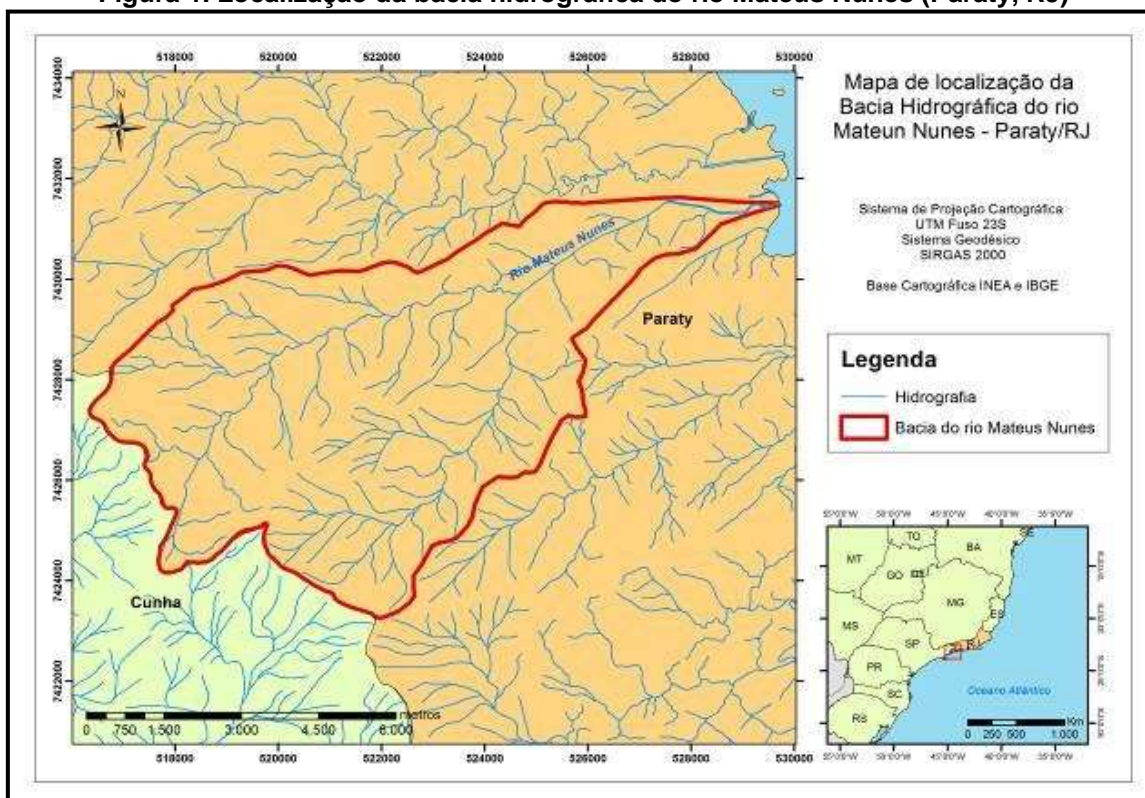
A erosão dos solos se constitui numa temática abordada em escala global. Trata-se de um processo “resultante da dinâmica de uma dada paisagem entendida como sendo a síntese dos diversos componentes que a produzem, e que está em desequilíbrio, provocado por interferências naturais ou antrópicas em um ou mais de seus fatores” (Vitte e Mello, 2007).

Em geral, definida como um processo de desagregação, remoção, transporte e deposição de partículas dos solos, a erosão torna-se alvo de inquietação dos pesquisadores quando a interferência antrópica se faz presente como um indicador ambiental na ocorrência de feições erosivas ou na suscetibilidade dos solos à essa ocorrência (Guerra, 2014). Nesse contexto, cabe ressaltar que a análise da erodibilidade dos solos é fundamental no prognóstico ou no diagnóstico de uma área, tendo em vista que é possível verificar o comportamento das partículas do solo, através de suas propriedades físicas e químicas.

Este presente estudo teve por objetivo a análise da erodibilidade dos solos no médio e baixo curso da bacia hidrográfica do rio Mateus Nunes, inserida no contexto da Área de Proteção Ambiental (APA) do Cairuçu, localizada no município de Paraty (RJ) (Figura 1). Com 51,3 Km<sup>2</sup> de área, precipitação média anual próxima aos 2.000 mm, tem seu relevo marcado por Escapas Serranas e a nascente do canal principal a cerca de 1.300 metros de altitude e sua desembocadura no mar, mais precisamente na Baía de Paraty.



Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Mateus Nunes (Paraty, RJ)



Fonte: *Elaboração própria.*

## 2. Metodologia de Trabalho

Através dos trabalhos de campo na área da bacia hidrográfica do rio Mateus Nunes foram coletadas amostras de solo deformadas, por meio de trado, e indeformadas, por meio do coletor volumétrico (100 cm<sup>3</sup>), além de blocos de solos para a análise da estabilidade de agregados. Os pontos de coleta foram previamente selecionados com a ajuda do *Google Earth* e dos próprios trabalhos de campo. A Tabela 1 mostra as propriedades físicas e químicas analisadas:

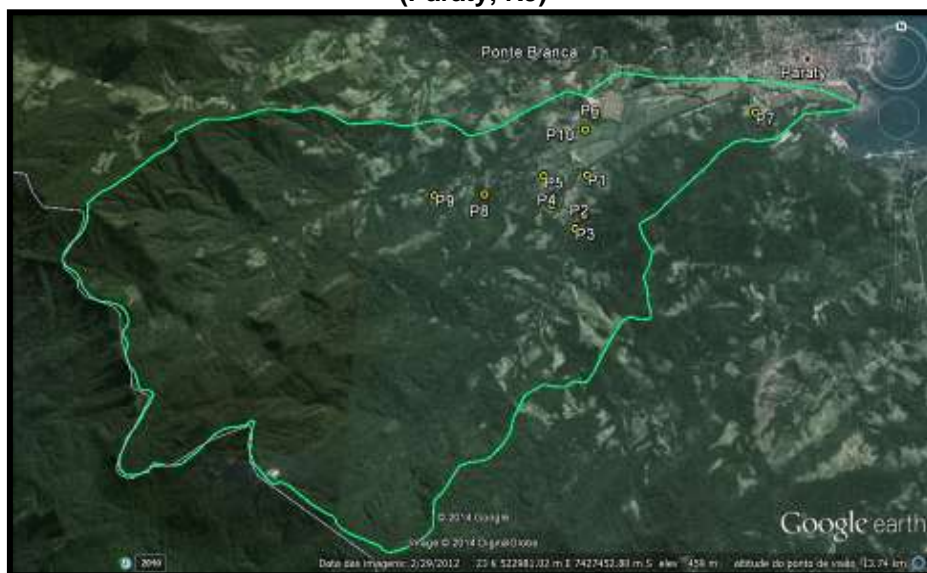
Num total de 10 pontos, como mostra a Figura 2, as coletas foram realizadas em profundidade de 0-10 cm para a análise de estabilidade de agregados e de 0-20 cm para as demais análises, em encostas entre o médio e o baixo curso da bacia hidrográfica, compartimentos esses com maior facilidade de acesso. Procurou-se adotar uma variedade de usos da terra na seleção dos pontos de coleta, encontrando-se usos como pasto abandonado, pasto ativo, pasto ativo e degradado (ravina evoluindo para voçoroca), plantação de cana-de-açúcar entre outras.

**Tabela 1. Relação das propriedades do solo analisadas.**

Propriedades do Solo	Procedimentos Metodológicos
<b>Análise Granulométrica</b>	Feita a partir da separação das frações granulométricas do solo, e foi baseada no método de pipetagem da EMBRAPA (1997); as classes texturais foram determinadas a partir do triângulo textural proposto por Lemos e Santos (1996).
<b>Estabilidade dos Agregados</b>	A partir da distribuição das classes de agregados por meio do tamisamento úmido pelo método Yoder (1936, <i>in</i> Castro Filho, <i>et al.</i> , 1998). Ao final, são realizados os cálculos de Índice de Estabilidade de Agregados, DMP (Diâmetro Médio Ponderado) e DMG (Diâmetro Médio Geométrico).
<b>Densidade Aparente</b>	Determinada através da amostra indeformada, com processos de secagem na estufa à 105°C e pesagem em balança de precisão (Embrapa, 1997).
<b>Densidade de Partículas</b>	A densidade real, ou de partículas, é determinada a partir de 20g de solo, álcool etílico absoluto, balão volumétrico, e em seguida são feitos os cálculos (EMBRAPA, 1997).
<b>Porosidade Total</b>	A partir dos resultados de Densidade Aparente e Densidade de Partículas é obtida a Porosidade do Solo, também através de cálculos pré-determinados (EMBRAPA, 1997).
<b>Teor de Matéria Orgânica</b>	Para a determinação do teor de matéria orgânica, adotou-se o método de Ball (1964). Foram pesadas 10g de solo de cada amostra deformada, seca ao ar, em cadinhos. Em seguida, as amostras são levadas à estufa por 24 horas a 105°. Após pesadas novamente, foram levados ao forno Mufla a cerca de 375°C por 16 horas. A partir deste valor e do peso inicial da amostra, é possível calcular o teor de matéria orgânica (%).
<b>pH do Solo</b>	Foi utilizado o medidor de pH (Analyser modelo pH 300M), determinando o pH em água (EMBRAPA, 1997).

*Fonte: Elaboração própria.*

**Figura 2. Pontos de coleta no médio e baixo curso da bacia hidrográfica do rio Mateus Nunes (Paraty, RJ)**



*Fonte: Google Earth*

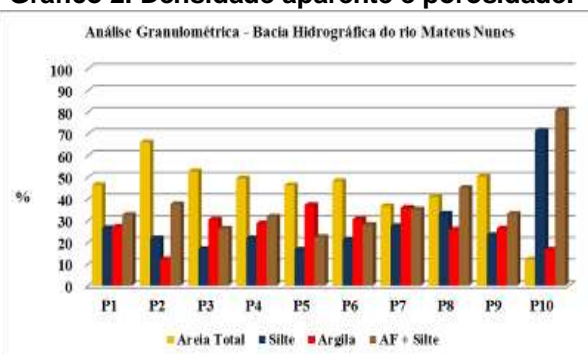
#### 4. Resultados e Discussão

A maior parte dos pontos analisados apresentou classes argilosas, pois em média apresentaram mais de 30% desta fração, o que pode conferir uma baixa erodibilidade aos solos. No entanto, quanto à erodibilidade, os pontos P2, P8 e P10 (Gráfico 1) podem ser destacados a partir dos resultados do teor de areia fina (AF) + Silte, consideradas frações que apresentam os maiores índices de erodibilidade, pois são removidas mais facilmente do que outras (Poesen *et al.*, 2003; Fullen e Catt, 2004; Morgan, 2005; Guerra, 2005 e 2007; Lima *et al.*, 2008; Loureiro, 2013). Gerrard (1992 *in* Loureiro, 2013) afirma que há uma rápida reação dos valores de pH e matéria orgânica a mudanças, no entanto a textura é uma propriedade mais difícil de sofrer alterações. Os pontos P4, P5 e P6 apresentaram as maiores densidades aparentes (1,58; 1,69; 1,60) e são áreas de pasto, sendo o P5 uma área de pasto ativa e que já apresenta uma rede de ravinas; uma delas encontra-se em processo de voçorocamento, observado no trabalho de campo. Esses pontos apresentaram densidades acima de 1,50 g/cm<sup>3</sup>, o que pode ser considerado alta compactação dos solos (Morgan, 2005). No entanto, todos os outros pontos ficaram abaixo de 1,50 g/cm<sup>3</sup>, mas poucos com porosidade acima de 50% (Gráfico 2).

Gráfico 1. Análise granulométrica.



Gráfico 2. Densidade aparente e porosidade.



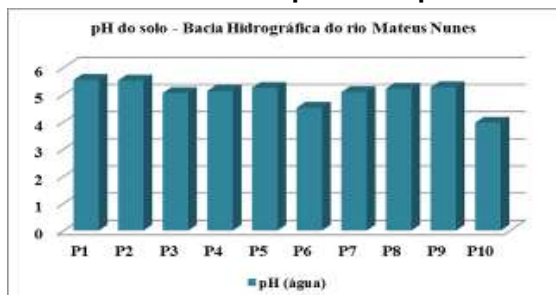
Fonte: Elaboração própria.

Todos os pontos apresentaram pH inferior a 7 (Gráfico 3), o que confere acidez ao solo, e indiretamente, baixa estabilidade dos agregados do solo (Fullen e Catt, 2004; Morgan, 2005). As feições erosivas presentes no P5 confirmam essa acidez do solo, somado a sua compactação, baixa porosidade e apresentar um dos menores teores de matéria orgânica (5,18%) – embora seja superior a 3,5% o que confere menor erodibilidade aos solos (Morgan, 2005; Conforti *et al.*, 2013). O menor



valor de pH encontrado foi no P10, área de pasto ativo também, embora tenha apresentado 60% de porosidade, 1,0 g/cm<sup>3</sup> de densidade aparente e 9,89% de matéria orgânica (Gráfico 4).

**Gráfico 3. Densidade aparente e porosidade.**



Fonte: Elaboração

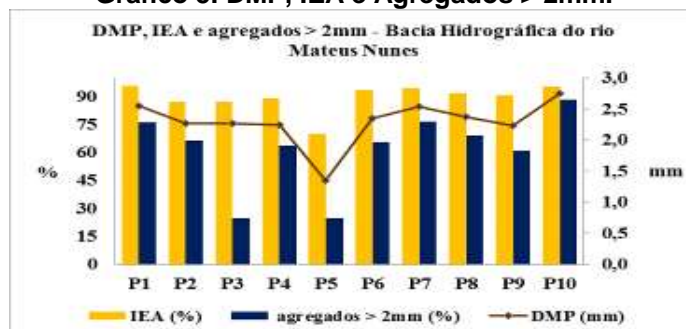
**Gráfico 4. Teor de matéria orgânica.**



Fonte: Elaboração

Segundo Castro Filho *et al.* (1998), o DMP (Diâmetro Médio Ponderado), ou a presença de agregados grandes (> 2mm), pode refletir a resistência do solo à erosão, sendo assim, quanto maior for o agregado, maiores serão o DMP e os espaços porosos entre agregados, aumentando a infiltração e diminuindo a erosão. Os maiores valores de DMP foram encontrados nos pontos P1, P7 e P10, o que está diretamente relacionado ao teor de matéria orgânica desses pontos que foi superior 6%. O P5 destacou-se por ter apresentado o menor valor de DMP (1,35mm), o menor IEA (Índice de Estabilidade de Agregados) (69,98%) e a menor porcentagem de agregados > 2mm (24,69%). Todos esses dados mais uma vez estão de acordo com a situação atual de degradação deste ponto. O ponto que apresentou maior IEA foi o ponto P10, apesar de ser uma área de pastagem. Todos esses resultados encontram-se no gráfico a seguir (Gráfico 5):

**Gráfico 5. DMP, IEA e Agregados > 2mm.**



Fonte: Elaboração própria.

## 5. Considerações Finais

1 – Os resultados das análises das propriedades físicas e químicas das amostras coletadas corroboraram com a literatura nacional e internacional a respeito da erodibilidade dos solos. O ponto 5 (P5) apresentou resultados que apontam para uma considerável erodibilidade, comprovada pela presença de feições erosivas no local.

2 – Há a necessidade de mais coletas de solo em outros pontos para uma maior investigação da erodibilidade dos solos na bacia em questão, apesar desta área apresentar muitas dificuldades de acesso a possíveis pontos de coleta.

3 – Destaque para a importância da observação da paisagem e das características espaciais dos pontos de coleta nas atividades de campo, fatores importantes na análise dos resultados, para o cumprimento satisfatório dos objetivos nos estudos da Geomorfologia.

## Referências

- BALL, D.F. Loss in ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non-calcareous soils. **Journal of soil science**, v.15, n.1, 1964.
- Castro Filho, C.; Muzilli, O.; Podanoschi, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 527-538, 1998.
- Conforti, M.; Buttafuoco, G.; Leone, A. P.; Aucelli, P. P. C.; Robustelli, G.; Scarciglia, F. Studying the relationship between water-induced soil erosion and soil organic matter using Vis-NIR spectroscopy and geomorphological analysis: A case study in southern Italy. **Catena**, v. 110, p. 44-58, 2013.
- EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Rio de Janeiro, 1997, 212 p.
- Fullen, M.A., Catt, J. A. **Soil Management – Problems and solutions**. Londres, Arnold Publisher, 2004, 269p.
- Guerra, A. J. T. O início do processo erosivo. In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (orgs). **Erosão e conservação do solo: conceitos, temas e aplicações**. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2005, p.17-56.
- Guerra, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (orgs). **Geomorfologia – Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 7ª edição, 2007, pp. 149-209.
- Guerra, A. J. T. **Degradação dos solos – conceito e temas** (Cap. 1). In: Guerra, A. J. T; Jorge, M. C. O. (orgs.). **Degradação dos solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014, 320p.
- Lemos, R. C.; Santos, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 3ª ed, Campinas, 1996, 84 p.
- Lima, L. D. M.; Silveira, P.G.; Silva, F.F.; Loureiro, H. A. S. Estudo dos Processos Erosivos no Médio e Alto Cursos da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé, Macaé/RJ. **Geografia. Ensino & Pesquisa** (UFSM), v. 12, 2008, p. 000-000.
- Loureiro, H. A. S. Monitoramento e diagnóstico de áreas degradadas na bacia hidrográfica do rio São Pedro (RJ): estudos experimentais em voçoroca e utilização de geotêxteis de fibra de bananeira.
- Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). **Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>





Territórios Brasileiros: Dinâmicas,  
Potencialidades e Vulnerabilidades  
28 de junho a 04 de julho de 2015  
Teresina - Piauí

Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG), UFRJ, Rio de Janeiro, 216 p, 2013.

Morgan, R.P.C. **Soil Erosion and Conservation**. England, Blackwell Publishing, 3ª edição, 2005, 304 p.

Poesen, J.; Nachtergaele, J.; Verstraeten, G.; Valentin, C. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. **Catena**, v. 50, p. 91-133, 2003.

Vitte, A. C.; Mello, J. P. de. Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas consequências na morfogênese das vertentes: um balanço bibliográfico. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 2, n. 2, p. 107-133, 2007.

## EXTRAÇÃO DE LINEAMENTOS PARA A IDENTIFICAÇÃO DE CONTROLES ESTRUTURAIS NO MUNICÍPIO DE MAUÁ DA SERRA – PR

KARINE BUENO VARGAS<sup>1</sup>  
MICHAEL VINICIUS DE SORDI<sup>2</sup>  
EDIVANDO VÍTOR DO COUTO<sup>3</sup>  
EDISON FORTES<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Maringá – UEM/PGE  
karibvargas@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG/PPG  
Michael.sordi@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Tecnologia Federal do Paraná – UTFPR  
edivandocouto@utfpr.edu.br

<sup>4</sup> Universidade Estadual de Maringá – UEM/DGE/PGE  
edison-fortes@hotmail.com

### Resumo

Os lineamentos estruturais são feições lineares que se destacam na paisagem como feições de superfície e refletem a dinâmica geológica sobre a geomorfológica, sendo um importante indicador de controle estrutural, para o entendimento morfoestrutural da paisagem. O presente artigo tem como objetivo caracterizar e identificar os lineamentos que exercem controle sobre o relevo a fim de verificar as transformações ocorridas em seu modelado. Para obter tais resultados foi utilizada como metodologia a extração manual de lineamentos estruturais, obtidas através de imagens SRTM, as quais foram manipuladas, utilizando diferentes padrões de cinzas e azimutes de iluminação para que os lineamentos pudessem ser melhor identificados. Após a extração e vetorização foram produzidos diagramas de rosetas, proporcionando resultados de frequência absoluta e comprimento absoluto dos lineamentos. Os lineamentos preferenciais identificados foram os de direção NW-SE entre 40° e 60°, tal direção se mostra constante sendo interseccionada por falhas perpendiculares. Secundariamente a direção NE-SW (entre 30 e 60°) também se mostrou representativa. A densidade de lineamentos representou inferência de maior controle ao sul da carta topográfica, com densidade alta, e ao norte da carta a densidade de lineamentos diminui, sendo considerada densidade mediada.

**Palavras-chave:** Geomorfologia. Morfoestruturas. Lineamentos Estruturais.

### Abstract

The structural lineaments are linear features that highlight in the landscape as surface features e reflected geological dynamics on the geomorphology, being one important index of structural control, for the understanding of morphostructural landscape. The present paper has as objective characterize and identify the lineaments that exercise control on the relief in order to verify the transformations happened in the modeled. To obtain such results were utilized as method the manual extraction of structural lineaments through SRTM data, which were manipulated using different gray patterns and illumination azimuths so that the lineaments could be better identified. After the extraction Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). **Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada.** Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

and vectorization were produced rosette diagrams, providing results of absolute frequency and absolute length lineaments. The preferred lineaments identified in the area have direction NW-SE, between  $40^{\circ}$  e  $60^{\circ}$ . Such direction is constant and intersected by perpendicular faults. Secondly the direction NE-W (between  $30$  and  $60^{\circ}$ ) also showed representative. The lineaments show higher control south of the area, with higher concentration, and north of the letter the density decreases.

**Key-words:** Geomorphology. Morphostructures. Structural lineaments.

## 1. Introdução

A geomorfologia estrutural é uma linha de estudos dentro da geografia física que analisa a relação entre o relevo e estrutura geológica, identificando a influência das estruturas na evolução e no modelado do relevo. Ao analisar o contexto morfoestrutural da paisagem, verifica-se o controle exercido pelo arcabouço litoestrutural sobre a morfologia, entendido como o conjunto de “elementos geológicos passivos”, tais como natureza litotípica (rochas sedimentares, ígneas, metamórficas), arranjo de camadas (dobradas, monoclinais, horizontais) e rupturas crustais (falhas, zonas de cisalhamento) (SAADI, 1998)

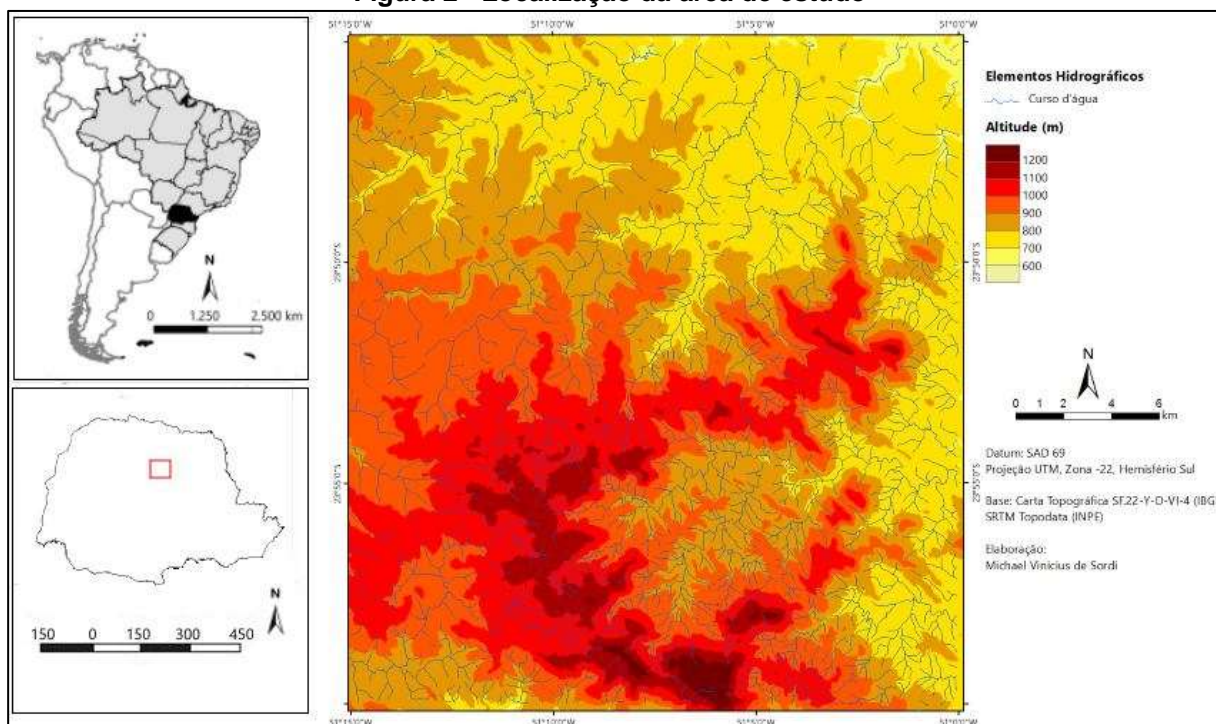
A presente pesquisa tem como objetivo caracterizar e identificar os lineamentos/alinhamentos que exercem controle estrutural sobre a morfologia da paisagem, na região de Mauá-da-Serra, centro-norte do Paraná. O controle estrutural foi estudado por meio de rupturas crustais, como os falhamentos e fraturas; os enxames de diques de diabásio, que formam cristas simétricas prolongadas ao longo da paisagem e o encaixamento/direção da rede de drenagem. Estas feições topográficas constituem de quebras em terrenos uniformes (basaltos e arenitos) com padrões fortemente impressos na morfologia.

O mapeamento de lineamentos geológicos é importante para a detecção de problemas em engenharia, especialmente na escolha do local para a construção de barragens, pontes e estradas, exploração de minerais e investigação hidrológica. A utilização de dados de radar SRTM para estudos de mapeamento geológico-estrutural-tectônicos e a utilização de novos produtos e ferramentas computacionais aumenta a eficácia da análise estrutural e contribui para a construção de modelos estruturais mais consistentes.

## 2. Caracterização e Localização da Área de Estudo

A área de estudo do presente artigo corresponde ao recorte da carta topográfica de Mauá da Serra (Figura 1), o qual abrange o município de Mauá da Serra como um todo, e partes dos municípios de Tamarana e Ortigueira, ambos no Centro Norte do estado do Paraná. Tal área corresponde as bordas planálticas – transição do Segundo para o Terceiro Planalto Paranaense – caracterizando-se por forte dissecação nas proximidades da Serra Cadeado, segmento local da Serra Geral, feição orográfica de destaque no sul do Brasil.

Figura 2 - Localização da área de estudo



De acordo com Jabur (1992), os reflexos tectônicos da abertura do Atlântico Sul, com conseqüente rifteamento na costa brasileira, podem ser visualizados no interior do continente. Ao longo da escarpa da Serra Geral, o forte abatimento com direção NE está associado a esse processo. Essa área abatida corresponde ao local de abrangência dos principais afluentes do rio Paranapanema e contrastam com o alto topográfico São Jerônimo-Cadeado.

O alto topográfico São Jerônimo-Cadeado, supracitado, está parcialmente contido no recorte estudado. O alto sofre forte influência do Arco de Ponto Grossa, um arqueamento Mesozoico, resultante do levantamento da crosta da borda leste da Bacia do Paraná, que originou feixes subparalelos de fraturas profundas, os quais permitiram o extravasamento do magma básico, o qual consolidado formou os enxames de diques de direção NW-SE, constituídos de diabásio.

Segundo Ferreira (1982), essa área constitui a região central do arco, que se insere entre os Alinhamentos de São Jerônimo-Curiúva e do Rio Alonzo. Caracteriza-se por intensos fraturamentos e falhas com pequeno rejeito, além de concentrar anomalias lineares, extensas e contínuas com larguras variáveis entre 80 km e 100 km, que correspondem a enxames de diques de diabásio, presentes em uma faixa de cerca de 600km que vai desde o Oeste até o litoral do Paraná.

Os diques formam sistemas paralelos com orientação preferencial NW, embora direções NE também ocorram, sendo considerados secundários na região do Paraná. Porém a direção NE representa a direção preferencial dos fraturamentos ocorridos no embasamento cristalino da Bacia do Paraná (SOARES *et al.* 1982 ; ZALÁN *et al.* 1988).

### 3. Metodologia

Para extração dos lineamentos estruturais foram utilizados dados SRTM reamostrados, com resolução espacial 30m, obtidos do Projeto TOPODATA (VALERIANO, 2005). Esses dados foram importados no Software Quantum Gis<sup>®</sup>, versão 2.0.1, onde foram geradas imagens raster, sombreadas, em variados exageros de relevo e azimutes de iluminação. As iluminações utilizadas (Tabela 1) seguiram FREITAS (2005) e MINEROPAR (2007).

Após a extração e vetorização dos lineamentos foram produzidos diagramas de rosetas no Software Spring 5<sup>®</sup>. Foram gerados dados de frequência absoluta e comprimento absoluto dos lineamentos. Para uma melhor representação espacial dos lineamentos da área foi gerado, complementarmente, um mapa de lineamentos.



Tabela 1 - Relação de dados utilizados para geração de imagens sombreadas do relevo

Exagero do Relevo	Azimute de Iluminação	Elevação
1	90	30
3	120	45
5	315	20
10	200	40
15	45	45

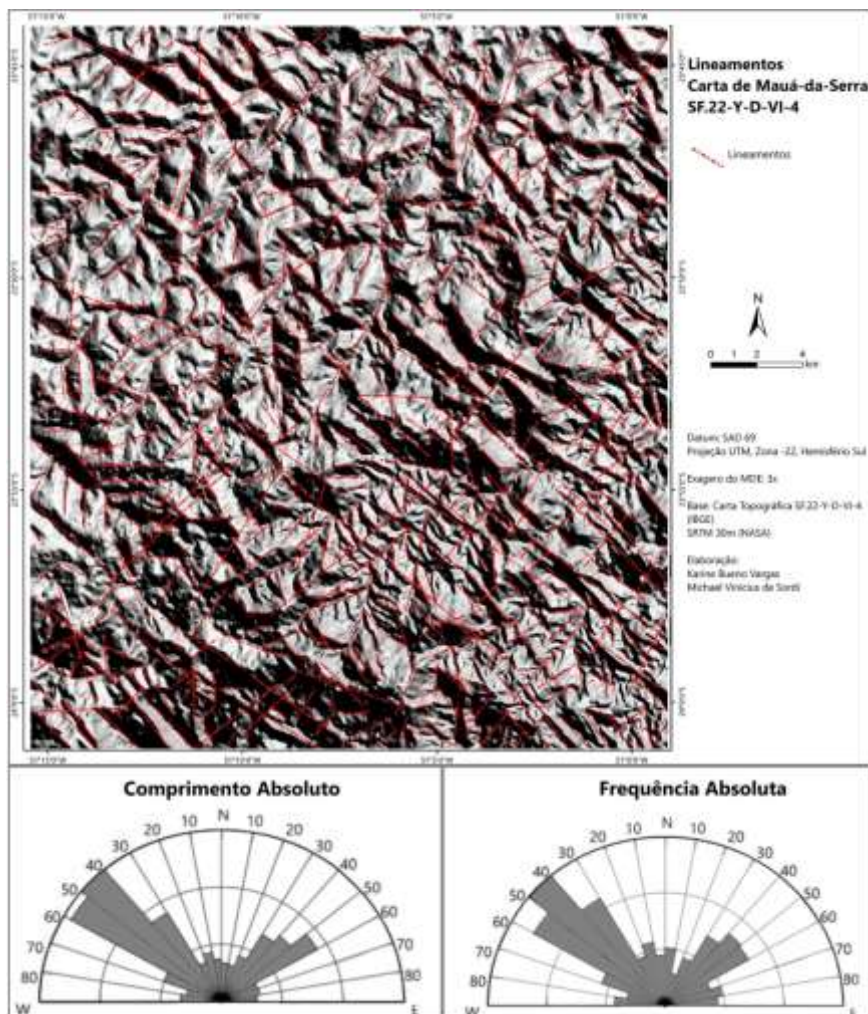
#### 4. Resultados e Discussão

A direção preferencial de lineamentos registrada foi NW-SE, concentrando-se especialmente entre 40° e 60°, como pode ser observado nos gráficos de roseta (Figura 2) - os gráficos representam o comprimento e frequência dos lineamentos. Lineamentos de direção NW-SE se mostram constantes sendo frequentemente interseccionados por falhas perpendiculares (NE-SW). Essa direção (NE-SW) também se mostrou representativa, com maior tendência entre 30 e 60°.

O controle estrutural se manifesta na paisagem regional pelos lineamentos NW-SE e NE-SW, sendo representados tanto por feições positivas quanto negativas. Entre as feições positivas se destacam os diques de diabásio. Como feições negativas existem principalmente segmentos retilíneos nos cursos d'água. Além disso, ocorrem na área padrões retilíneos e anomalias de drenagem, além de outras morfologias associadas a falhamentos, soerguimentos e abatimentos de blocos (Couto *et al.* 2011; Camolezi *et al.* 2012).

Pode-se observar que ao sul da carta, o controle estrutural é maior, e ocorre maior densidade de lineamentos. Destaca-se quadrante SE, onde os lineamentos estão associados tanto aos diques de diabásio quanto a morfologia da Serra do Cadeado, em especial a área do alto estrutural de Mauá da Serra onde se localiza o Morro das Antenas. Nesse local pode-se observar ainda um padrão circular dos lineamentos, associados a esta feição.

Figura 2. Mapa de densidade de lineamentos no recorte da carta topográfica de Mauá da Serra-PR



A área ao norte da carta, mais afastada da Serra do Cadeado, localizada no Terceiro Planalto Paranaense exibe menor controle estrutural. A densidade lineamentos é menor, porém os diques de diabásio ainda constituem feições representativas nesta área.

## 5. Considerações finais

O mapeamento de lineamentos e feições morfoestruturais demonstrou a presença de importantes feições estruturais, das quais se destacam os diques de diabásio, muito numerosos em toda a área e o Alto de Mauá-da-Serra, à SE.

Segmentos retilíneos na rede de drenagem também estão associados ao controle estrutural local.

A principal feição que controla as direções dos lineamentos é o Arco de Ponta Grossa. Este fato explica a predominância de estruturas alinhadas à NW-SE, direção do Arco de Ponta Grossa. Os alinhamentos NE-SE por sua vez, são relacionados à estruturas mais antigas, que tem gênese no embasamento da Bacia Sedimentar do Paraná.

A extração manual de lineamentos a partir de dados SRTM é uma ferramenta de baixo custo e alta eficácia para a identificação do comportamento estrutural de uma dada área e, mesmo utilizando-se de diferentes azimutes de iluminação, elevações e exageros, esta técnica deve estar acompanhada de outras metodologias para uma maior confiabilidade e representatividade dos dados.

## 6. Referências

- CAMOLEZI, B. A.; FORTES, E.; MANIERI, D. D. **Controle estrutural da rede de drenagem com base na correlação de dados morfométricos e morfoestruturais: o caso da bacia do ribeirão São Pedro, Paraná.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 13, n. 2, p. 201-211, 2012.
- COUTO, E. V.; MANIERI, D. D.; MANOSSO, F. C.; FORTES, E. **Correlação morfoestrutural da rede de drenagem e lineamentos da borda planáltica, Faxinal, Paraná.** Geociências (São Paulo. Impresso), v. 30, n. 3, p. 315-326, 2011.
- FERREIRA, F. J. F. **Integração de dados aeromagnéticos e geológicos: configuração e tectônica do Arco de Ponta Grossa.** Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade de São Paulo. São Paulo, 1982.
- FREITAS, R. C. **Análise estrutural multitemática do Sistema Petrolífero Irati-Rio Bonito, Bacia do Paraná.** Dissertação (Mestrado em Geologia) Universidade Federal do Paraná. 2005.
- JABUR, I. C. **Análise paleoambiental do quaternário superior na bacia hidrográfica do Alto Paraná.** Tese de Doutorado. UNESP. Rio Claro, 1992.
- O'LEARY, D. W. ; FRIEDMAN, J. D. ; POHN, H. A. **Lineament, linear, lineation: some proposed new definitions for old terms.** GSA Bulletin, 87(10): 1463-1469, 1976.
- SAADI, A. **Modelos morfogenéticos e tectônica global: reflexões conciliatórias.** Geonomos, UFMG, Belo Horizonte, n. 6, p. 55-63, 1998.
- SOARES, P. C.; BARCELOS P. E.; CSORDAS S. M. **Análise, interpretação e integração de lineamentos a partir de imagens (Radar-Landsat) e suas relações com a tectônica da Bacia do Paraná.** São Paulo: Relatório RT-342/82, Paulipetro. Consórcio CESP/IPT, 1982.
- VALERIANO, M. M. **Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: projeto TOPODATA.** In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia, GO. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 3595-3602. Disponível: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/10.29.11.41/doc/3595.pdf>. Acesso em: 26/10/11.
- ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, L. S.; APPI, V. T.; ZANOTTO, O. A.; MARQUES, A. **Tectonics and sedimentation of the Paraná Basin.** In: 7 INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM. Proceedings. São Paulo, 83-117 p., 1988.

## MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA FOLHA SC-24-Z-B-IV - ARACAJU, ATRAVÉS DE APLICAÇÕES GEOTECNOLÓGICAS

RICLAUDIO SILVA SANTOS<sup>1</sup>  
CHARDSON SANTOS MACHADO<sup>2</sup>  
CRISTIANO APRÍGIO DOS SANTOS<sup>3</sup>  
DANIEL RODRIGUES DE LIRA<sup>4</sup>

1 Universidade Federal de Sergipe – UFS/DGEI  
riclaudio.silva@hotmail.com

2 Universidade Federal de Sergipe – UFS/DGEI

3 Universidade Federal de Sergipe – UFS/DGEI

4 Universidade Federal de Sergipe – UFS/DGEI

### Resumo

O presente trabalho teve como objetivo a realização do mapeamento geomorfológico da Folha SC-24-Z-B-IV – Aracaju, escala de 1:100.000, que corresponde à porção centro-oriental do estado de Sergipe, Nordeste do Brasil, apresentando diferenciações de paisagens geomorfológicas que representam as paisagens úmidas, sub-úmidas e semiáridas do nordeste brasileiro. A caracterização e mapeamento seguiram os pressupostos metodológicos de taxonomia lastreados na integração de dados aplicados na Geografia Física. A metodologia baseou-se na utilização de dados de imagens de radar interferométrico - SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) utilizados na elaboração de um MDT (Modelo Digital de Terreno) possibilitando extrair subprodutos como curvas de níveis diversas, relevo sombreado, mapa hipsométrico a fim de sobrepor esses dados com a Geologia, ajudando na decisão da classificação das unidades mapeadas em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) de forma semi-automatizada. Foi desenvolvido inicialmente o levantamento de um inventário de dados que permitiu obter informações e uma base de dados a respeito da área estudada. Posteriormente, esses dados foram analisados em ambiente SIG, por meio da classificação por máxima verossimilhança, e com as informações adquiridas foi possível identificar as unidades geomorfológicas tanto em caráter morfoestruturais como também da esculturação da paisagem em uma primeira aproximação. O mapeamento realizado a partir das aplicações geotecnológicas se mostra eficaz para os estudos geomorfológicos de identificação, permitindo o levantamento e a análise dos dados, assim como a elaboração dos mapas temáticos, que podem ser utilizados para estudos posteriores mais aprofundados.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento. Tipo de relevo. Geomorfologia

### Abstract

This study aimed to the realization of geomorphological mapping Leaf SC-24-ZB-IV - Aracaju, scale 1:100,000, which corresponds to the central-eastern portion of the state of Sergipe, Northeastern Brazil, with differences of geomorphological landscapes representing the wet landscapes, sub-humid and semi-arid northeastern Brazil. The characterization and mapping followed the methodological Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>



assumptions backed taxonomy in data integration applied in Physical Geography. The methodology was based on the use of data interferometric radar images - SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) used in the preparation of a DTM (Digital Terrain Model) allowing extract products such as different levels of curves, shaded relief, topographic map in order to overlay this data with geology, helping in the classification decision of the units mapped in GIS (Geographic Information System) semi-automated manner. Was initially developed the lifting of an inventory of data that provided information and a database about the studied area. Thereafter, the data were analyzed in a GIS environment, by classification by maximum likelihood, and the information acquired was possible to identify geomorphological units both in morphostructural character as well as landscape sculpting in a first approximation. The mapping is performed with the geotechnological applications shown effective for geomorphological studies of identification, allowing the survey and data analysis, as well as the preparation of thematic maps that can be used for more detailed future studies.

**Keywords:** GIS. Relief type. Geomorphology.

## 1. Introdução

A geomorfologia emprega representações cartográficas com o desígnio de identificar e localizar espacialmente seu objeto de estudo e assim melhor visualizar as formas e os processos recorrentes, buscando informações que deem o suporte melhor compreensão da evolução e dinâmica do relevo do relevo. Como toda a representação cartográfica, mapeamentos geomorfológicos modificam-se em função do que se pretende representar e da escala desta representação, para Demek *et. al.* (1972) “*mapas são uma das maneiras mais apropriadas e sintéticas de mostrar a distribuição das formas de relevo, os depósitos da superfície e sub-superfície, os processos que atuam na paisagem e o período de tempo dessa ação*”.

O mapeamento realizado a partir das geotecnologias têm apresentado grandes contribuições para os estudos geomorfológicos, pois estes permitem, de maneira eficiente, realizar o levantamento de dados para a análise e estudos.

A utilização do Processamento Digital de Imagens - PDI é uma tendência das Geociências, e representa uma maneira eficiente de executar diversas pesquisas. Para os estudos geomorfológicos estas tecnologias possibilitam melhorar a precisão das análises e incrementam a capacidade de processamento de dados (IBGE, 2009).



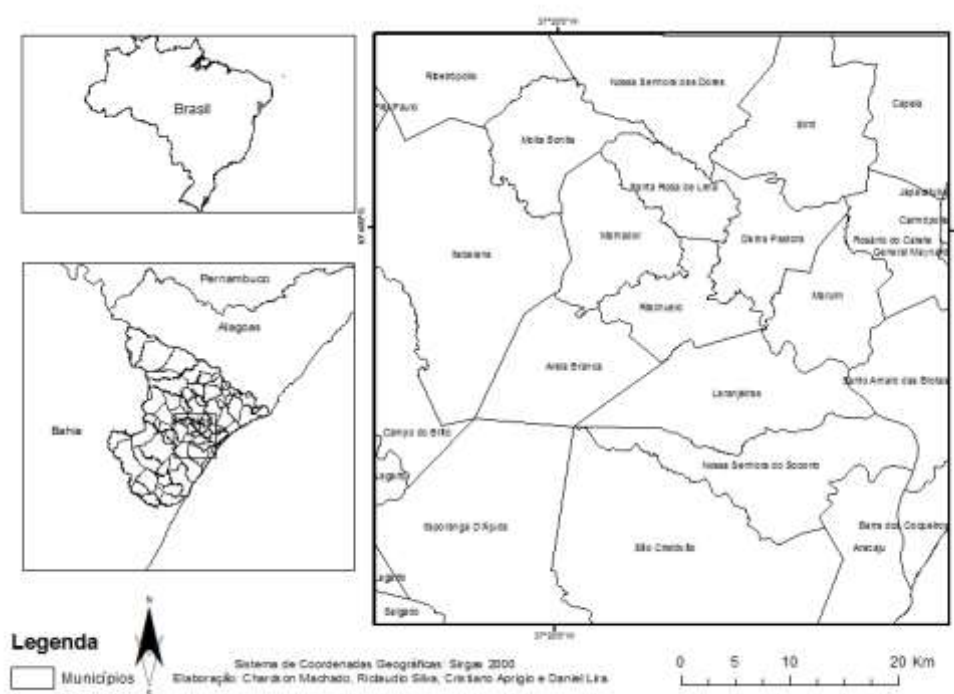
Ao realizar os estudos geomorfológicos podem-se compreender quais são as dinâmicas naturais de determinada área, sua condição ambiental, e desta forma, utilizar estes estudos como suporte para o planejamento e ocupação das mesmas, logo os mapas geomorfológicos, representam as formas do relevo a fim de compreender os diferentes arranjos espaciais, suas constituições, e as relações entre diferentes sistemas.

O objetivo do trabalho foi construir o mapa geomorfológico da Folha SC-24-Z-B-IV - Aracaju, destacando as morfoestruturas das morfoesculturas a partir do processamento da imagem SRTM, assim como de informações adquiridas por meio do mapa geológico, e do conhecimento prévio dos pesquisadores a respeito da área.

### 1.1 Área de estudo

A área de estudo compreende a Folha SC-24-Z-B-IV - Aracaju, escala de 1:100.000, que corresponde a uma porção do estado sergipano localizando-se entre as coordenadas  $37^{\circ}0'25''W$  e  $37^{\circ}29'12''W$  e  $10^{\circ}30'16''S$  e  $10^{\circ}59'39''S$  (Figura 1).

**Figura 1 - Localização Geográfica da Folha SC-24-Z-B-IV - Aracaju.**



Fonte: Atlas Digital de Sergipe. Elaboração dos autores.

A carta abrange a área de 26 municípios (Itabaiana, Lagarto, Areia Branca, Campo do Brito, Malhador, Moita Bonita, Nossa Senhora das Dores, Frei Paulo, General Maynard, Japarutuba, Santos Rosa de Lima, Santo Amaro das Brotas, São Cristóvão, Siriri, Capela, Carmópolis, Laranjeiras, Maruim, Nossa Senhora do Socorro, Riachuelo, Rosário do Catete, Salgado, Divina Pastora, Itaporanga D'Ajuda, Barra dos Coqueiros e capital sergipana Aracaju) localizados nos territórios do Agreste Central Sergipano, Médio Sertão Sergipano, Leste Sergipano, Sul Sergipano, Centro-Sul Sergipano e Grande Aracaju.

## 2. Metodologia de Trabalho

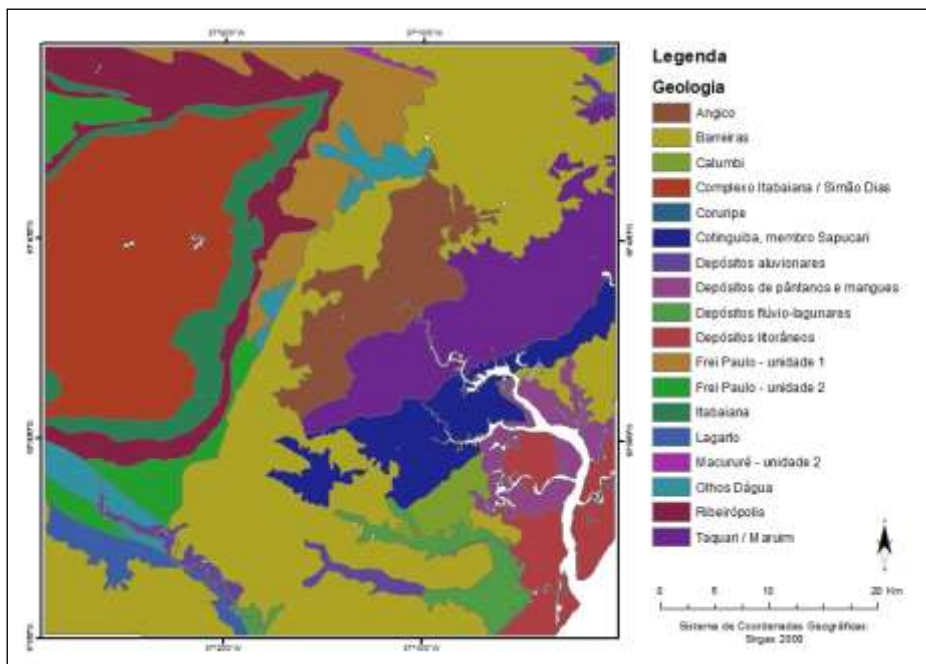
A caracterização e mapeamento seguiram os pressupostos metodológicos da taxonomia de Ross (1992) e IBGE (2009). Para o processamento dos dados deste trabalho, foi utilizado o pacote de *software* ArcGis, a partir da licença *free trial*, obtida pelo site da ESRI: <<http://www.esri.com/>>, que disponibiliza o uso do programa por um período de 60 dias, com acesso ao ArcMap e suas ferramentas.

Para a realização dos objetivos do trabalho foi necessário, inicialmente, realizar um inventário de dados da região da Folha estudada.

Os dados georreferenciados adquiridos a partir do mapa geológico estadual do estado de Sergipe (Figura 2), disponível no site do Serviço Geológico do Brasil - CPRM: <<http://geobank.cprm.gov.br/>>, forneceram informações a respeito das subclasses das rochas que possibilitaram uma melhor análise da área estudada, contribuindo para a definição das morfoestruturas.

As imagens SRTM foram obtidas por meio do site da EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, Brasil em Relevo: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/>>, utilizando a Folha SC-24-Z-B referente a uma porção do estado de Sergipe, onde a área correspondente a Folha SC-24-Z-B-IV foi posteriormente recortada, possibilitando a construção de um Modelo digital de terreno e a partir deste, extrair curvas de níveis de diversas cotas e elaboração de mapas temáticos (*shaded relie* e hipsométrico), que deram suporte na elaboração dos mapas finais.

**Figura 2 - Mapa Geológico de Sergipe, Subclasses.**



Fonte: Mapa geológico de Sergipe, Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

### 3. Resultados e Discussão

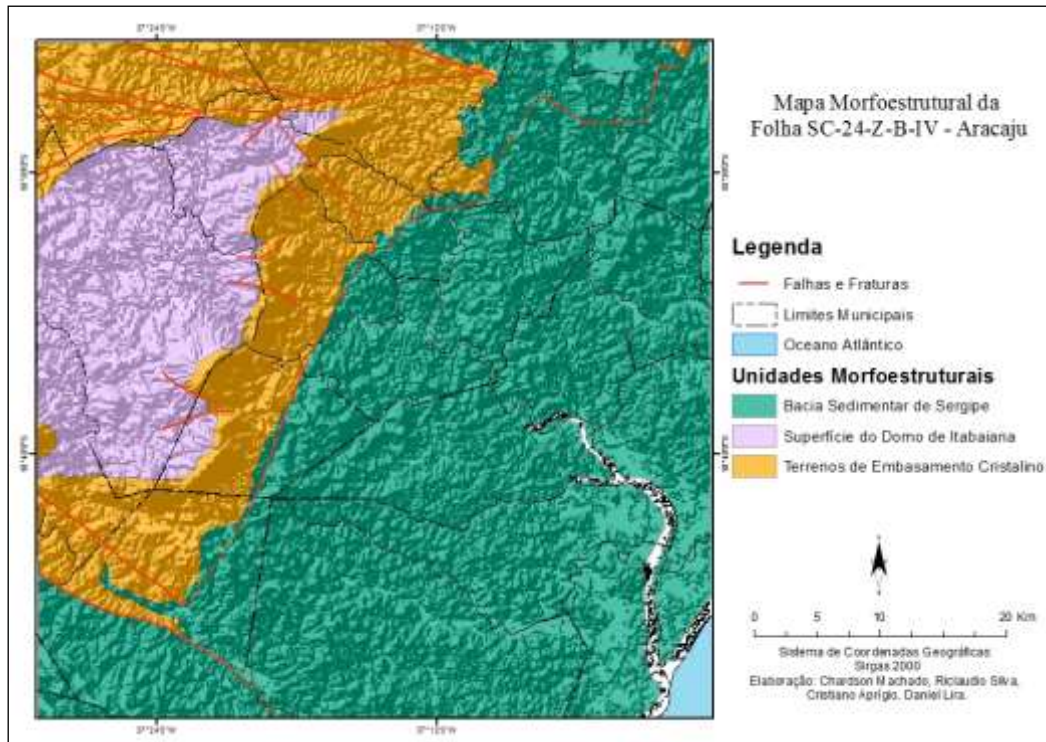
A partir da análise do mapa geológico de Sergipe que forneceu informação a respeito da litologia, das falhas e fraturas, da imagem SRTM, assim como do conhecimento prévio dos pesquisadores sobre a área de estudo, foi possível estabelecer as unidades morfoestruturais (Figura 4).

A respeito das unidades morfoestruturais, podemos destacar a Bacia Sedimentar de Sergipe, os Terrenos de Embasamento Cristalino e a Superfície do Domo de Itabaiana. Quanto à análise das morfoesculturas, foi elaborado um mapa, utilizando a imagem SRTM, por meio da classificação por máxima verossimilhança onde os dados da imagem SRTM foram cruzados com as curvas de níveis, permitindo a identificação das unidades morfoesculturais (Figura 5).

A respeito das unidades morfoesculturais da área de estudo podemos destacar a Planície Costeira, os Tabuleiros Dissecados e Colinas, os Tabuleiros Conservados, os Pedimentos e Encostas Dissecados e os Maciços Cristalinos e Cristas Residuais.

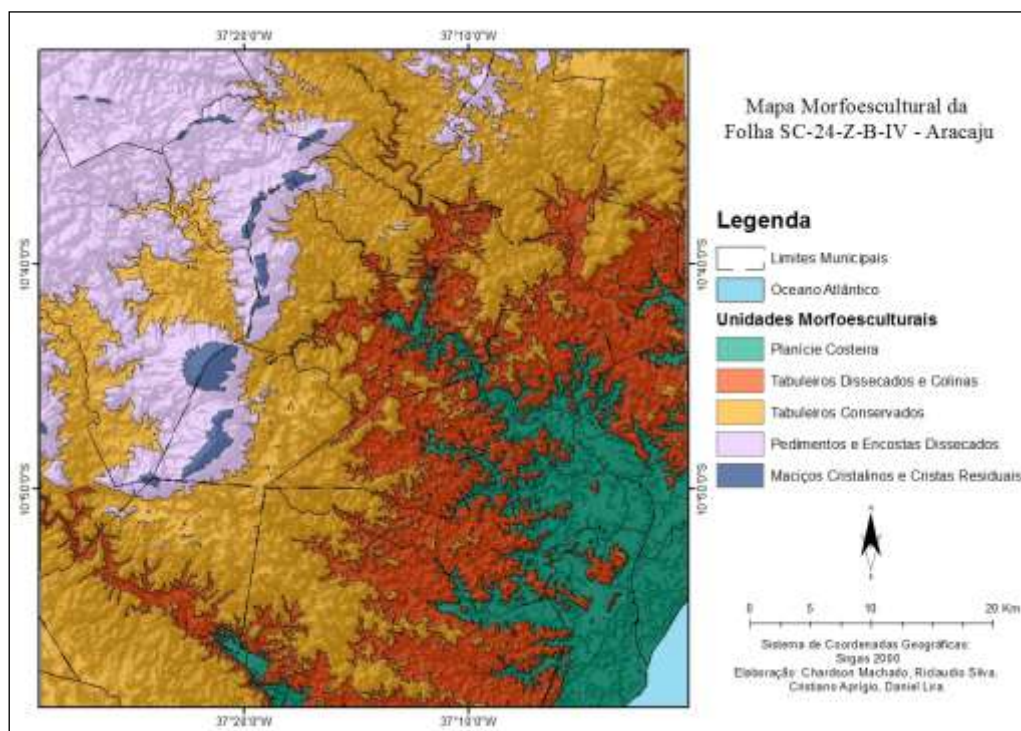
**Figura 4 - Mapa Morfoestrutural da Folha SC-24-Z-B-IV - Aracaju**





Fonte: Elaboração dos autores.

**Figura 5 - Mapa morfoescultural da Folha SC-24-Z-B-IV - Aracaju**



Fonte: Elaboração dos autores.

#### 4. Considerações Finais

O mapeamento realizado a partir das aplicações geotecnológicas se mostrou de grande eficácia para os estudos geomorfológicos, permitindo o levantamento e a análise dos dados, assim como a elaboração dos mapas morfoestruturais e morfoesculturais da área estudada, que podem ser utilizados para estudos posteriores. Dessa forma, destaca-se a aplicabilidade dos mapas derivados do Modelo Digital de Terreno, conseguida devido ao procedimento geoestatístico por vetorização semi-automática

O mapeamento das unidades geomorfológicas procurou sintetizar, através dos padrões de formas identificados e os mapas derivados do MDE-SRTM, bem como a análise descritiva do relevo procedida. Este artigo constitui assim uma ferramenta base para outras análises e diagnósticos com objetivo de compreender a dinâmica da Paisagem de forma integrada.

#### Referências

- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasil em Relevo. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/>>. Acesso em: 9.mar.2015.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de geomorfologia, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.** – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2009. 182 p. – (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598 ; n. 5).
- ROSS, Jurandir Luciano Sanches. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia.** 17-29 pp. São Paulo, IG-USP, 1992.
- Serviço Geológico do Brasil - CPRM. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 9.mar.2015.
- DEMEK, J., EMBLETON, C., GELLERT, J. F. & VERSTAPPEN, H. T.. (Eds.). **Manual of Detailed Geomorphological Mapping.** International Geographical Union Commission on Geomorphological Survey and Mapping. Academia, Prague. 1972. 320 p.



## RECONSTITUIÇÃO DE PALEOSUPERFÍCIES DE MAUÁ DA SERRA – PR ATRAVÉS DA TÉCNICA DE SEPPÔMEN

KARINE BUENO VARGAS<sup>1</sup>  
MICHAEL VINICIUS DE SORDI<sup>2</sup>  
EDIVANDO VITOR DO COUTO<sup>3</sup>  
EDISON FORTES<sup>4</sup>

1 Universidade Estadual de Maringá – UEM/PGE  
karibvargas@yahoo.com.br

2 Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG/PPG  
michael.sordi@gmail.com

3 Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  
edivandocouto@utfpr.edu.br

4 Universidade Estadual de Maringá – UEM/PGE  
edison-fortes@hotmail.com

### Resumo

As paleosuperfícies correspondem a áreas da crosta terrestre erodidas, limitadas em extensão e distribuição espacial. Para compreender a gênese e evolução das paisagens, a técnica do *Seppômen* vem sendo utilizada como ferramenta de elevado potencial, pois esta reconstrói as superfícies erodidas através do preenchimento de vales a partir das cotas altimétricas atuais. Entretanto a técnica se mantém atrelada às cotas altimétricas atuais, bem como não permite a identificação da idade destas superfícies. A área que compreende o município de Mauá da Serra está inserida no centro norte paranaense, na transição do Segundo para o Terceiro planalto, sobre um alto estrutural, apresentando grande complexidade geológica e geomorfológica. O objetivo do presente artigo é reconstituir as paleosuperfícies de Mauá da Serra, a fim de compreender a evolução da paisagem regional. A partir da aplicação da técnica foram identificadas paleosuperfícies aplainadas e contínuas, em altitudes que decrescem de SW para NE. O mapa da (malha 1km<sup>2</sup>), representa paleosuperfícies mais antigas, com altitudes mais uniformes, e um maior aplainamento da superfície, onde a drenagem não apresenta uma organização bem definida, com raras feições de vales fluviais e baixa densidade de drenagem. Já o mapa da malha 0,25km<sup>2</sup>, representa paleosuperfícies mais recente, com um processo de dissecação bem mais avançado, os vales já possuem uma forma mais característica, e a rede de drenagem dispõem de uma organização mais densa e próxima da atual.

**Palavras-chave:** Geomorfologia. Paleosuperfícies. Seppômen.

### Abstract

The paleosurfaces correspond to eroded areas of earth crust, limited in extension and special distribution. To understand the genesis and evolution of landscapes, seppomen technique has been utilized as a tool of high potential, because it rebuilt the eroded surfaces through the filling of valleys from the present elevations. However the technique keeps attached to present elevations, as well as does not allow the age identification of this surfaces. The area that comprehends Maua da Sera city is Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). **Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada.** Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

inserted in the Central North of Parana, transition from Second to Third Plateau, on a structural high, showing high geological e geomorphological complexity. The objective of this article is rebuilt Maua da Serra paleosurfaces, in order to understand the regional landscape evolution. From the application of the technique were identified flattened and continuous paleosurfaces, in elevations decreasing from SW to NE. The map of 1km<sup>2</sup> grid represents older paleosurfaces, with uniform elevations, and a more flatten surface, whereas the drainage do not shows a well defined organization, with rare fluvial valleys and low drainage density. The 0,25 km<sup>2</sup> grid map represents recent paleosurfaces, with a dissection process more advanced, the valleys already have characteristic shape and the drainage net shows a higher drainage density and organization, with characteristics closer to the present surface.

**Key-words:** Geomorphology. Paleosurfaces. Seppomen.

## 1. Introdução

As superfícies geomorfológicas e seus depósitos correlativos estão associados a diferentes níveis de erosão esculpidos em distintos “tempos geológicos”, estando vinculados a uma cronologia de desnudação: a ocorrência de superfícies em níveis altimétricos distintos refere-se a uma sequência cronológica dos processos de desnudação, sendo os níveis mais elevados considerados os mais antigos, enquanto os mais rebaixados os mais jovens (OLLIER, 1981).

No entanto, quando falamos de paleosuperfícies estamos nos referindo aos níveis mais antigos da crosta terrestre, os quais foram moldados e estruturados por processos geológicos e pela ação do clima sobre o relevo num dado espaço de tempo. De acordo com Small (1986), o desenvolvimento da paisagem se daria por uma sequência evolutiva de processos de desnudação, que promoveriam uma progressiva mudança da forma de relevo inicial através do gradual rebaixamento de topos e interflúvios e suavização da inclinação das vertentes por processos de intemperismo, erosão e movimentos gravitacionais de massa, resultando na elaboração do escalonamento topográfico.

O objetivo do presente artigo é reconstituir as paleosuperfícies de Mauá da Serra no Paraná, a fim de compreender a gênese e a evolução da paisagem regional. A área de estudo encontra-se sobre um alto estrutural, e sobre uma área de grande complexidade geológica e geomorfológica, carecendo de pesquisas para uma melhor compreensão do contexto morfoestrutural regional.

Para a identificação das paleosuperfícies foi utilizada a técnica do *Seppômen*, que consiste no levantamento topográfico atual a partir das cotas altimétricas, tanto de cartas topográficas, quando de imagens de radar como as SRTM. A partir da cota altimétrica atual os vales são preenchidos até o topo gerando um novo mapa, que revela como o terreno era no passado.

De acordo com Motoki et al., (2008) Couto et al (2012); Fortes; Sordi (2014), os mapas de seppômen de uma dada região de baixo efeito de erosão, com preservação parcial da morfologia original, apresenta uma morfologia virtual similar ao estado antes da erosão. Segundo os autores, no caso de uma região com profundo efeito de erosão, o mapa do seppômen apresenta outras informações. Nas áreas com características geológicas homogêneas, o seppômen apresenta relevos suaves. Entretanto, nas áreas onde ocorrem discontinuidades das rochas constituintes, movimentos verticais de falhas, vulcões ou cratera de meteorito, essas estruturas podem ser detectadas como relevos positivos destacados no Seppômen.

## 2. Localização e Caracterização da Área

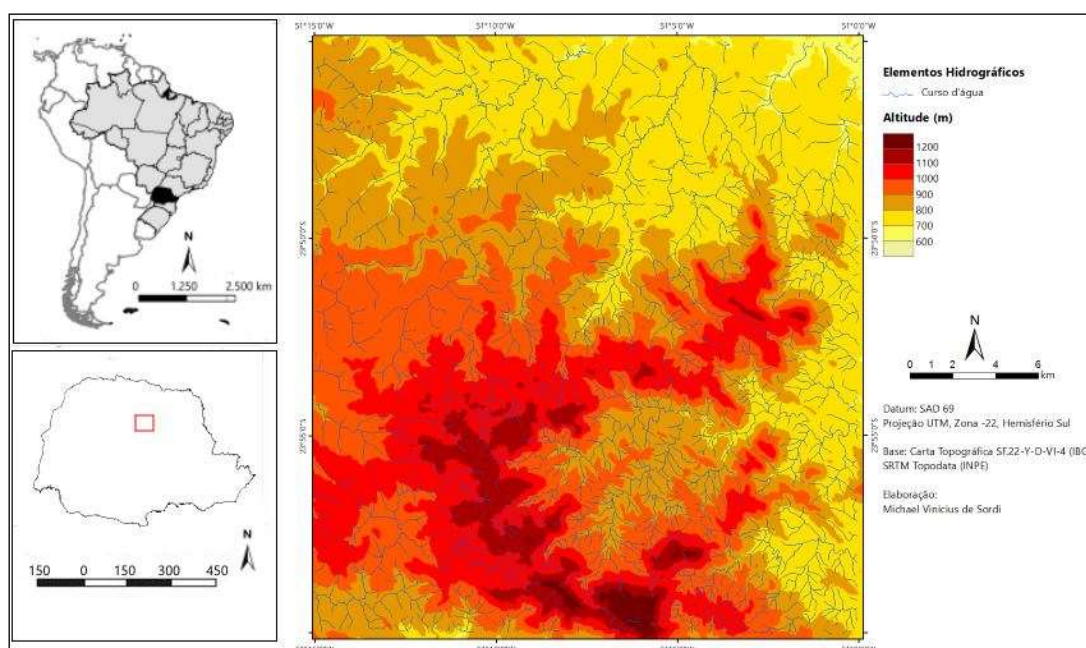
A área de estudo corresponde ao recorte da carta topográfica de Mauá da Serra (Figura 1) e abrange o município de Mauá da Serra e partes dos municípios de Tamarana e Ortigueira - Centro Norte do estado do Paraná. Trata-se da área de transição entre o Segundo e o Terceiro Planalto Paranaense (Maack, 1947).

A área de estudo sofre forte influência do Arco de Ponto Grossa, um arqueamento Mesozoico, resultante do levantamento da crosta da borda leste da Bacia do Paraná, que originou feixes subparalelos de fraturas profundas, os quais permitiram o extravasamento do magma básico. Como principal reflexo do Arco na paisagem tem-se enxames de diques de direção NW-SE, constituídos de rochas básicas, localmente diabásios.

A área do Terceiro Planalto se caracteriza por uma morfologia mais plana, modelada sobre rochas vulcânicas básicas da *Fm.* Serra Geral, do mesozoico. A escarpa da Serra Geral é sustentada ora por essas rochas vulcânicas, ora por arenitos silificados da *Fm.* Botucatu (Grupo São Bento – Mesozóico). Esses arenitos, assim como os da *Fm.* Pirambóia (Grupo São Bento – Mesozoico) ocorrem no

Segundo Planalto, porém com expressão limitada, ao contrário dos argilitos, siltitos e arenito da *Fm. Rio do Rasto* (Grupo Passa Dois – Paleozóico) que constituem o substrato de extensas áreas no Segundo Planalto. A área de transição é marcada por forte declividade, com faces escarpadas de até 200m. Na área do Segundo Planalto, mais propriamente dita, o relevo é fortemente dissecado, plano, porém cristas simétricas alinhadas – diques de diabásio – marcam a paisagem e diminuem a monotonia das formas.

Figura 1. Localização da área de Estudo.



Do ponto de vista climático, a região Norte Central Paranaense encontra-se em uma área de transição entre os climas Cfa e Cfb, conforme a classificação de Köppen; Geiger (1928). Segundo Sordi (2014), a precipitação média regional é de cerca 1.800mm anuais, a temperatura média anual é 18,6°C, as médias máximas estão acima dos 25°C e as mínimas abaixo dos 18°C.

### 3. Metodologia

A técnica de *Seppômen* constitui-se em uma técnica de reconstrução da paleopaisagem através do preenchimento da malha de relevo atual. A partir de uma malha quadrangular pré-definida – no caso do estudo nas escalas de 1 x 1km e 0,5 x 0,5 km – a técnica consiste em atribuir valores de relevo a cada célula da malha, com base em dados de campo ou de sensoriamento remoto. Este trabalho foi publicado na Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

0,5 km – são coletados os pontos mais altos. Posteriormente, apenas com os pontos de maiores elevações é gerado um novo mapa do modelado do relevo.

Os mapas de paleorelevo foram confeccionados a partir de dados de radar SRTM com resolução de 30m, do projeto TOPODATA (VALERIANO, 2005). A área escolhida para o estudo corresponde ao recorte da carta topográfica de Mauá-da-Serra (SF.22.-Y-D-IV-4). Os dados foram retrabalhados no Spring, onde também foram gerados os novos mapas interpolados.

#### 4. Resultados e Discussão

Os mapas de nivelamento de topos construídos (nas malhas de 1km<sup>2</sup> e 0,25 km<sup>2</sup>) revelam, para a região de Mauá-da-Serra, paleosuperfícies aplainadas e contínuas, em altitudes que decrescem de SW para NE. A feição mais proeminente é o alto topográfico Mauá da Serra (Figura 1 e 2). No modelado atual, a feição encontra-se profundamente desgastada e erodida, inclusive com uma densa rede de drenagem se desenvolvendo no interior do alto topográfico.

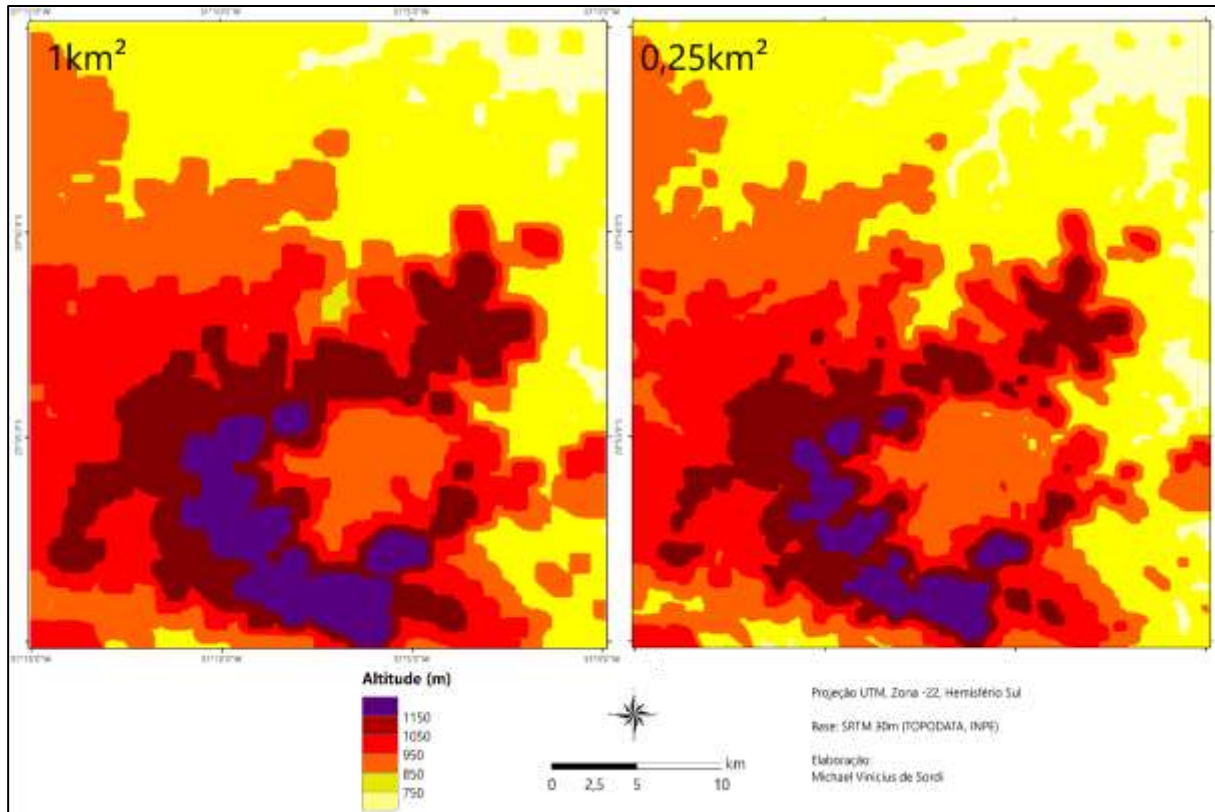
Na mapa da Fig. 2 (malha 1km<sup>2</sup>), que retrata a paleosuperfície mais antiga, pode se observar que as altitudes eram mais uniformes, ou seja, o aplainamento da superfície era maior. As altitudes se mantinham sempre acima dos 750m (Fig. 2). A área do alto topográfico era maior e altitude média também era mais elevada. A área formava uma depressão fechada, ou seja, na época retratada pelo mapa a erosão ainda não havia 'aberto' a feição, e não havia comunicação dessa área com a rede de drenagem superficial.

Na superfície da malha de 1 km<sup>2</sup> a drenagem, como um todo, não apresentava uma organização bem definida. Feições de vales fluviais são raras e mostram uma rede de drenagem pouco desenvolvida e de baixa densidade.

No mapa com malha de 0,25km<sup>2</sup>, que representa uma paleosuperfície mais recente, o processo de dissecação já está bem mais avançado. Pode-se verificar que os vales já possuem uma forma mais característica, e é possível afirmar que a rede de drenagem já possuía uma organização mais próxima a atual, principalmente no quadrante nordeste da área de estudo.



A área correspondente ao alto estrutural Mauá da Serra já apresenta maior desgaste, com perda na uniforme da distribuição das classes hipsométricas. Nota-se que a abertura da depressão formada nessa estrutura já está em processo bem avançado no período retratado pelo mapa da figura 2b.



**Figura 2** – Mapas das paleosuperfícies erosivas produzidas para a área de estudo.

Em estudo no Segundo Planalto Paranaense, Riffel *et al.*, 2015, utilizou de dados cronológicos (a partir de  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  AHe) e definiu idade de 24 Ma para o Segundo Planalto. Ainda para os autores a velocidade média de denudação ao longo dos últimos 15 Ma é de  $8,7 \text{ m} \cdot \text{Ma}^{-1}$ . Esse resultado permite fazer uma estimativa temporal com os mapas de *Seppômen*, o que nos leva a associar que as superfícies tem idades de 6,6 Ma anos (malha de  $1\text{km}^2$ ) e 3,7 Ma anos (malha de  $0,25 \text{ km}^2$ ).

## 5. Considerações finais

Apesar das limitações da técnica de *Seppômen*, principalmente aquelas que tangem os aspectos cronológicos, a crescente popularização dos estudos de taxas de erosão permite a compatibilização de dados e fidelidade dos resultados dos mapas de preenchimento de topos.

O desenvolvimento computacional permitiu desenvolver o método e diminuir os erros associados à imprecisão humana, além de agilizar o processo de construção dos mapas de paleosuperfícies. A utilização dessa técnica para identificação e reconstrução de paleosuperfícies estruturais é uma nova aplicação e precisa ser melhor desenvolvida e compreendida.

## 6. Referências

- COUTO, E. V. ; FORTES, E. ; SORDI, M. V. ; MARQUES, A. J. ; CAMOLEZI, B. A. . **Seppômen maps for geomorphic developments analysis: the case of Paraná plateau border, Faxinal, State of Paraná, Brazil.** *Acta Scientiarum. Technology (Online)*, v. 34, p. 71-78, 2012.
- FORTES, E.; SORDI, M. V. **Mapa de nivelamento de topos na análise da evolução geomorfológica da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, Estado do Paraná.** RA'E GA: o Espaço Geográfico em Análise, v. 31, p. 184-207, 2014
- MOTOKI, A.; PETRAKIS, G. H.; SICHEL, S.E.; CARDOSO, C. E.; MELO, R.C.; SOARES, R.; MOTOKI, K.F. 2008. **Origem dos Relevos do Maciço Sienítico do Mendanha, RJ, com base nas Análises Geomorfológicas e sua relação com a hipótese do Vulcão de Nova Iguaçu.** Geociências, UNESP, Rio Claro, SP, v.27 n.1, p.97-113.
- OLLIER, Clifford David. **Tectonics and landforms.** Geomorphology texts. London: Longman Inc., 1981. 322p.
- RIFFEL, S. B. ; VASCONCELOS, P. M. ; CARMO, I. O. ; FARLEY, K. A. **Combined  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  and (U-Th)/He geochronological constraints on long-term landscape evolution of the Second Paraná Plateau and its ruiniform surface features, Paraná, Brazil.** *Geomorphology (Amsterdam)*, v. 233, p. 52-63, 2014.
- SILVA, T. M. da. **Superfícies geomorfológicas do planalto sudeste Brasileiro: revisão teórico-conceitual.** Geo UERJ - Ano 11, v.3, n.20, Rio de Janeiro, 2º semestre de 2009. P.1-22.
- SMALL, R. J. **The study of planation surfaces.** In: The study of landforms – A textbook of Geomorphology. Cambridge: University Press, 1986. p. 248-72.
- VALERIANO, M. M. **Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA.** In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005, p. 3595-3602. CD-ROM, On-line. ISBN 85 -17-00018-8. Disponível em: <http://martemarte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/10.29.11.41/doc/3595.pdf> . Acesso em: 28/02/2015.

## CONTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS DE BAIXA INTENSIDADE NOS PROCESSOS EROSIVOS SUPERFICIAIS EM AMBIENTE DEGRADADO

LEONARDO DOS SANTOS PEREIRA<sup>1</sup>  
MARIA DO CARMO OLIVEIRA JORGE<sup>2</sup>  
ALINE MUNIZ RODRIGUES<sup>3</sup>  
ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA GUERRA<sup>4</sup>

1 Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/CCMN/IGEO/DGEO/PPGG  
leospgeo@gmail.com

2 Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/CCMN/IGEO/DGEO/PPGG

3 Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/CCMN/IGEO/DGEO/PPGG

4 Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/CCMN/IGEO/DGEO/PPGG

### Resumo

Chuvvas de alta intensidade têm grande potencial erosivo, o que pode culminar em perdas aceleradas de solo, além de causar prejuízos com inundações. Contudo, chuvas de baixa intensidade se caracterizam pela maior frequência no espaço, contribuindo com a erosão de solo. Nessa perspectiva, a fim de compreender a influência da intensidade pluviométrica nos processos de perda de solo e água em solos desnudos, a pesquisa se pautou na análise temporal dos totais mensais e anuais de chuva, bem como analisou a sua frequência e magnitude. Para relacionar sua intensidade com a erosão de solos degradados, foi monitorado o processo de escoamento superficial. A área de estudo se localiza na sub-bacia do rio Maranduba em Ubatuba/SP, uma das cidades mais chuvosas do país, sob domínio de mata Atlântica. A metodologia utilizada para a aquisição pluvial foi por meio de dois pluviômetros instalados no local: 1º aferido diariamente por seis anos e comparado com dados históricos de 30 anos (1961-1991) e o 2º sendo um aparelho digital que registra a quantidade de chuva a cada hora. Para a análise da erosão, foram confeccionadas três parcelas de erosão de 10 m<sup>2</sup> sem cobertura vegetal, a fim de se entender os totais de perda de solo e água. Portanto, foram analisados 67 dias de escoamento entre abril e outubro de 2014 e relacionados com a intensidade das precipitações. Foi constatado que 35 dias apresentaram 100% de chuvas de intensidade leve (Inferior a 2,5 mm/h), salientando a sua predominância no município, contribuindo com a erosão.

**Palavras-chave:** Escoamento superficial. Frequência de chuva. Magnitude pluvial.

### Abstract

High intensity rains have great erosive potential, which may result in accelerated soil loss and cause damage with flooding. However, low intensity rains are characterized by higher frequency in space, contributing to soil erosion. From this perspective, in order to understand the influence of rainfall intensity on soil and water loss processes in soil without vegetation, the research was based on temporal analysis of monthly and annual totals of rainfall and analyzed its frequency and magnitude. To relate the intensity with the erosion of degraded soils, runoff process was monitored. The study area is located in the sub-basin of the river Maranduba in Ubatuba Municipality, São Paulo State, one  
Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

of the rainiest cities in the country, under Atlantic Forest domain. The methodology used for the rain acquisition was through two rain gauges installed on site: 1<sup>st</sup> measured daily rainfall, for six years and compared to the historical data of 30 years (1961-1991) and the 2<sup>nd</sup> being a digital device that records the amount of rain every hour. For the analysis of erosion, three erosion plots of 10 m<sup>2</sup> without vegetation have been set up, in order to understand the total loss of soil and water. Therefore, we have analyzed 67 days of runoff, between April and October 2014 and related to rainfall intensity. It was noted that 35 days showed 100% light intensity of rainfall (less than 2.5 mm / h), emphasizing their predominance in the municipality, contributing to erosion.

**Key-words:** Runoff. Rainfall frequency. Rain magnitude.

## 1. Introdução

Segundo Coelho Netto (2009), a intensidade da chuva é o fator fundamental para se analisar os processos de erosão. A autora reforça que as chuvas não se distribuem de modo linear durante 24 horas, tendo momentos de maior e menor intensidade.

Países tropicais, que possuem índices pluviométricos elevados, por exemplo, são mais susceptíveis ao escoamento superficial (Guerra, 2005). Para Thomaz & Vestena (2012), entender o grau de erosividade da chuva, bem como a cobertura vegetal no qual o solo se encontra submetido, são um dos fatores fundamentais para se determinar as variações das taxas de perda de solo e água. Desse modo, chuvas com características mais intensas têm grande potencial erosivo e são responsáveis pelo maior fluxo de escoamento superficial, contudo, a sua frequência é menor quando comparadas com chuvas de baixas intensidades (Reichardt, 1987).

As chuvas leves tendem a infiltrar no solo, sendo estocadas em sua matriz, pois, geralmente, não ultrapassa o limiar da capacidade de absorção de água do solo. Contudo, cabe ressaltar que pela maior frequência dos índices pluviométricos de intensidades leves, a umidade antecedente se torna um outro fator em destaque na análise dos processos erosivos, pois está intimamente relacionado com a maior aceleração de saturação dos solos (Bertoni e Lombardi Neto, 2010).

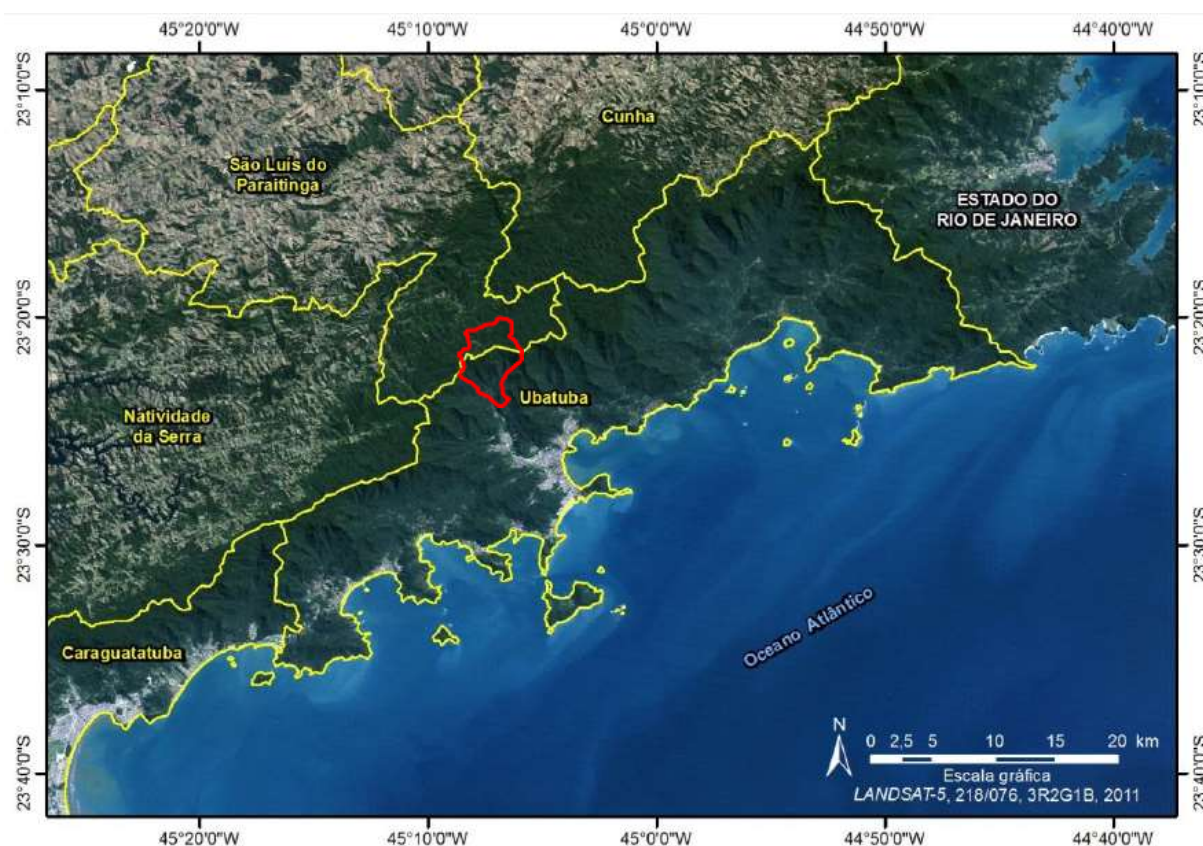
Nessa perspectiva, o presente trabalho visou salientar a contribuição das chuvas de baixa intensidade nos eventos de escoamento superficial, culminando na erosão laminar por meio da rápida saturação do solo, esta propiciada pela umidade antecedente.



## 1.1. Área de estudo

O presente estudo se desenvolveu em uma sub-bacia hidrográfica do rio Maranduba, no município de Ubatuba, litoral norte do estado de São Paulo (Figura 1). A área de estudo está inserida em bioma de Mata Atlântica e representa uma das cidades mais chuvosas do país, com grande volume pluvial mensal e anual.

**Figura 1- Localização do litoral norte de São Paulo, salientando o município de Ubatuba, os limites dos municípios e a bacia hidrográfica do rio Maranduba.**



Fonte: IBGE, malha digital municipal, 2010. Organização e modificado de Buzato, 2012.

O clima de Ubatuba é caracterizado como tropical litorâneo úmido ou tropical atlântico, com temperatura média anual de 21° C, a temperatura máxima chega a 27° C e a mínima, de 15° C (FERNANDES, 2009). O período de verão (dezembro a março) representa período da estação do ano onde ocorrem eventos pluviais extremos e, conseqüentemente, os maiores episódios de adversidades e desastres naturais (BRIGATTI & SANT'ANNA NETO, 2011). Segundo Guerra & Jorge (2009), Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>



essa região apresenta, maior frequência a ocorrência desses episódios devido ao inadequado uso e manejo da área por parte da população local, com construções irregulares (Guerra & Jorge, 2009; Jorge, 2014).

Nos solos da área da Serra do Mar têm predomínio os Cambissolos. Os Neossolos Litólicos têm predominância nas faixas das vertentes de alta declividade, bem como em topos de morros elevados. Os Argissolos são menos comuns na região, mas tem ocorrência predominantemente em morrotes convexos e nas baixas vertentes côncavas (TOMINAGA, 2007).

## 2. Materiais e Métodos

A fim de entender as variações da precipitação na área de estudo e associar com fluxos de escoamento e umidade antecedente do solo, foi instalado na estação experimental um pluviógrafo automático. O aparelho afere a cada 60 minutos o total de chuva, com mínimo de leitura de 0,33 mm. Também foi analisado um histórico de dados diários de chuva de seis anos (2009 até 2014) por meio de um pluviômetro de leitura diária. Estes dados foram relacionados a uma série histórica de 30 anos (1961-1991), segundo o banco de dados climáticos do Brasil (2015), para maior acurácia na interpretação dos mesmos.

Foi elaborado a classificação da intensidade das chuvas seguindo os parâmetros de Reichart (1987), onde índices pluviométricos inferiores a 2,5 mm/h são considerados de intensidades leve, superior a 2,5 mm/h e inferior a 7,5 mm/h é classificado como chuva moderada e superior a 7,5 mm/h são chuvas fortes. Para estes cálculos foi levado em consideração o acumulado de chuva (em mm) a cada 60 minutos, a fim de correlacionar com os processos de escoamento e umidade antecedente do solo.

Para a análise do escoamento superficial, foram instaladas três parcelas de erosão, das quais as calhas são do modelo Gerlach (GUERRA, 2005), em solo sem cobertura vegetal com declividade de 4°, delimitadas com placas galvanizadas. Estas possuem 10m<sup>2</sup>, estando conectadas a calhas que coletam os sedimentos e a caixas que armazenam o escoamento superficial com capacidade de 100 Litros. Ressalta-se que as parcelas estão instaladas em condições climáticas naturais e a

coleta de 1 litro de escoamento para análises de perda de solo e água é feita a cada 24 horas após os eventos de chuva.

### 3. Resultados e Discussão

Considerando os totais mensais de chuva, a partir da leitura diária do pluviômetro instalado há 6 anos, janeiro e dezembro apresentaram maiores amplitudes nas médias mensais de 2009 a 2014 (325,4 e 266,1 mm, respectivamente). Estes meses representam 28,6% do total de chuva anual, caracterizando períodos mais úmidos. Segundo Brigatti & Sant'anna Neto (2011), o verão (dezembro a março) representa período da estação do ano onde ocorrem eventos pluviais extremos e, conseqüentemente, os maiores episódios de adversidades e desastres naturais. Em contrapartida, os meses mais secos são junho e agosto (113,7 e 61,2 mm, respectivamente), que representam 8,5% do total mensal das chuvas anuais. Na média dos últimos 6 anos, foi registrado índice de chuva de 2.067,2 mm, abaixo da média de 30 anos (1961-1991), segundo o banco de dados climáticos do Brasil (2015), de 2.519 mm (Tabela 1).

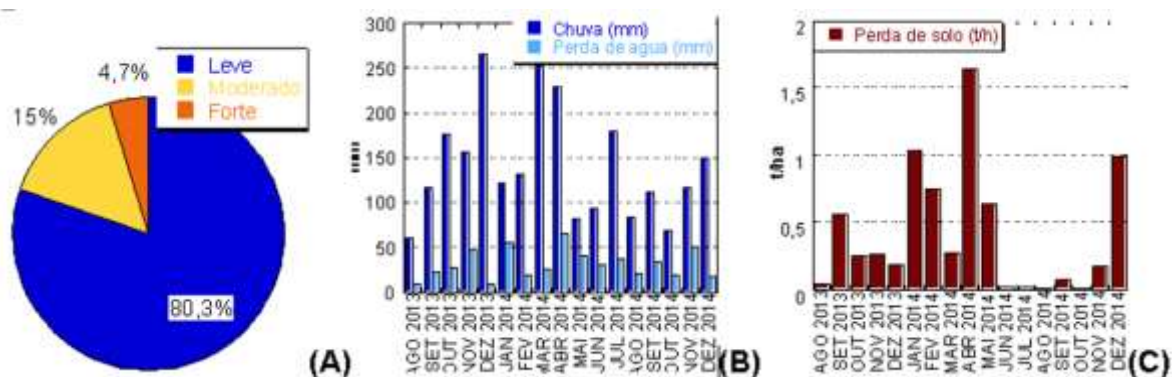
**Tabela 1. Valores da precipitação média (milímetros e percentual) para os meses de janeiro a dezembro entre 2009 e 2014 e médias mensais anuais de 6 anos comparados com a série histórica de 30 anos do município de Ubatuba do banco de dados climáticos do Brasil (2015).**

Meses	2009		2010		2011		2012		2013		2014		Média de 6 anos		Média de 30 anos (1961-1991)	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
janeiro*	223,1	9,5	456,9	18,9	231,6	10,0	220,2	12,8	495,1	24,9	122,5	7,6	325,4	15,7	376,0	14,9
fevereiro	191,0	8,2	198,3	8,2	149,9	6,5	228,3	13,2	92,1	4,6	132,0	8,2	171,9	8,3	302,0	12,0
março	91,6	3,9	227,2	9,4	604,9	26,2	112,4	6,5	267,6	13,4	252,8	15,6	260,0	12,6	300,0	11,9
abril	276,7	11,8	206,0	8,5	394,0	17,0	79,2	4,6	46,7	2,3	226,0	14,0	201,0	9,7	241,0	9,6
maio	166,5	7,1	107,0	4,4	11,0	0,5	193,0	11,2	169,3	8,5	82,0	5,1	149,0	7,2	124,0	4,9
junho*	99,7	4,3	171,5	7,1	56,9	2,5	151,1	8,8	89,3	4,5	94,1	5,8	113,7	5,5	87,0	3,5
julho*	209,7	9,0	219,0	9,0	45,5	2,0	179,7	10,4	135,7	6,8	179,8	11,1	157,9	7,6	11,0	0,4
agosto	82,0	3,5	64,6	2,7	116,5	5,0	15,5	0,9	27,5	1,4	83,9	5,2	61,2	3,0	93,0	3,7
setembro	162,3	6,9	166,5	6,9	121,4	5,2	41,7	2,4	93,5	4,7	111,5	6,9	117,1	5,7	166,0	6,6
outubro	287,7	12,3	95,7	4,0	160,0	6,9	138,3	8,0	199,0	10,0	68,2	4,2	176,0	8,5	215,0	8,5
novembro	130,0	5,6	175,5	7,2	90,9	3,9	204,0	11,8	183,5	9,2	116,7	7,2	156,8	7,6	256,0	10,2
dezembro*	416,2	17,8	332,1	13,7	230,4	10,0	160,0	9,3	191,7	9,6	149,3	9,2	266,1	12,9	348,0	13,8
<b>Total</b>	<b>2336,5</b>	<b>100,0</b>	<b>2420,8</b>	<b>100,0</b>	<b>2312,6</b>	<b>100,0</b>	<b>1723,4</b>	<b>100,0</b>	<b>1991,0</b>	<b>100,0</b>	<b>1618,8</b>	<b>100,0</b>	<b>2067,2</b>	<b>100,0</b>	<b>2.519</b>	<b>100,0</b>

Foi analisado entre abril e outubro de 2014 468 eventos chuvosos, sendo que 80,3% destas se classificam como sendo de intensidades leve (376 eventos de chuva no total), seguido de 15% de chuvas moderada (70 eventos) e 4,7% sendo classificadas como forte (22 no total) (Figura 2 A). Estes dados ressaltam a Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

contribuição de índices pluviométricos de baixa intensidade (inferior a 2,5 mm/h) na umidade antecedente do solo, onde os solos, segundo Pereira et. al. (2014), apresentam rápida saturação, culminando na erosão laminar. O grande volume de escoamento é outro agravante propiciado pela umidade antecedente, uma vez que o total de escoamento superficial chega próximo a 50% do que choveu, como maio de 2014 (48,8% de água escoada, o que equivale a 40 mm do total de 82 mm de chuva) (Figura 2 B). Ao associar a grande frequência de chuvas leves e o processo de umidade antecedente do solo com ambiente degradado, observam-se elevadas perdas de solo, mesmo em baixa declividade (4°), com mais de 1,64 t/ha no mês de abril de 2014 (Figura 2 C), por exemplo. Mês este que apresentou 88,9% de chuvas leve (64 no total), seguido de 6,9% moderada (5 no total) e 4,2% forte (3 no total).

**Figura 2- Porcentagem de 468 intensidades de chuva analisadas (A); Relação chuva e escoamento em milímetro (B); Total de perda de solo mensal (C).**



O período de 15/04/2014 às 11:00 até 16/04/2014 às 08:00 exemplifica a maior frequência de chuvas de intensidades leves, quando os 19 eventos de precipitação ficaram abaixo de 2,5 mm/h. Dessa forma, essas chuvas ganham relevância para se entender o processo de escoamento superficial, pois a maior frequência de chuvas leves culminou, nesse período, no total de escoamento de 100.000 L/ha, com ocorrência de perda de solo de 0,141 t/ha (Tabela 2). Considerando que o mês de abril de 2014 obteve um acumulado de perda de solo de 1,64 t/ha, somente os dois eventos de chuva de intensidades leves entre os dias 25 e 26/04 foram responsáveis pela perda de 13,9% do total mensal desse mês.

Tabela 2. Relação da intensidade da chuva com perda de solo e água em abril de 2014

Período de ocorrência do escoamento		Classificação de intensidade da chuva segundo parâmetros de Reichart (1987)				Escoamento (L/ha)	Perda de solo (t/ha)
Início	Final	Nº de chuvas	Leve (%) < 2,5 mm/h	Moderado (%) > 2,5 e < 7,5 mm/h	Forte (%) > 7,5 mm/h		
02/04/2014 20:00	03/04/2014 01:00	4	50,0	25,0	25,0	44333	0,056
03/04/2014 20:00	04/04/2014 10:00	11	54,5	27,3	18,2	100000	0,169
13/04/2014 02:00	14/04/2014 09:00	16	37,5	37,5	25,0	100000	0,131
14/04/2014 10:00	15/04/2014 00:00	12	100,0	0,0	0,0	-	-
15/04/2014 11:00	16/04/2014 08:00	19	100,0	0,0	0,0	100000	0,141
16/04/2014 23:00	17/04/2014 03:00	4	100,0	0,0	0,0	-	-
21/04/2014 05:00	21/04/2014 06:00	2	100,0	0,0	0,0	-	-
23/04/2014 00:00	24/04/2014 09:00	4	75,0	25,0	0,0	-	-
24/04/2014 10:00	25/04/2014 03:00	12	66,7	0,0	33,3	-	-
25/04/2014 22:00	26/04/2014 01:00	2	100,0	0,0	0,0	100000	0,228
27/04/2014 16:00	27/04/2014 17:00	1	0,0	0,0	100,0	100000	0,692
28/04/2014 00:00	28/04/2014 09:00	6	50,0	0,0	50,0	100000	0,223

#### 4. Conclusões

Ao associar a maior frequência de precipitações de intensidades leves com a umidade antecedente do solo, observa-se a saturação rápida do solo, culminando na detonação de distintos processos erosivos e propiciando a ocorrência do escoamento superficial. Apesar da análise da série histórica indicar os meses de janeiro e dezembro como mais chuvosos, foram os meses com previsão de menor acúmulo de chuva que obtiveram maior perda de solo e água. Portanto, Ubatuba representa um território com grandes potencialidades a eventos pluviais extremos, que aceleram e facilitam a detonação de diversos tipos de processos erosivos.

Esse trabalho aponta para a necessidade do uso de pluviógrafos, com registros a cada hora, para a compreensão, com acurácia, dos processos erosivos. Além do que, através dos resultados aqui apresentados, é importante ressaltar que apesar de se dar uma importância acentuada a situações extremas, os eventos chuvosos de intensidade leve também possuem um papel significativo na perda de solo e água nas encostas e devem ser levados em consideração em projetos de pesquisa e pelos órgãos incumbidos de estudar e proteger o meio ambiente.

#### Referências

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Rio de Janeiro: Ed. Ícone, 7º ed. 2010.  
BRIGATTI, N & SANT'ANNA NETO, J. L. Dinâmica climática e variações do nível do mar na geração de enchentes, inundações e ressacas no litoral norte paulista. **Revista Formação**, n.15, volume 2 – p. 25-36. 2011.

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

- BUZATO, E. Avaliação de impactos ambientais no município de Ubatuba: uma proposta a partir dos geindicadores. **Tese (doutorado)** – Universidade de São Paulo, 2012.
- COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encostas na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. da. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil. 7<sup>o</sup> edição, 2009.
- FERNANDES, J. Percepção ambiental: as transformações no cotidiano de caiçaras de Ubatuba – SP na década de 1960 e na primeira década do século XXI. **Dissertação (mestrado)** - Universidade de Taubaté, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, 2009.
- GUERRA, A. J. T. Experimentos e Monitoramentos em Erosão dos Solos. **Revista do Departamento de Geografia**, 16, 32-37. Rio de Janeiro/ RJ, 2005.
- GUERRA, A.J.T.; JORGE, M. Mapping hazard risk. **Geography Review**, v.22, n.3, p.11-13. 2009.
- JORGE, M. C. O. Degradação dos solos no litoral norte paulista. In: Guerra, A. J. T. & Jorge, M. C. O (Orgs.). **Degradação dos solos no Brasil**. Ed. Bertrand Brasil. 1<sup>o</sup> edição, 2014.
- PEREIRA, L. S.; JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T.; LAGO, T. Diagnóstico de processo hidroerosivo em área degradada por meio de monitoramento de estação experimental em Ubatuba/SP. **Revista GEONORTE**, Ed. Especial 4, V. 10, N 10, p. 228-234. 2014.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole. 1987.
- THOMAZ, E. L. & VESTENA, L.R. Measurement of runoff and soil loss from two differently sized plots in a subtropical environment (Brazil). **Earth Surf. Process. Landforms**, Vol. 37, 363-373. 2012.
- TOMINAGA, L. K. Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP. **Tese (doutorado)** – Universidade de São Paulo. 2007.

## **Agradecimentos**

Agradecimento à Capes e ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado e doutorado no programa de pós-graduação em geografia da UFRJ.



## TÉCNICAS PEDOMÉTRICAS PARA O MAPEAMENTO DIGITAL PRELIMINAR DE SOLOS DA RESERVA NATURAL SERRA DO ITAQUI, GUARAQUEÇABA, PARANÁ

MAURIELLE FELIX DA SILVA<sup>1</sup>  
RICARDO MICHAEL PINHEIRO SILVEIRA<sup>2</sup>  
CLAUDINEI TABORDA DA SILVEIRA<sup>3</sup>  
EDUARDO VEDOR DE PAULA<sup>4</sup>

1 Universidade Federal do Paraná – UFPR/PPGGEO  
maufelix@gmail.com

2 Universidade Federal do Paraná – UFPR/PPGGEO  
ricardomichae@ufpr.br

3 Universidade Federal do Paraná – UFPR/PPGGEO  
claudineits@ufpr.br

4 Universidade Federal do Paraná – UFPR/PPGGEO  
eduardovedordepaula@yahoo.com.br

### Resumo

A disponibilidade crescente de Modelos Digitais do Terreno (MDTs) e subprodutos derivados configura um cenário favorável para estudos voltados à modelagem digital aplicada ao mapeamento paramétrico de unidades de solo, área conhecida como Pedometria. Nessa perspectiva, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de emprego de atributos topográficos derivados de um MDT *Topogrid* para a confecção de mapeamentos preliminares de solo, tendo como referência um mapeamento na escala 1:35.000, na área de estudo que compreende a Reserva Natural Serra do Itaqui, no município de Guaraqueçaba, Paraná. Os procedimentos adotados seguem três etapas principais: a) obtenção do Modelo Digital do Terreno e cálculo dos atributos topográficos (declividade, índice de posição topográfica e índice topográfico de umidade); b) análise morfométrica das classes de solo dos mapeamentos na escala 1:35.000 utilizado como referência em relação aos atributos topográficos; c) definição das regras de classificação para o mapa preliminar de solos na escala 1:25.000. O mapa final obteve 10 classes, destacando não somente as classes de solos e associações, bem como evidenciam as áreas denudacionais e deposicionais na paisagem. Os resultados denotaram a potencialidade de aplicação dos MDTs, amparados por técnicas pedométricas, como subsídio para o mapeamento de unidades de solo.

**Palavras-chave:** Pedometria. Modelo Digital do Terreno. Mapeamento de solos.

### Abstract

The growing availability of Digital Terrain Models (DTMs) and derived by-products sets a favorable scenario for studies focused on digital modeling applied to the parametric mapping of soil units, the area known as Pedometry. From this perspective, this study aims to evaluate the potential use of derivatives topographic attributes of a DTM *Topogrid* for making preliminary soil maps, with reference to a mapping in scale 1:35.000, in the study area comprising the Serra do Itaqui Nature Reserve, in Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). **Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.** Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

the municipality of Guaraqueçaba, state of Paraná. The procedure follow three main steps: a) obtaining the Digital Terrain Model and calculation of topographic attributes (slope, topographic position index and topographic wetness index); b) morphometric analysis of soil classes of mapping at scale 1:35,000 used as a reference in relation to topographic attributes; c) definition of the classification rules for preliminary soil map scale 1:25,000. The final map obtained 10 classes, which not only illustrate the soil classes and associations, as well as highlight the denudational and depositional areas in the landscape. Results reflect the potential application of the DTMs, supported by pedometrics techniques, as support for mapping soil units.

**Key-words:** Pedometry. Digital Terrain Model. Soil mapping.

## 1. Introdução

Os mapeamentos pedológicos tradicionais, devido à sua complexidade, são onerosos e requerem muito tempo para serem executados. Nesse contexto, a Pedometria (Hengl, 2003) surge como ferramenta auxiliar para o mapeamento preliminar de solos de modo automatizado, sendo uma alternativa para os levantamentos tradicionais (Vidal-Torrado *et al.*, 2005;). O presente trabalho considera que os processos pedogenéticos são influenciados pela posição que o solo ocupa nas vertentes (Silveira *et al.*, 2012), tendo o relevo como fator condicionante dos solos na paisagem.

De acordo com Campos (2006), o uso dos Modelos Digitais do Terreno (MDT) e das técnicas geoestatísticas permite a compreensão do comportamento dos atributos do solo, de forma a favorecer os levantamentos pedológicos. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de emprego de atributos topográficos derivados de MDTs para a confecção de mapeamentos preliminares de solo, tendo como referência um mapeamento já realizado na escala 1:35.000 (SPVS, 2002).

A área de estudo corresponde a Reserva Natural Serra do Itaqui, pertence a Sociedade de Proteção a Vida Selvagem (SPVS) e está localizada no município de Guaraqueçaba, estado do Paraná (figura 1). Possui área de 69,89 Km<sup>2</sup> e conforme descrito em SPVS (2002), corresponde a uma planície de inundação formada por sedimentos aluviais e extensas áreas de mangues na orla das enseadas do Benito e Itaqui, nesta porção se observa a ocorrência de Neossolo Flúvico e Gleissolo

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

Melânico. Dentro da planície de inundação ocorrem morros de baixa altitude formados de remanescentes de antigas superfícies de erosão, sendo possível observar a ocorrência dos Cambissolos Háplicos nas bordas e sopés dos morros e Gleissolo Háplico. Nas porções mais altas destes morros se verifica a ocorrência de Argissolo Amarelo e Argissolo Vermelho-Amarelo. Nas porções mais altas das demais vertentes se observa a ocorrência de Cambissolo Húmico, Cambissolo Hístico e Neossolo Litólico.

## 2. Pressupostos teóricos

Na perspectiva da Pedometria relacionada à análise digital do relevo, o presente trabalho se apoia, sobretudo, em contribuições abrangentes de Wilson e Gallant (2000), McBratney *et al.* (2003), El-Sheimy *et al.* (2005), Zhou *et al.* (2008), e Hengl e Reuter (2009), que embasam a discussão da modelagem desde as etapas de aquisição e processamento dos dados até classificações realizadas.

## 3. Metodologia de Trabalho

O Modelo Digital do Terreno foi gerado a partir de dados planialtimétricos vetoriais (curvas de nível, pontos cotados e hidrografia) extraídos das cartas topográficas 2843-2 SE, 2843-4 NE, 2844-3 NO e 2844-1 SO, na escala 1:25.000, elaboradas pela Diretoria de Serviço Geográfico (DSG, 2002), com base no método de interpolação denominado *Topogrid*, fundamentada na proposta de Hutchinson (1988). As etapas operacionais foram realizadas no *software* ArcGIS 10.1.

A etapa de definição da resolução horizontal (*pixel*) do MDT foi pautada em contribuições de Hengl (2006), considerando as características morfométricas locais e complexidade do terreno. Nessa proposta, a resolução horizontal do MDT pode ser estimada numa relação entre as curvas de nível e área, sendo  $p = A / 2 \cdot \sum l$ , onde  $p$  é o tamanho do pixel,  $A$  é a área total e  $\sum l$  é o somatório do comprimento de todas as curvas de nível do recorte avaliado. Os resultados indicaram o valor 12,2, por esse motivo a resolução do MDT foi definida em 10 metros.

Quanto aos atributos topográficos, a declividade foi calculada a partir de variáveis direcionais de Horn (1981), em graus, e o índice topográfico de umidade (ITU) computado com base na acumulação de fluxo pelo método denominado D-infinito, algoritmo proposto por Tarboton (1997). O ITU é composto pela acumulação de fluxo dividido pela tangente da declividade.

Já o Índice de Posição Topográfica (IPT), proposto por Weiss (2001), é derivado de um algoritmo que mensura a diferença entre a elevação de um ponto central ( $Z_{pc}$ ) e a média da elevação ( $Z_m$ ) ao seu redor com um raio predeterminado, conforme equação:  $IPT = Z_{pc} - Z_m$ .

Os valores positivos obtidos pelo IPT representam locais que são mais elevados que a média do seu entorno, caracterizando, por exemplo, as cristas. Os valores negativos representam os locais mais rebaixados em relação à sua vizinhança, caracterizando vales ou depressões. Já os valores próximos a zero, obtidos pelo IPT, representam as superfícies de declive constante, destacando-se as áreas planas. A análise de vizinhança foi feita por uma janela circular, cujo raio foi determinado em 7 *pixels* (70 metros), conforme detalhamento pretendido para o produto final, para o cálculo do IPT.

Seguidamente as classes de solo do mapeamento em escala 1:35.000, realizado pela SPVS (2002), foram quantificadas em função das quatro variáveis morfométricas calculadas. Para cada uma foram computados os valores mínimos, máximos e médios, cujos resultados auxiliaram na definição das regras de classificação para o mapa preliminar de unidades de solo elaborado de modo paramétrico, contemplando os resultados mais representativos em relação ao mapa de referência. O mapa final resultante da modelagem, por sua vez, é adequado à escala 1:25.000, conforme escala da base de dados utilizada.

#### 4. Resultados e Discussão

Os resultados da análise morfométrica (tabela 1) evidenciaram que para esta escala específica de mapeamento os atributos hipsometria e declividade apresentaram padrões predominantes para cada classe de solo, sendo possível identificar respostas pedométricas características. Já o IPT e o ITU não obtiveram relação direta com as classes de solo em aspectos quantitativos, entretanto o IPT foi



utilizado para a elaboração do mapa digital preliminar pela identificação de segmentos com predominância de áreas de denudação e deposição.

Tabela 1: Resultados da análise morfométrica.

Mapeamento 1:35.000 Classe de Solo	Hipsometria			Declividade			IPT			ITU		
	Min.	Máx.	Média	Min.	Máx.	Média	Min.	Máx.	Média	Min.	Máx.	Média
ARGISSOLO AMARELO (PA)	4,07	49,15	16,48	0,02	25,39	7,48	-5,02	5,95	-0,09	6,43	15,93	9,01
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (PVA)	0,00	143,38	37,60	0,00	34,22	11,81	-9,92	11,60	0,25	5,42	20,52	8,4
CAMBISSOLO HÁPLICO (CX)	-5,68	194,52	27,97	0,00	42,95	8,94	-15,40	15,50	0,08	5,43	23,33	9,25
CAMBISSOLO HÍSTICO (CI)	33,98	513,60	233,57	0,08	48,15	22,95	-9,99	17,25	2,21	5,56	16,84	7,22
CAMBISSOLO HÚMICO (CH)	8,66	416,64	100,71	0,03	47,30	17,43	-15,83	16,97	-0,27	5,39	18,86	8,12
GLEISSOLO HÁPLICO (GX)	-1,03	40,05	10,05	0,00	25,57	2,31	-6,85	6,44	-0,14	6,27	22,86	10,75
GLEISSOLO MELÂNICO (GM)	-4,62	72,61	9,14	0,00	33,12	2,70	-7,80	13,38	-0,15	5,59	22,08	10,61
NEOSSOLO FLÚVICO (RY)	-6,72	40,28	2,74	0,00	27,49	1,42	-6,80	11,70	-0,04	5,79	27,84	11,14
NEOSSOLO LITÓLICO (RL)	48,11	485,14	216,02	0,43	47,94	23,84	-13,36	14,39	0,00	5,53	17,06	7,73

A partir destes resultados, o mapa preliminar de solos elaborado apresentou dez classes, cujos parâmetros encontram-se dispostos na legenda da figura 1. Além das classes de solo, o mapa pedométrico evidenciou as áreas de denudação (Den.) e deposição (Dep.) obtidas por meio do IPT (Figura 1).

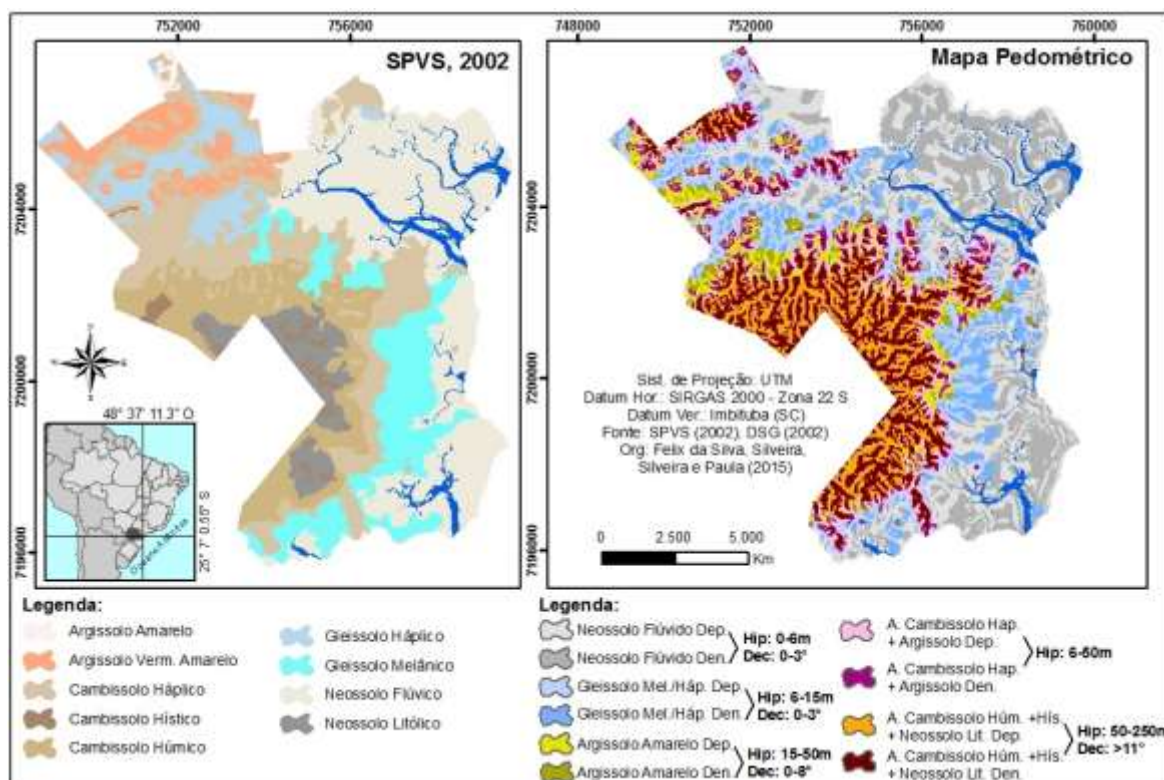


Figura 1: Mapeamento Pedológico Serra Natural do Itaqui – Guaraqueçaba (PR).  
Fonte: SPVS (2002) e os autores (2015).



Os solos identificados no mapeamento de referência como Gleissolo Melânico e Gleissolo Háptico foram agrupados, pois apresentaram resposta pedométrica semelhante nos atributos topográficos como hipsometria e declividade. Além disso, a diferenciação destas classes no segundo nível categórico é realizada pelo horizonte diagnóstico superficial e, para tanto, são necessárias informações adicionais às obtidas por pedometria, como de espessura do horizonte, conteúdo de carbono orgânico e cálculo de saturação por bases.

O principal atributo topográfico utilizado na separação dos Gleissolos Melânico/Háptico e do Neossolo Flúvico foi a hipsometria, pois esta última classe de solos é caracterizada pela formação de sedimentos de origem aluvionar, situada na planície de inundação, sendo portanto um ambiente predominantemente deposicional.

As classes de Cambissolo Háptico e Argissolo Vermelho-Amarelo foram agrupadas, pois se encontram associadas na paisagem, sendo que o primeiro ocupa predominantemente as bordas e sopés das vertentes e o segundo ocorre nas porções intermediárias até as mais altas das vertentes.

O agrupamento de Cambissolo Húmico, Cambissolo Hístico e Neossolo Litólico obteve resposta pedométrica de elevada hipsometria e declividade, resultando na Associação entre Cambissolo Hístico/Húmico e Neossolo Litólico, uma vez que estes solos localizam-se nas porções mais altas e declivosas da paisagem. Devido à combinação destes atributos, elevada hipsometria e declividade, uma porção correspondente ao Argissolo Vermelho-Amarelo também foi compreendida nesta classe, pois apresenta a mesma resposta pedométrica.

Ademais, a classificação da ordem dos Cambissolos supramencionados no segundo nível categórico, assim como para a ordem dos Gleissolos presentes nesse mapeamento, é realizada não só por informações obtidas por técnicas pedométricas, como também pela caracterização do horizonte diagnóstico superficial com informações de espessura, conteúdo de carbono orgânico em relação ao teor de argila no horizonte superficial, cálculo de saturação por bases, valor, croma e espessura do horizonte diagnóstico subsuperficial.

## 5. Considerações finais

Os testes de aplicação de técnicas pedométricas para levantamento preliminar de solos no recorte amostral denotaram a potencialidade do emprego dos MDTs e atributos topográficos na caracterização e mapeamento de unidades homogêneas em escalas específicas. A hipsometria e a declividade apresentaram relação direta com as unidades previamente mapeadas, o que possibilita a elaboração de critérios paramétricos para classificação. O IPT se mostrou adequado para o entendimento da influência do relevo no caráter denudacional / residual ou deposicional / coluvionar da distribuição dos solos. Já o ITU não obteve representatividade para esta escala, uma vez que os resultados evidenciem características pedométricas de mais detalhe.

Reforça-se a necessidade do rigor metodológico em todas as etapas da modelagem e também da disponibilidade mapeamentos prévios e/ou trabalhos que de campo que permitam a conferência *in loco* dos produtos cartográficos obtidos. Além disso, a inclusão de outras variáveis para o refinamento da modelagem emerge como desafio para trabalhos futuros.

## Referências

- CAMPOS, M. C. C.; CARDOZO, N. P.; MARQUES JÚNIOR, J. Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos de pedológicos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, 2006.
- EL-SHEIMY, N.; VALEO, C.; HABIB, A. **Digital Terrain Modelling: Acquisition, Manipulation and Applications**. Artech House, Inc., Norwood-Massachusetts. 2005.
- McBRATNEY, A. B.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v. 117, p. 3-52, 2003.
- HENGL, T. **Pedometric mapping: bridging the gaps between conventional and pedometric approaches**. Wageningen University, Enschede, 2003. 233p. PhD thesis - Wageningen University. Disponível em: [http://spatialanalyst.net/wiki/index.php?title=Pedometric\\_mapping:\\_PhD\\_thesis](http://spatialanalyst.net/wiki/index.php?title=Pedometric_mapping:_PhD_thesis).
- HENGL, T. Finding the right pixel size. **Computers & Geosciences** 32, 1283–1298, 2006.
- KÄMPF, N.; CURI, N. **Formação e evolução do solo (pedogênese)**. In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P. (Eds.). *Pedologia: fundamentos*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 207-302.
- HORN, B. K. P. Hill shading and the reflectance map. **Proceedings of the IEEE**, n. 69, v.01, p. 14-47, 1981.
- HUTCHINSON, M. F. Calculation of hydrologically sound digital elevation models. **Paper presented at Third International Symposium on Spatial Data Handling at Sydney**, Australia, 1988.
- VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. **Conceitos e aplicações das relações pedologia- geomorfologia em regiões tropicais úmidas**. In: Soc. Brasileira de Ciência do Solo, *Tópicos em Ciência do Solo*, 4: 2005. 145-192 p.
- Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). **Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

SILVEIRA, C.T.; OKA-FIORI, C.; SANTOS, L.J.C.; SIRTOLI, A.V.; SILVA, C.R. Pedometria apoiada em atributos topográficos com operações de tabulação cruzada por álgebra de mapas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. Vol. 13, nº 2. 2012.

SPVS. **Relatório Técnico – Levantamento de Solos Reserva Natural Serra do Itaqui**. Escala 1:35.000. Sociedade de Proteção a Vida Selvagem, 2002.

TARBOTON, D. G. A New Method for the Determination of Flow Directions and Contributing Areas in Grid Digital Elevation Models. **Water Resources Research**, **33(2)**: 309-319, 1997.

WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (eds.). **Terrain analysis: principles and applications**. New York: John Wiley & Sons, p.1-27, 2000.

WEISS, A. **Topographic Position and Landforms Analysis**. Poster presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA, 2001.

ZHOU, Q.; LEES, B.; TANG, G. (eds.). **Advances in Digital Terrain Analysis**. Series: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Berlin: Springer-Verlag, 2008.

## ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE SOLO DE TALUDES DEGRADADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARANDUBA, UBATUBA/SP

ALINE MUNIZ RODRIGUES<sup>1</sup>  
LEONARDO DOS SANTOS PEREIRA<sup>2</sup>  
MARIA DO CARMO OLIVEIRA JORGE<sup>3</sup>  
ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA GUERRA<sup>4</sup>

1 Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/CCMN/IGEO/DGEO/PPGG  
alinemrodrigues@live.com

2 Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/CCMN/IGEO/DGEO/PPGG

3 Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/CCMN/IGEO/DGEO/PPGG

4 Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/CCMN/IGEO/DGEO/PPGG

### Resumo

O crescimento urbano desordenado tem provocado grandes transformações nas paisagens do município de Ubatuba/SP, com ênfase na intensificação dos problemas relacionados à erosão, forma de degradação dos solos comumente encontrada, sobretudo, nas encostas íngremes antropicamente modificadas. A área de estudo está localizada na bacia do rio Maranduba, em Ubatuba/SP, região que experimenta um intenso processo de degradação ambiental, apesar de mais de 80% de seu território está situado em Unidades de Conservação, como o Parque Estadual da Serra do Mar. Foram coletadas amostras volumétricas de solo através da utilização de anéis de Kopeck de 100 cm<sup>3</sup>, em dois taludes degradados (P1 e P2) e, posteriormente, realizadas análises físico-químicas de densidade aparente, porosidade total e pH. As amostras foram coletadas em triplicata nas profundidades de 0-5 cm e 10-20 cm e demonstraram que a média da porosidade em 0-5 e 10-20 cm em P1 foi de 48,2% e 38,8% respectivamente, e de 0-5 e 10-20 cm em P2 foi de 61,4% e 47,4% respectivamente. Em relação à densidade aparente, P1 apresentou média em 0-5 cm e 10-20 cm de 1,3 e 1,6 g/cm<sup>3</sup> respectivamente e P2 apresentou média em 0-5 cm e 10-20 cm de 0,9 e 1,3 g/cm<sup>3</sup> respectivamente. Conclui-se, portanto, que a camada mais subsuperficial do solo, tanto em P1 quanto em P2, apresentou densidade aparente mais elevada e menor porosidade em comparação à camada de 0-5 cm, elevando a resistência mecânica do solo à penetração de raízes e à infiltração de água subsuperficialmente, facilitando a ocorrência da erosão.

**Palavras-chave:** Erosão. Degradação Ambiental. Conservação dos Solos.

### Abstract

The urban sprawl has led to major changes in the landscape of Ubatuba Municipality, Sao Paulo State, with emphasis on the intensification of erosion, soil degradation so commonly found mostly on steep slopes modified by man. The study area is located in the basin of river Maranduba in Ubatuba, region experiencing an intense process of environmental degradation, although more than 80% of its territory is located in protected areas such as the Serra do Mar State Park. Volumetric samples were collected by using Kopeck rings of 100 cm<sup>3</sup>, in two degraded slopes (P1 and P2) and then performed physical and chemical analyzes of bulk density, porosity and pH. The samples were collected in Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). **Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada.** Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

triplicate at 0-5 cm and 10-20 cm and showed that the average porosity, 0-5 and 10-20 cm in P1 was 48.2% and 38.8% respectively, and 0-5 and 10-20 cm in P2 was 61.4% and 47.4% respectively. Regarding bulk density, P1 had an average 0-5 cm and 10-20 cm of 1.3 and 1.6 g / cm<sup>3</sup> respectively and P2 showed an average 0-5 cm and 10-20 cm of 0.9 and 1.3 g / cm<sup>3</sup> respectively. It follows, therefore, that the most subsurface layer of soil, as both P1 in P2, showed a higher bulk density and lower porosity as compared to the 0-5 cm layer, increasing the mechanical resistance to roots penetration and the infiltration of subsurface water, facilitating the occurrence of erosion.

**Keywords:** Erosion. Environmental Degradation. Soil Conservation.

## 1. Introdução

A influência antrópica sobre o meio ambiente aumentou consideravelmente nos últimos tempos em sua velocidade, intensidade e escala, colocando em risco a capacidade de resiliência dos recursos naturais, em especial, os solos. As estimativas quanto aos problemas relacionados à erosão dos solos são alarmantes, cerca de 80% dos solos agrícolas do mundo estão sujeitos à erosão (ASHMAN e PURI, 2002), resultando em uma série de prejuízos tanto ambientais quanto econômicos, os quais ficam mais evidentes em países considerados em desenvolvimento e que apresentam um regime de chuvas tropicais, acelerando e intensificando o processo erosivo (GUERRA, 2010), como acontece com Ubatuba, uma vez que este município está entre os 10 mais chuvosos do Brasil (NUNES, 2010).

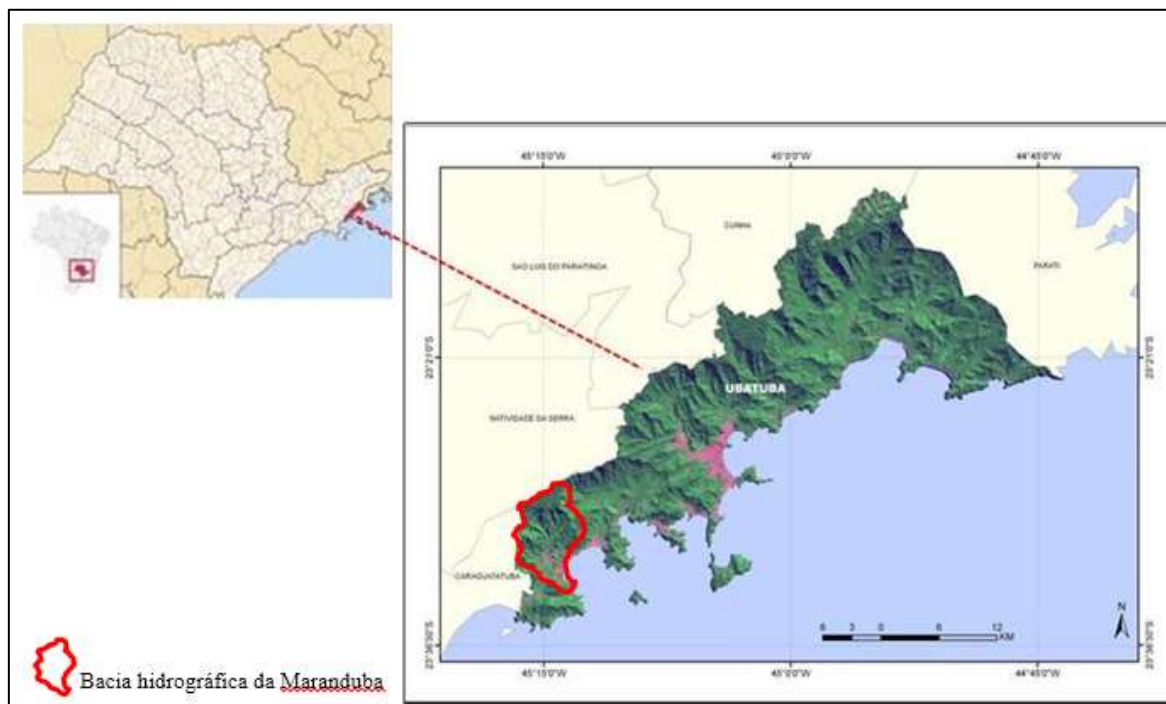
O município de Ubatuba é um exemplo deste fato, localizado no Litoral Norte de São Paulo, apesar da presença de unidades de conservação, como o Parque Estadual da Serra do Mar, apresenta uma série de mudanças em sua estrutura socioeconômica e ambiental, com crescimento populacional mesmo em áreas de preservação ambiental. Tal fato vem provocando graves impactos ambientais, como o assoreamento de rios, diminuindo a quantidade e a qualidade da água, desmatamento, movimentos de massa e erosão dos solos, como ressaltando nos trabalhos de Tominaga (2007), Buzato (2012), Jorge e Guerra (2013) e Jorge (2014) colocando em risco o equilíbrio ambiental.

Nesta perspectiva, o presente trabalho possui como área de estudo a bacia do Rio Maranduba – Ubatuba/SP, situada em bioma de Mata Atlântica, e pretende



demonstrar, através de análises das propriedades físicas e químicas do solo conjugado com dados pluviométricos, que a paisagem de Ubatuba está em intenso processo de degradação, decorrente, sobretudo, da ocupação e do uso inadequados dos solos do município (Figura 1).

**Figura 1 – Localização da área de estudo.**



Fonte: Jorge, 2014

## 2. Metodologia

Visando entender os processos de degradação que os solos de Ubatuba vêm sofrendo, foram coletadas amostras volumétricas de solo através da utilização de anéis de Kopeck de 100 cm<sup>3</sup> em diferentes taludes degradados (Figura 2 A e B), nas profundidades de 0-5 cm e 10-20 cm, em triplicata. Em laboratório, foram realizadas análises de densidade aparente, porosidade total e pH, seguindo o método proposto pela EMBRAPA (1997).

1 – Porosidade total e densidade aparente: Para determinação da porosidade total, foi utilizada análise da densidade real para se basear no cálculo, onde:

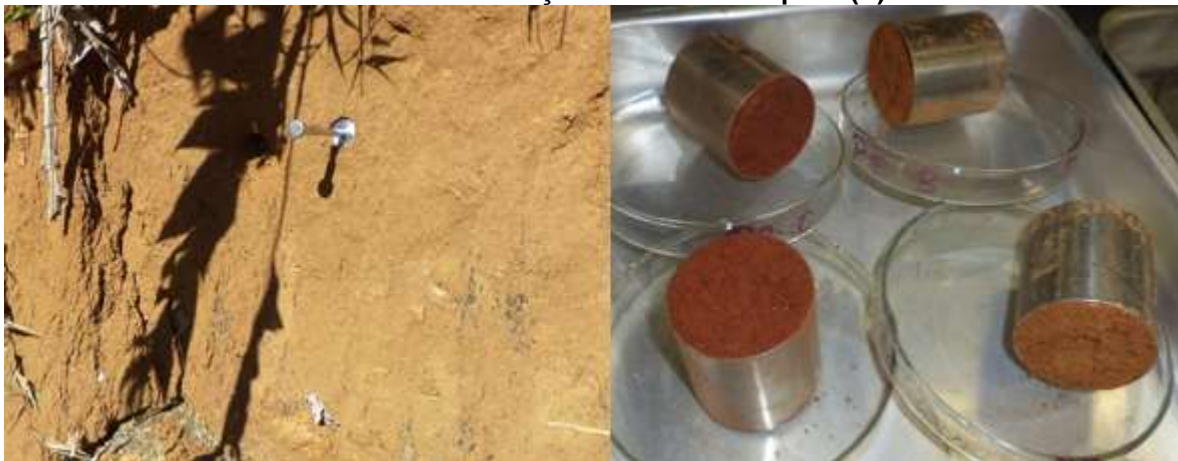
➤ **Porosidade Total = 100 (densidade real – densidade aparente) / densidade real**

➤ **Densidade Aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) = peso da amostra seca (g) / volume do anel  $\text{cm}^3$**

2 – pH: A determinação da acidez, neutralidade ou alcalinidade do solo foi realizada através de um Potenciômetro com eletrodo combinado imerso em suspensão solo: água, de acordo com o método da EMBRAPA (1997).

Realizou-se ainda a caracterização pluviométrica da área de estudo entre os anos de 2009 e 2014, segundo Pereira (2015), a fim de entender os períodos do ano de maior índice de chuva, um dos principais fatores para a ocorrência dos processos erosivos nos taludes degradados da região.

**Figura 2 – Coleta de amostras em talude degradado (A); Amostras volumétricas retiradas através da utilização de anéis de Kopeck (B).**



### 3. Resultados e Discussão

Sabe-se que a compactação do solo provocada pelo pisoteio, por exemplo, altera consideravelmente a rede de poros, aumentando a resistência mecânica à penetração de raízes e, conseqüentemente, à penetração da água, uma vez que as raízes funcionam como caminhos preferencias para a infiltração da água no solo. Nesse sentido, quanto maior for a densidade aparente do solo, a qual reflete a compactação por ele sofrida, menor será a porosidade total do mesmo, e vice-versa.

Nesse sentido, os resultados da média dos dados de densidade aparente analisados demonstram que as camadas mais subsuperficiais (10-20 cm) apresentaram maior compactação tanto em P1 ( $1,6 \text{ g}/\text{cm}^3$ ) quanto em P2 ( $1,3 \text{ g}/\text{cm}^3$ ), em comparação à camada de 0-5 cm, onde P1 apresentou  $1,3 \text{ g}/\text{cm}^3$  e P2  $1,3 \text{ g}/\text{cm}^3$ .  
Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

apresentou  $0,9 \text{ g/cm}^3$  (Figura 4A). Tal fato tende a estar relacionado à presença da vegetação, onde as raízes podem proporcionar maior aeração ao solo nas camadas mais superficiais, contudo a maior compactação do solo em subsuperfície impede a percolação da água para as camadas mais profundas do solo, dificultando o pleno funcionamento do sistema solo. Logo, observa-se que os resultados da média de porosidade total foram mais elevados na camada mais superficial, de 0-5 cm, onde P1 apresentou 48,2% e P2 apresentou 61,4%, diferentemente da camada de 10-20 cm, onde P1 apresentou 38,8% e P2 apresentou 47,4% (Figura 4A).

Portanto, a partir do aumento da profundidade tende-se a aumentar também a densidade aparente, devido à redução da matéria orgânica e da agregação e do peso exercido pelas camadas superiores do solo, como destaca Brady (1989). Entende-se,

ainda, que as áreas analisadas estão sujeitas às interferências que agregam maior compactação ao solo, tendo em vista que os valores de densidade aparente entre  $1,1$  e  $1,6 \text{ g/cm}^3$  são característicos de solos com predominância de frações minerais e manejo inadequado, enquanto que em solos de floresta a densidade aparente tende a variar entre  $0,6$  e  $0,8 \text{ g/cm}^3$  (KIEHL, 1979).

Contudo, os valores elevados de densidade aparente encontrados mesmo em áreas de florestas na bacia do rio Maranduba dificultam a percolação da água como mencionado anteriormente, inferindo grande preocupação quanto aos problemas de erosão, tendo em vista que Ubatuba apresenta elevados índices pluviométricos, como relatado por Pereira (2015), que ao acompanhar os índices pluviométricos de chuva durante 6 anos, de 2009 a 2014 (Figura 3B), constatou que Ubatuba é um município que possui grande volume pluvial ao longo do ano, com mais meses úmidos (Figura 3A).

Logo, o município de Ubatuba possui características naturais, como os elevados índices pluviométricos e altas declividades, que alicerçados nas intervenções antrópicas em suas paisagens, como o uso inadequado dos solos, corroboram para a intensificação dos processos erosivos.

Em relação aos dados de pH, as médias dos resultados em P1 e P2 em ambas profundidades foram bem similares, P1 de 0-5 cm apresentou média de 3,6 e de 10-20 cm apresentou média de 3,7, enquanto P2 de 0-5 cm apresentou média de 3,5 e

de 10-20 cm apresentou média de 4,0 (Figura 4B). Resultados que demonstram a existência de solos ácidos, podendo estar relacionado aos elevados índices pluviométricos da região, fazendo com que as bases (Ca e Mg, por exemplo) presentes no solo sejam lixiviadas, deixando íons  $H^+$  em seu lugar.

Figura 3. Média pluviométrica mensal de 6 anos (2009-2014) (A); Média anual de chuva (B).

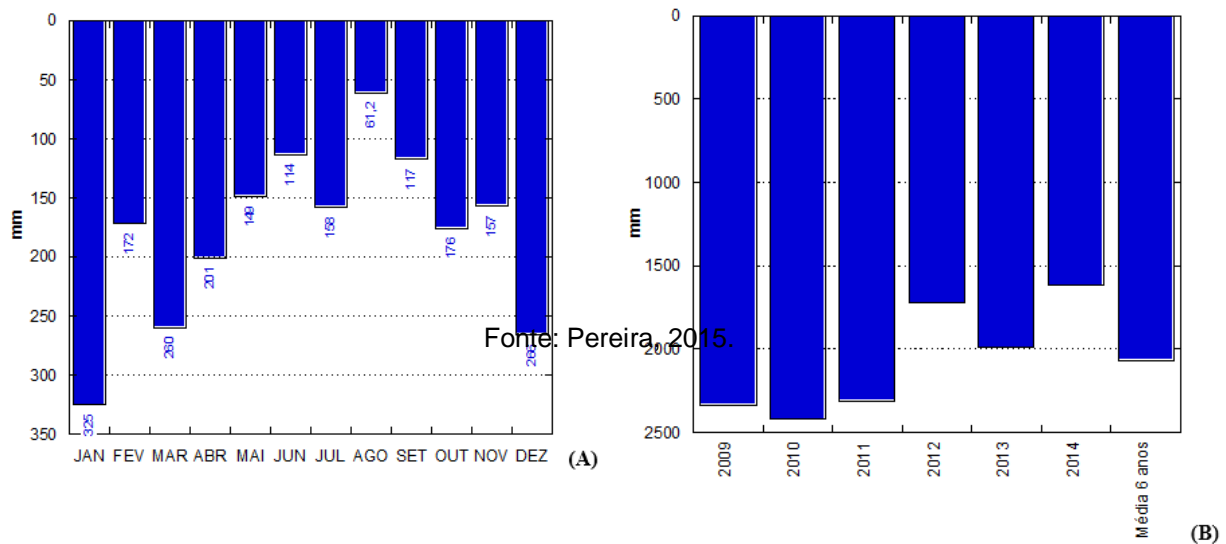
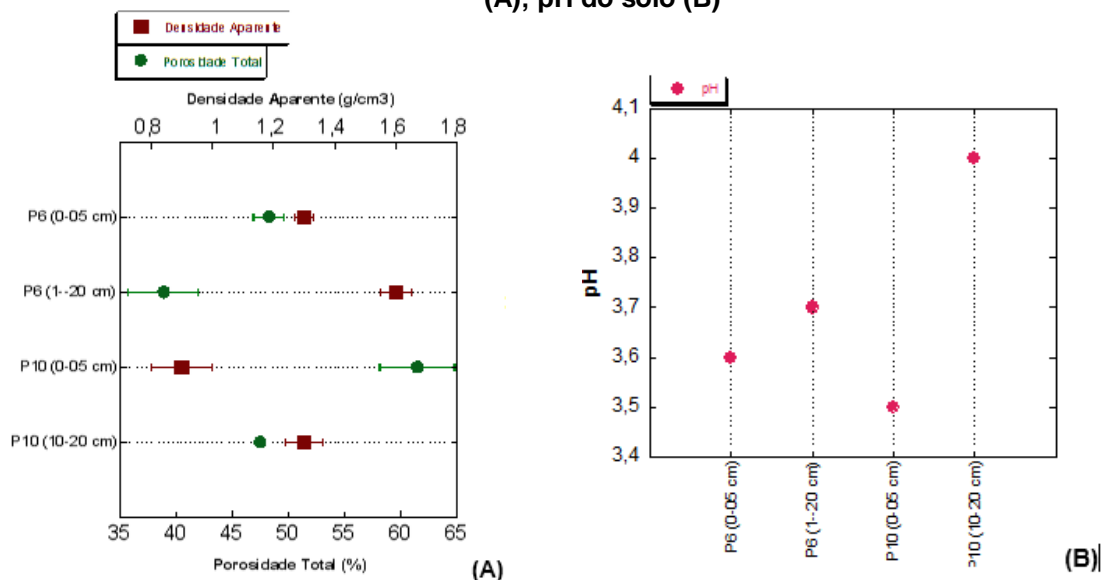


Figura 4- Relação das médias e desvio padrão de densidade aparente com porosidade total (A); pH do solo (B)



#### 4. Conclusões

Conclui-se, portanto, que os solos da bacia hidrográfica do rio Maranduba estão em processo intenso de degradação, perdendo a sua qualidade frente aos

processos erosivos acelerados pelo avanço da urbanização em locais impróprios, como as encostas íngremes, resultando em uma série de impactos negativos tanto *onsite* (no próprio local) quanto *offsite* (fora do local) (GUERRA e MENDONÇA, 2011).

Os elevados índices pluviométricos, conjugados ao uso inadequado do solo que origina solos pouco porosos e ácidos com densidade aparente elevada, corrobora para a ocorrência da erosão, dificultando a infiltração da água e o crescimento da vegetação, trazendo prejuízos ambientais, econômicos e sociais.

Esse trabalho, mesmo sendo inicial, já chama a atenção para a necessidade de que continuemos seguindo essa metodologia, incluindo, a curto prazo mais coletas de amostras, com a determinação de outras propriedades químicas e físicas, para podermos fazer um diagnóstico mais completo da área de estudo.

## Referências

- ASHMAN, M. R.; PURI, G. **Essential soil science: a clear and concise introduction to soil science**. Oxford: Blackwell Publishers, 2002. 198 p.
- BRADY, N. C. **The nature and properties of soils**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.
- BUZATO, E. Avaliação de impactos ambientais no município de Ubatuba: uma proposta a partir dos geoindicadores. Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo, 2012.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo** / Centro Nacional de Pesquisa de Solos – 2. ed. Ver. Atual. – Rio de Janeiro, 1997.
- GUERRA, A. J. T. e MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: VITTE, A.C. e GUERRA, A.J.T. (Orgs). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil** – 5° ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- GUERRA, A. J. T. O Início do Processo Erosivo. In: **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**/ Antonio José Teixeira Guerra, Antonio Soares da Silva, Rosangela Garrido Machado Botelho (organizadores). – 6° ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 340p.
- JORGE, M. C. O. & GUERRA, A. J. T. Erosão dos Solos e Movimentos de Massa- Recuperação de áreas degradadas com Técnicas de Bioengenharia e Prevenção de Acidentes. In: **Processos Erosivos e Recuperação de Áreas Degradadas**. Editora: Oficina de Textos. São Paulo, 2013.
- JORGE, M. C. O. Degradação dos solos no litoral norte paulista. In: Guerra, A. J. T. & Jorge, M. C. O (Ogrs.). **Degradação dos solos no Brasil**. Ed. Bertrand Brasil. 1º edição, 2014.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia, relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979.
- NUNES, L.H. Jornal Maranduba News. Ano I, edição 12. Agosto de 2010. Disponível em <<http://issuu.com/maranduba/docs/jornalmarandubanews12web/6>>. Data 10/01/2015.
- PEREIRA, L. S. Análises físico-químicas de solos com distintas coberturas vegetais e processos hidroerosivos em área degradada na bacia do rio Maranduba - Ubatuba, São Paulo. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2015.
- TOMINAGA, L. K. Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP. Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo, 2007.



## NATUREZA DA COBERTURA SUPERFICIAL AO LONGO DE PATAMARES DISSECADOS ENTRE SERRA DA FARTURA (PR/SC) E RIO CHAPECÓ (ABELARDO LUZ/SC) – PLANALTO DAS ARAUCÁRIAS: PRIMEIRA APROXIMAÇÃO

MARGA ELIZ PONTELLI<sup>1</sup>

LEONEL MANFREDINI<sup>2</sup>

DANIELLA ROSA MARQUES DE OLIVEIRA<sup>3</sup>

ALANA JAQUELINE CAVAZINI<sup>4</sup>

1 Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/CCH/PPGG-FB  
mepontelli@hotmail.com

2 Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/CCH/PPGG-FB

3 Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/CCH

4 Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/CCH

### Resumo

O relevo no setor do Planalto das Araucárias, entre a Serra da Fartura (PR/SC) e o rio Chapecó (meio oeste de SC) apresenta-se com morfologia de patamares dissecados que guardam similaridade com as superfícies geomorfológicas V, VI e VII identificados por Paisani *et al.* (2008) ao longo da Serra da Fartura. Apesar da semelhança em termos de unidade geomórfica, ainda não são conhecidas as características da cobertura superficial ao longo desses patamares. Utilizando-se dos procedimentos pedológicos descreveram-se, em campo, as características da cobertura superficial em 07 perfis distribuídos ao longo do setor estudado. Nos três níveis de patamares dissecados registrou-se o predomínio de formações superficiais com natureza autóctone. A espessura da cobertura superficial varia de 5,5 metros (perfil menos espesso), para mais de 10 metros no perfil mais espesso. A gênese autóctone dos materiais, associado à espessura registrada indicam que os mecanismos envolvidos na evolução desses patamares dissecados sejam comandados pelos processos de alteração, fato já verificado nas superfícies ao longo da Serra da Fartura.

**Palavras-Chave:** Perfis de alteração. Patamares dissecados. planalto basáltico

### Abstract

The relief in the Araucaria Plateau sector, among the Serra da Fartura (PR/SC) and the river Chapecó (Midwest of the SC) presents with morphology of dissected levels that keep similarity with geomorphological surfaces V, VI and VII identified by Paisani *et al.* (2008) along the Serra da Fartura. Despite the similarity in terms of geomorphic unit, are not yet known the characteristics of the surface coverage over these levels. Using procedures of soil have been described, in the field, the characteristics of the surface coverage in 07 profiles distributed along the studied sector. The three levels of dissected levels recorded the predominance of surface formations with autochthonous nature. The thickness of the surface coverage varies from 5.5 meters (thinner profile) to more than 10 meters in thicker profile. The genesis autochthonous of the materials associated with the registered thickness indicate that the mechanisms involved in the development of the dissected levels are controlled by alteration processes, a fact already observed on the surfaces along the Serra da Fartura.

**Key-words:** Alteration profiles. Dissected levels. Basaltic plateau.

## 1. Introdução

O Planalto das Araucárias constitui unidade geomorfológica em ambiente subtropical úmido que ocupa boa parte do interior da região sul do Brasil, integrando, do ponto de vista morfoestrutural, a província do Planalto Basáltico da Bacia do Paraná (Almeida, 1956). Vários aspectos do meio físico do Planalto das Araucárias já foram descritos, porém sempre abordados num contexto regional (Monteiro, 1963), existindo lacunas do caráter evolutivo, especialmente no que se refere à geomorfologia.

Nesse sentido, o grupo de pesquisa “Gênese e Evolução de Superfícies Geomórficas e Formações Superficiais” vem realizando levantamentos sistemáticos detalhados dos diferentes aspectos envolvidos na evolução do relevo do Planalto das Araucárias, iniciando pelo divisor geomorfológico entre Paraná e Santa Catarina, constituído pela Serra da Fartura. Neste setor, a partir do reconhecimento de oito (08) níveis escalonados correspondentes a superfícies geomórficas, que decaem topograficamente de leste para oeste (Paisani *et al.*, 2008), buscou-se conhecer a evolução dessas superfícies geomórficas e das formas de relevo associadas (Pontelli *et al.*, 2011; Pontelli e Paisani, 2012), através da identificação: do grau de intemperismo da cobertura superficial em níveis pedoestratigráficos (Paisani *et al.*, 2013; Pontelli *et al.*, 2014); de paleoperfis de intemperismo e paleovales (Paisani *et al.*, 2012); de paleosolos e depósitos quaternários (Paisani *et al.*, 2014a). Em geral verificou-se que a maioria das superfícies geomórficas identificadas ao longo da Serra da Fartura apresentam cobertura superficial de gênese autóctone, com perfil de solo de características latossólicas, renovadas ao longo do Quaternário Superior (Paisani *et al.*, 2013).

Posteriormente, estende-se a individualização de superfícies geomórficas ao sul da Serra da Fartura, entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Paisani *et al.*, 2014b). Das superfícies reconhecidas, parte mostra correlação com as previamente caracterizadas na Serra da Fartura, distribuídas nas bordas de patamares extensos. As restantes apresentam similaridade topográfica, no entanto a

morfologia se mostra como patamares dissecados, possivelmente relacionados ao ajuste da incisão do rio Uruguai. É o caso do setor entre a Serra da Fartura e o rio Chapecó cuja morfologia se apresenta com três (03) níveis de patamares dissecados, correspondentes às superfícies V, VI e VIII da classificação de Paisani *et al.* (2008). Desses patamares já se reconheceu a natureza autóctone da cobertura superficial no topo da superfície V (Serra da Fartura) e no patamar dissecado entre 800-900 metros (superfície VI de Paisani *et al.*, 2008). Nos demais patamares ainda não se conhece a natureza das formações superficiais existentes constituindo, isto, o objetivo deste trabalho.

## 2. Material e Métodos

O setor do Planalto das Araucárias entre a Serra da Fartura (PR/SC) e o rio Chapecó se encontra entre 700-1000m de altitude, correspondendo ao município de Abelardo Luz, noroeste de Santa Catarina, Brasil. Predominam na área rochas ígneas vulcânicas do tipo basaltos, unidade Cordilheira Alta, Formação Serra Geral (Freitas *et al.*, 2002), as quais sustentam unidades de relevo que se mostram como patamares extensos, pouco a fortemente dissecados (Paisani *et al.*, 2014b).

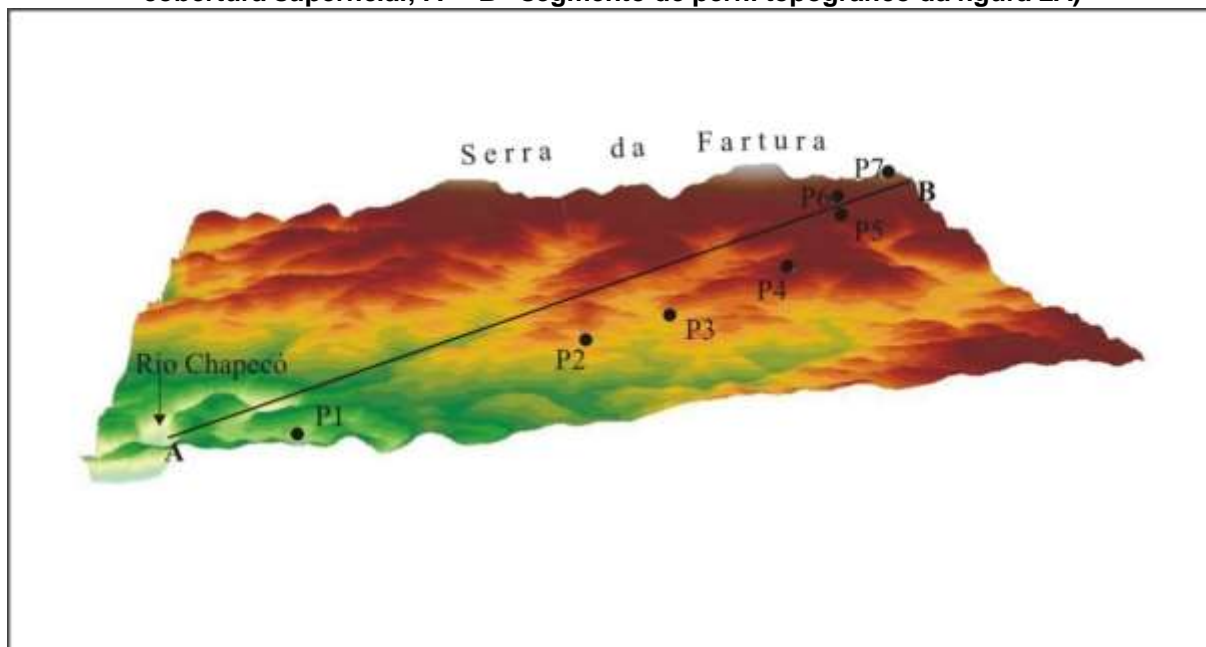
A identificação da cobertura superficial foi realizada em barrancos decorrentes de cortes de estrada situados ao longo da rodovia SC-155, totalizando 07 pontos de reconhecimento das características da cobertura superficial ao longo dos patamares dissecados. Em dois pontos, um no topo da Serra da Fartura (patamar extenso) e outro no patamar dissecado com altitudes entre 700-800m (superfície VII), realizou-se descrição morfológica detalhada em campo, conforme procedimentos de Santos *et al.* (2013).

## 3. Resultados e Discussão

Ao longo do setor estudado foram descritos sete (07) perfis de alteração (Figura 1). O ponto 1, situado em altitude de 777m (Figura 2A), corresponde ao nível de patamar dissecado entre 700-800m (superfície VII de Paisani *et al.*, 2008) e apresenta cobertura superficial caracterizada por perfil de alteração formado *in situ*, com *solum* relativamente espesso (Figura 2B).

Entre 800-900m, nível de patamar dissecado correspondente a superfície geomorfológica VI (Paisani *et al.*, 2008), foram descritos dois perfis, P2, P3 e P4 (Figura 2A). O perfil de alteração P2 constitui-se no mais espesso verificado no setor, com *solum* ultrapassando 8 metros (Figura 2B). Apresenta horizonte A de cor bruno avermelhado forte (5YR 2.5/2) passando a vermelho escuro (2.5YR 3/6) ao longo de todo o horizonte B. A estrutura mostra-se em blocos sub-angulares, de grau forte. O mesmo verifica-se para o perfil de alteração no P3, porém com alterita mais espessa no corte (Figura 2B).

**Figura 1 – Relevo em patamares dissecados na área de estudo. (Pn= pontos de descrição da cobertura superficial; A---B= segmento de perfil topográfico da figura 2A)**



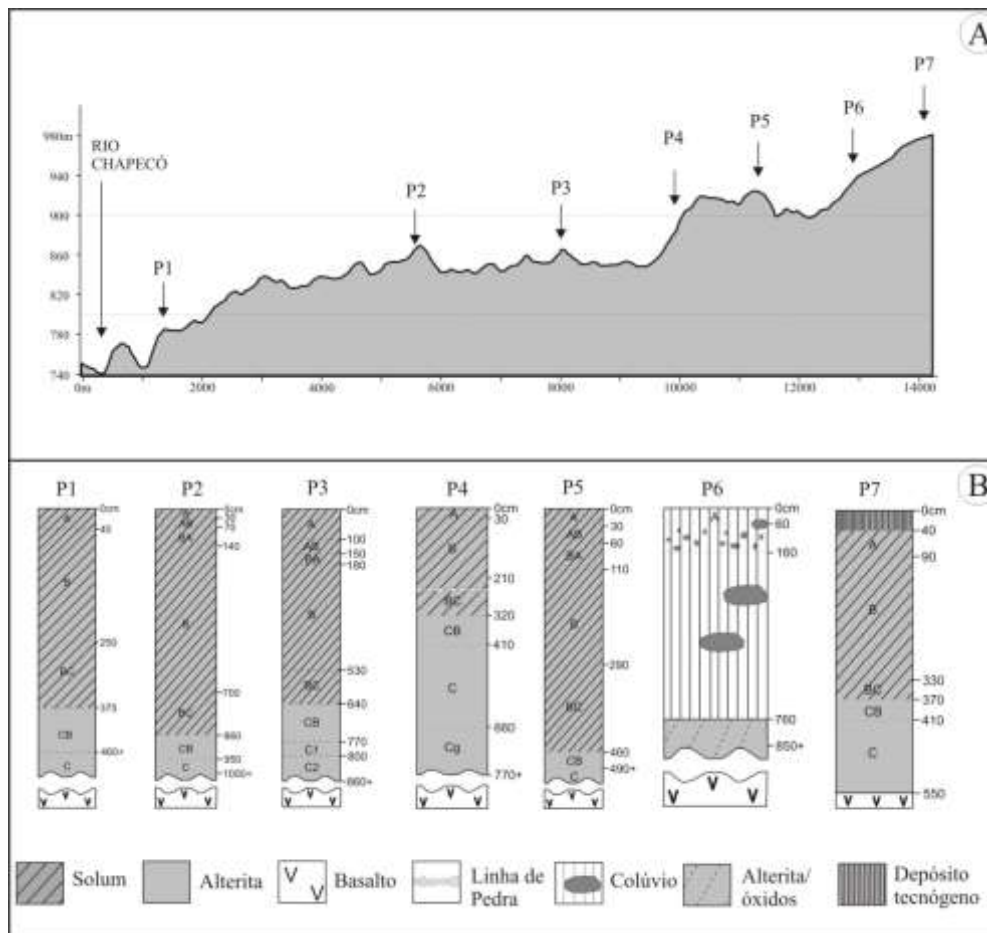
Organização: Marga Eliz Pontelli e Leonel Manfredini, 2015.

Já o P4, localizado na transição da superfície VI para a V (Figura 2A), destaca-se por apresentar mais de 4 metros de alterita aflorando no corte e linha de pedra situada no interior do horizonte BC (Figura 2B). Este também mais espesso que os demais perfis descritos nos patamares anteriores. Estas características sugerem truncamento no perfil, cuja natureza alóctone pode estar associada à posição do perfil na superfície.

No patamar dissecado entre 900-1000m de altitude (superfície geomorfológica V - Paisani *et al.*, 2008) enquadram-se 03 perfis descritos - P5, P6 e P7 (Figura 2A).

Destes, os perfis 5 e 7 apresentam características similares em relação a espessura do *solum* e natureza autóctone da cobertura superficial (Figura 2B). Já o perfil 6 apresenta cobertura superficial de natureza alóctone, constituída por espesso pacote de colúvio (Figura 2B).

**Figura 2- Morfologia dos patamares dissecados (A); aspecto da cobertura superficial (B).**



Organização: Marga Eliz Pontelli, 2015.

#### 4. Considerações Finais

A descrição da cobertura superficial representativa dos três níveis de patamares dissecados dispostos no setor geomorfológico entre a Serra da Fartura (PR/SC) e o rio Chapecó (Abelardo Luz/SC), Planalto das Araucárias, revelou o predomínio da natureza autóctone dos materiais nos perfis de alteração. Verificaram-se materiais com características genéticas de aloctonia apenas em dois perfis, possivelmente relacionados ao fato de estarem localizados nas bordas dos patamares dissecados,



área de transição entre superfícies. A presença de formações superficiais autóctones e caracterizadas por relativa espessura sugere que os mecanismos envolvidos na evolução dessas superfícies de patamares dissecados sejam similares aos já identificados nas superfícies próximas, ao longo da Serra da Fartura.

## Referências

- Almeida, F.F.M. O Planalto Basáltico da Bacia do Paraná. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 24, p. 03-34, 1956.
- Freitas, M.A.; Caye, B.R.; Machado, J.L.F. (Orgs.) **Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do Oeste do Estado de Santa Catarina – PROESC**. Porto Alegre: CPRM/SDM-SC/DAS-SC/EPAGRI, 2002, 100p.
- Monteiro, C.A.F. Geomorfologia. In: Cataldo, D.M. (Org.) **Geografia do Brasil – Grande Região Sul. Tomo I**. Rio de Janeiro: IBGE, 1963, p.15-79.
- Paisani, J.C.; Pontelli, M.E.; Osterrieth, M.L.; Lopes Paisani, S.D.; Fachin, A.; Guerra, S.; Oliveira, L. Paleosols in low-order streams and valley heads in the Araucaria Plateau – Record of continental environmental conditions in southern Brazil at the end of MIS 3. **Journal of South American Earth Sciences**, 54, p. 57-70, 2014a.
- Paisani, J.C.; Pontelli, M.E.; Manfredini, L.; Ribeiro, F.J.; Lima, S. Identificação de superfícies geomórficas entre Abelardo Luz (SC) e Erechim (RS) – Bases para compreender a evolução do relevo no vale do rio Uruguai, sul do Brasil. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v.10, N.4, p.79-85, 2014b.
- Paisani, J.C.; Pontelli, M.E.; Corrêa, A.C.B.; Rodrigues, R.A.R. Pedogeochemistry and micromorphology of oxisols – A basis for understanding etchplanation in the Araucarias plateau (Southern Brazil) in the Late Quaternary. **Journal of South American Earth Sciences**, 48, p. 1-12, 2013.
- Paisani, J.C.; Pontelli, M.E.; Calegari, M.R. Evolução de paleovale de segunda ordem hierárquica no Planalto das Araucárias – Superfície II – nos 41 KA AP (sul do Brasil). In: Simposio Brasileiro de Geomorfologia (SINAGEO), IX, 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Anais**. Rio de Janeiro, 2012.
- Paisani, J.C.; Pontelli, M.E.; Andres, J. Superfícies aplainadas em zona morfoclimática subtropical úmida no Planalto Basáltico da Bacia do Paraná (SW Paraná/NW Santa Catarina): primeira aproximação. **Geociências**, V.27, N. 4, p. 541-553, 2008.
- Pontelli, M.E.; Bertuol, E.C.; Almeida, B.K. Estágio de intemperismo na superfície interplanáltica de Clevelândia, Planalto das Araucárias (sul do Brasil). **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, V.10, N.4, p.47-53, 2014.
- Pontelli, M.E.; Paisani, J.C. Evolução de ombreira de fundo de vale no alto curso do rio Marrecas, Planalto das Araucárias (sul do Brasil). In: Simposio Brasileiro de Geomorfologia (SINAGEO), IX, 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Anais**. Rio de Janeiro, 2012.
- Pontelli, M.E.; Paisani, J.C.; Lima, J.G.G. Distribuição de volumes pedológicos em vertente de superfície geomorfológica em elaboração – Planalto Basáltico da Bacia do Paraná. In: Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada (SBGFA), XIV, 2011, Dourados, MS, Brasil. **Anais**. Dourados, 2011, p.1-11.
- Santos, R.D.; Lemos, R.C.; Santos, H.G.; Ker, J.C.; Anjos, L.H.C.; Shimizu, S.H. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 6ª Ed. Viçosa: SBCS, 2013, 100p.

## UTILIZAÇÃO DE ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS NA ELABORAÇÃO DE UM MAPA PREDITIVO DE SOLOS NA SUB-BACIA DO RIO CORVO – NOROESTE DO ESTADO DO PARANÁ

JOSÉ GUILHERME DE OLIVEIRA<sup>1</sup>

ALEXEI NOWATZKI<sup>2</sup>

LEONARDO JOSÉ CORDEIRO DOS SANTOS<sup>3</sup>

1 Universidade Federal do Paraná - UFPR/LABS  
joseguilhermegeo@gmail.com

2 Universidade Federal do Paraná - UFPR/LABS  
nowatzki.a@gmail.com

3 Universidade Federal do Paraná - UFPR/LABS  
santos@ufpr.br

### Resumo

Diante das inúmeras características pedológicas da região noroeste do estado do Paraná, pretendeu-se com o presente trabalho utilizar de diversos parâmetros topográficos, como Clinografia, Hipsometria, índice de corrente de máximo fluxo e capacidade de transporte de sedimentos, para ilustrar a distribuição da cobertura pedológica em uma sub-bacia do rio do Corvo, área localizada a margem direita do rio Ivaí. Partindo do pressuposto que o relevo é o principal agente controlador da distribuição de solos na região, os atributos topográficos surgem de modo a mensurar essa relação na formação dos solos. Com base na elaboração do MDT (Modelo digital do Terreno) e das operações de tabulação cruzada foi realizada a elaboração do mapa preditivo de solos para a área de estudo. A partir da subdivisão da bacia em grupos, foi possível classificar unidades geomórficas, que agrupavam áreas com características semelhantes. Por fim, o mapa gerado ilustrou a predominância do grupo 3, com áreas situadas nas porções superiores das vertentes, onde possivelmente estaria enquadrada a classe dos Latossolos, na área de estudo, ocupando cerca de 79% da bacia, o grupo classificado como sendo possivelmente da classe dos Argissolos aparece apenas no terço inferior das vertentes, ocupando cerca de 6% da área.

**Palavras-chave:** Mapeamento digital de solos. Pedometria. Tabulação cruzada.

### Abstract

Given the numerous soils characteristics of the northwest region of Paraná State, it was intended with this work, using various topographic parameters, as Slope, Hypsometer, Stream Power Index and Sediment Transport Index, to illustrate the distribution of pedological coverage in a sub-basin of the Corvo river, located on the right bank of the Ivaí river. Assuming that the relief is the main soil distribution controlling agent in the area, topographic attributes arise in order to measure this ratio in soil formation. Based on the development of DTM (Digital Terrain Model) and cross-tabulation operation, it was made the elaboration of predictive soil map for the study area. From the subdivision of the basin in groups, it was possible to classify the geomorphic units, that grouped areas with similar

characteristics. Finally, the generated map illustrated the predominance of group 3, with areas located in the upper portions of the slopes, where would possibly framed the Latosols (Oxisols), in the study area, occupying about 79% of the basin, the group classified as possibly being the class of Argisols appears only in the lower third of the slope, occupying about 6% of the area.

**Key-words:** Digital soil mapping. Pedometrics. Cross tabulation.

## 1. Introdução

Os solos estão presentes em boa parte da superfície da terra, e possuem importância muito grande em diversas atividades humanas. O entendimento da cobertura pedológica se faz então muito importante, para que diversas práticas e processos possam ter suas dinâmicas compreendidas e melhor interpretadas. Para que essa compreensão possa existir o solo tem que ser pensado como um corpo contínuo, pois ao longo da paisagem, podem ser notadas diversas mudanças e transformações.

A área de estudo abordada nas discussões do trabalho é uma sub-bacia hidrográfica do rio do Corvo, localizada na região noroeste do estado do Paraná, a margem direita do Rio Ivaí.

A região noroeste do estado do Paraná é marcada pela ocorrência de rochas do grupo Caiuá, grupo constituído por rochas sedimentares. Na região existem solos de diversas espessuras, em geral solos com textura arenosa ou areno-argilosa. A sub-bacia do rio do Corvo apresenta apenas duas classes de solo em primeiro nível categórico, as classes Argissolo e Latossolo, conforme mapeamento realizado anteriormente (EMBRAPA, 2008). Assim como a grande parte da região noroeste do estado do Paraná também apresenta a predominância dessas duas classes de solo (NAKASHIMA, 1999).

A ocorrência dos Latossolos e Argissolos na região de estudo é marcada por um processo de evolução lateral. Ao longo das vertentes, ocorre acúmulo de argila, se iniciando nas partes próximas as drenagens, fazendo com que os Argissolos ocorram principalmente nessas áreas, e sua evolução se dê montante acima. (QUEIROZ NETO, 2011)

A interdependência dos fatores geomorfológicos com os fatores pedológicos pode ser expressa através da utilização de atributos topográficos no entendimento de distribuição espacial de solos, esses atributos mostrariam de que maneira cobertura pedológica se comporta espacialmente visto as diferenciações topográficas. Silveira (2010) ressalta a relação entre a topografia e a distribuição de solos em escala local, e cita que é possível deduzir a distribuição das unidades de solo a partir de uma análise digital do relevo.

## 2. Metodologia do trabalho

A sub-bacia do rio do Corvo, como descrito anteriormente, fica a norte do Rio Ivaí, e se localiza entre os municípios de Guairaça e Terra Rica, possuindo uma área total de 122,47 Km<sup>2</sup>. Na distribuição dos solos, segundo dados do ITCG. Nesta bacia os Latossolos estão presentes em 77% da área, enquanto os Argissolos ocupam apenas 23% (EMBRAPA, 2008).

Para a produção do mapa preliminar de solos foi necessário a produção de diversos atributos topográficos, que surgem de modo a relacionar os processos que gerem a formação e a evolução dos solos com a distribuição no espaço. Para a criação dos atributos dois softwares foram utilizados, sendo eles os *softwares* ARC GIS 9.3 e SAGA GIS 2.0.8.

Inicialmente foi gerado o MDT (Modelo Digital do Terreno) da área de estudo, utilizando dos dados de pontos cotados, hidrografia e curvas de nível, em ambiente SIG, com o *software* ARC GIS 9.3, modulo ArcMap, interpolador *Topogrid*. A partir do MDT os atributos primários puderam ser gerados, sendo eles Hipsometria (Z), Declividade ( $\alpha$ ), Perfil ( $\phi$ ) e Plano ( $\psi$ ) de Curvatura (MOORE et al., 1993, McBRATNEY et al., 2003, SILVEIRA, 2010 e NOWATZKI 2013).

A Hipsometria (Z) diz respeito a técnica de representação das classes altimétricas de determinado terreno a partir de cores. A Bacia possuiu uma variação que foi de 300 a 524m de altitude.

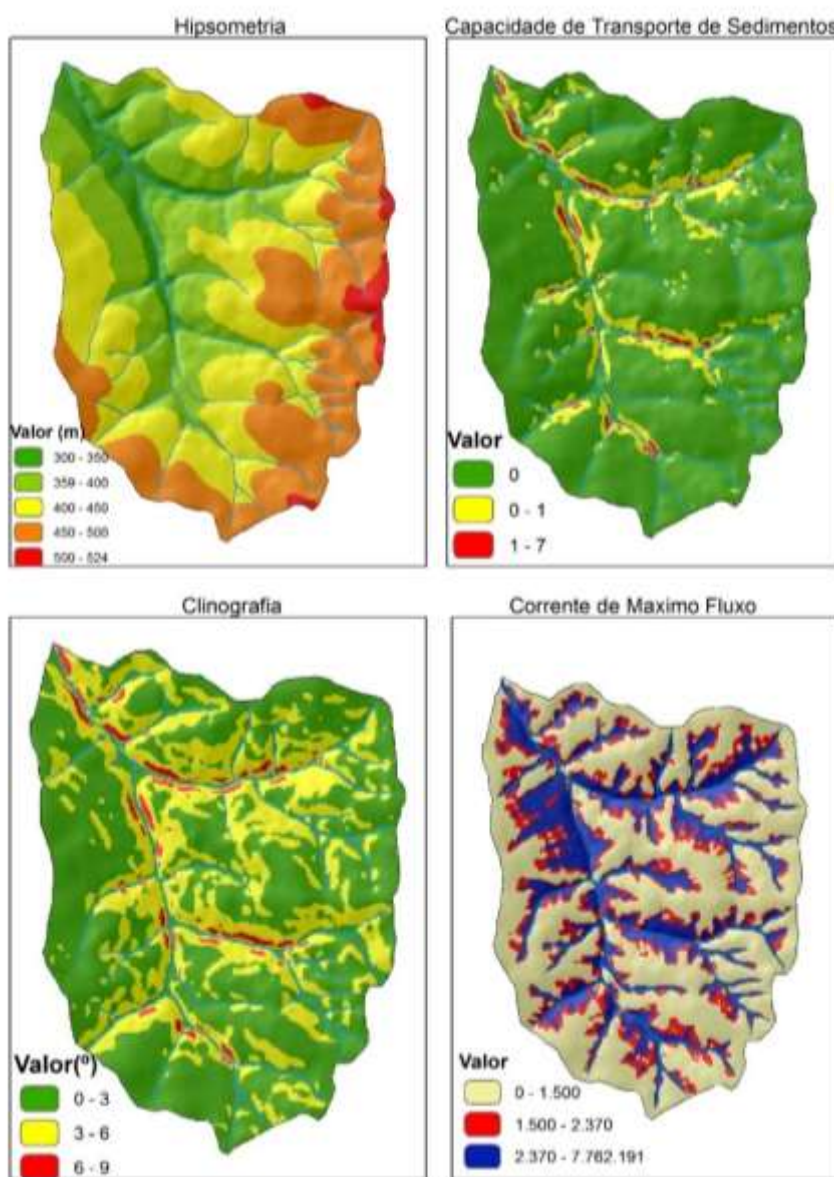
A Clinografia ( $\alpha$ ) diz respeito ao grau do terreno em relação ao plano. A área da Bacia possuiu uma variação que vai de 0° a 9°.



Além dos Atributos Primários, foram gerados também os atributos topográficos secundários, que são parâmetros relacionados a processos de transportes de sedimentos e a movimentação da água superficial e subsuperficial no solo (NOVATZKI, 2013), e são eles: Índice de Corrente de Máximo Fluxo ( $\Omega$ ); Índice de Umidade ( $w$ ) e Índice de Capacidade de Transporte de Sedimentos ( $\tau$ ).

O parametro Índice de Umidade ( $w$ ) diz respeito a distribuição espacial das zonas saturadas por água, quão maior for o valor maior será a tendência do local a saturação hídrica.

Figura 1- Atributos topográficos da sub-bacia do rio do Corvo.



Org: José G. de Oliveira



O parametro Índice de Corrente de Máximo Fluxo ( $\Omega$ ) mensura o poder erosivo da água corrente, com base no pressuposto de que a descarga é proporcional a acumulação de fluxo de montante (NOVATZKI, 2013).

Índice de Capacidade de Transporte de Sedimentos ( $\tau$ ) leva em consideração a declividade e a area de contribuição, visto que quanto maior forem esses valores maior será o Índice.

A seleção dos atributos que se julgariam adequados para o local do estudo, e para as classes de solo que acredita-se que existem na área se deu após testes, e após análise do mapa já existente do solos dos locais e comparação com os mapas dos atributos topográficos. Os atributos selecionados foram Hipsometria (Z), Índice de Capacidade de Transporte de Sedimentos ( $\tau$ ), Crinografia ( $\alpha$ ) e Índice de Corrente de Máximo Fluxo ( $\Omega$ ).

Após a elaboração dos mapas com os atributos primários e secundarios das bacias de estudo, iniciou – se o processo de tabulação cruzada. Segundo Nowatzki (2013) apud Tomlin (1983), “A técnica da Tabulação Cruzada é empregada na integração das variáveis é por superposição de mapas ou álgebra de mapa”. Após a elaboração do mapa com os atributos, foram executados os seguintes cruzamentos:

Hipsometria (Z)x Índice de Capacidade de Transporte de Sedimentos ( $\tau$ ) e  
Crinografia ( $\alpha$ ) x Índice de Corrente de Máximo Fluxo ( $\Omega$ )

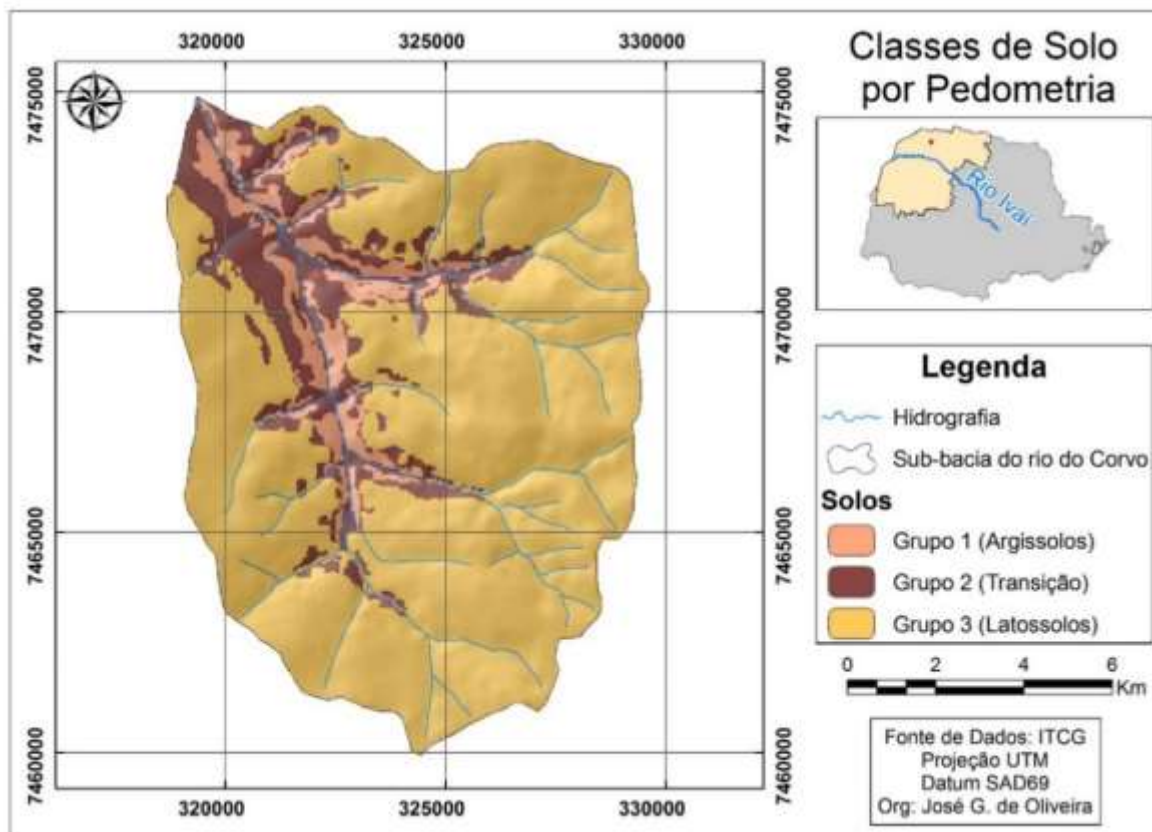
### 3. Resultados e discussão

A partir do cruzamento dos atributos foram gerados grupos, com características parecidas, grupos caracterizados como unidades geomórficas. As unidades geomórficas da sub-bacia do rio do Corvo foram as seguintes:

- **Grupo 1:** Áreas localizadas na terço inferior da vertente, com a predominância de declividades entre 3º e 9º, caracterizadas como locais onde os processos deposicionais são predominantes. Segundo as características da região, e os dados do grupo, na área podem ser encontrados a os Argissolos. A área desse grupo foi de 8,48 km<sup>2</sup>, representando cerca de 7% da bacia de estudo.

- **Grupo 2:** Áreas localizadas na média vertente, com a predominância de declividade entre 3° e 6° ,caracterizada como área onde ocorrem tanto processos erosivos quanto processos deposicionais. A área foi classificada como a classe de transição, nesse grupo podem ser encontrados tanto Argissolos quanto Latossolos em associação. A área desse grupo foi de 17,3 km<sup>2</sup>, representando cerca de 15% da bacia de estudo.
- **Grupo 3:** Áreas localizadas nas porções superiores das vertentes, com a predominância de declividade entre 0° e 3°, onde predominam os processos erosivos. A partir dos atributos gerados, entendeu-se que nessa área podem ser encontrados Latossolos. A área desse grupo foi de 96,6km<sup>2</sup>, representando cerca de 79% da bacia de estudo.

Figura 2 – Mapa de solos da sub-bacia do rio do Corvo feito com base nos atributos topograficos



Org: José G. de Oliveira

#### 4. Conclusões

A espacialização dos atributos topográficos, e a utilização da técnica da tabulação cruzada se mostrou eficiente na distribuição dos grupos para a região, visto que os resultados obtidos foram semelhantes com os dados existentes da região.

A qualidade dos dados existentes, utilizados para a elaboração do MDT, e conseqüentemente para a geração dos atributos, pode surgir como um fator relevante nos resultados finais, principalmente no que diz respeito ao grupo tido como classe 2, visto que o grupo é classificado como sendo uma área de transição, e as delimitações da área poderiam ter sido mais precisas se houvesse uma base em escala de maior detalhe para a área.

As classes 1 e 3 se mostraram coerentes, sendo que o grupo 3, gerado pela tabulação cruzada, foi quase coincidente em área com o grupo Latossolo do mapa de solos do Estado do Paraná da Embrapa (2008).

Em fase posterior do presente trabalho será feita a checagem em campo dos dados gerados a partir das ferramentas do geoprocessamento, possibilitando uma validação dos resultados obtidos.

#### Referências

- Nakashima, P. **Sistemas pedológicos da região noroeste do estado do Paraná: Distribuição e subsídios para o controle da erosão**. 1999. Tese de Doutorado.
- Queiroz Neto, J.P. **Relações entre as vertentes e os solos: Revisão de conceitos**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 12, 2011.
- Silveira, C. T. **Análise digital do relevo na predição de unidades preliminares de mapeamento de solos: integração de atributos topográficos em Sistemas de Informações Geográficas e Redes Neurais Artificiais**. Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, 2010.
- Nowatzki, A. **Utilização de atributos topográficos no mapeamento preliminar de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno (Antonina/PR)**. Curitiba, 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná
- Moore, I. D.; Gessler, P. E.; Nielsen, G. A.; Peterson, G. A. **Soil attribute prediction using terrain analysis**. Soil Science Society American Journal. v. 57, p. 443-452, 1993.
- McBratney, A. B.; Mendonça-Santos, M. L.; Minasny, B. **On digital soil mapping**. Geoderma, v. 117, p. 3-52, 2003.
- Brasil. Embrapa. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro.2008. Escala 1:600.000.

## MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AREAL GRANDE, CACEQUI / RS.

IVANIZA DE LOURDES LAZZAROTTO CABRAL<sup>1</sup>

TIÉLE LOPES CABRAL<sup>2</sup>

1 Universidade Federal de Mato Grosso – ICHS – Dep. de Geografia  
ivanizacabral@hotmail.com

2 Universidade Federal de Santa Maria – CCNE – PPGGeo  
tielecabral@gmail.com

### Resumo

O rio Areal Grande é um dos afluentes da margem esquerda do rio Ibicuí, principal eixo de drenagem da Depressão Periférica do Rio Grande Sul. Constitui uma área que apresenta algumas particularidades vinculadas à dinâmica de superfície em resposta ao seu posicionamento junto à área do alinhamento São Gabriel-Santa Maria, principal divisor dos dois eixos de drenagem na Depressão Periférica, representados pelos sistemas Ibicuí/Jacuí-nascentes do rio Vacacaí. O mapeamento geomorfológico revela a distribuição geográfica dos diferentes conjuntos das formas topográficas e a origem destas variações, servindo como subsídio para trabalhos nas mais diferentes áreas do conhecimento, em especial àqueles relacionados ao planejamento do uso da terra. Neste contexto, o trabalho apresenta o mapa das formas de relevo da bacia hidrográfica do rio Areal Grande na escala de 1:50000, sob a perspectiva do entendimento da dinâmica relacionada à infiltração e escoamento das águas pluviais, utilizando-se de informações obtidas de fotografias aéreas, mapas clinográfico e hipsométrico, e trabalho de campo. Na escala de análise adotada no trabalho foi possível definir as unidades topo de “coxilha”, superfície de dissecação, terraço fluvial, planície aluvial e voçorocas, sendo que as quatro primeiras ocupam respectivamente 49,00; 38,08; 12,37 e 0,55% da área total de 8386,05 ha da bacia em questão.

**Palavras-chave:** Bacia Hidrográfica. Areal Grande. Mapeamento Geomorfológico.

### Abstract

The river Areal Grande is one of the tributaries of the left bank of the river Ibicuí, main shaft drainage Peripheral Depression of Rio Grande do Sul. It is an area that has some peculiarities related to the dynamic surface in response to its position alignment next to area Gabriel-Santa Maria, principal divisor of two drainage routes in Peripheral Depression, represented by Ibicuí/Jacuí - springs of Vacacaí river systems. The geomorphological mapping reveals the geographic distribution of different sets of topographic form and the origin of these variations, serving as a resource for work in different areas of knowledge, especially those related to the planning of land use. In this context, the paper presents the map of the landforms of river basin Areal Grand in scale 1: 50,000, from the perspective of understanding of the dynamics related to infiltration and stormwater runoff, using information obtained from photographs Aerial clinográfico and hypsometric maps, and field work. In the scale of Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). **Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.** Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

analysis used in the work was possible to define the top units "coxilha" dissecting surface, river terrace, floodplain and gullies, and the first four occupy respectively 49,00; 38,08; 12,37 and 0,55% of the total area of 8386.05 ha of the basin in question.

**Key-words:** Basin. Areal Grande. Geomorphological Mapping.

## 1. Introdução

As questões que envolvem a produção do espaço geográfico, nas mais variadas partes do mundo, estão diretamente associadas a uma série de fatores, ligados não só ao nível de desenvolvimento dos diferentes povos, mas também aos recursos disponíveis naturais à obtenção de alimentos.

O conhecimento dos recursos necessários a determinado tipo de atividade primária, não só facilita a prática desta, como também, fornece dados à gestão dos recursos naturais, afim de que o homem tenha subsídios suficientes para o planejamento de uso destes recursos.

O processo de avaliação das unidades de paisagens, assim como a definição de uso, manejo e planejamento, torna importante a análise de como ocorrem a evolução e a adaptação dos sistemas, quando as novas condições são neles introduzidas, pois com base nos conceitos que expressam a sua dinâmica é possível obter os subsídios para avaliar as possibilidades de degradação e de recuperação do ambiente.

Neste contexto, o trabalho apresenta uma análise e representação das formas de relevo presentes na bacia hidrográfica do rio Areal Grande, município de Cacequi-RS, localizado na fronteira sudoeste do Rio Grande do Sul que, de acordo com Suertegaray (1987), corresponde às áreas onde os processos de arenização/erosão acelerada são significativos.

A escolha da bacia hidrográfica como unidade de análise e representação dos fatos geomorfológicos esteve vinculado ao procedimento de compreender a bacia sob o viés da dinâmica que dá origem às suas superfícies. Metodologicamente, nesta perspectiva, é evidente que o uso da cartografia e o nível das informações apresentadas foram atrelados à escala adotada no trabalho.



## 2. Metodologia de Trabalho

O mapa geomorfológico foi elaborado durante o desenvolvimento do projeto de mestrado, intitulado “Capacidade de uso da terra da bacia hidrográfica Areal Grande (Cacequi-RS)”, finalizado em 1998.

A bacia hidrográfica do rio Areal Grande pertence ao sistema da bacia hidrográfica do rio Ibicuí, afluente do rio Uruguai, e está situada entre as coordenadas de 29° 49’ a 29° 58’ S e 54° 30’ a 54° 38’ O, possuindo área de 8386,05 ha. Ocupa uma pequena parcela da borda sul da Bacia Sedimentar do Paraná – Depressão Periférica, constituída por estruturas rochosas da fase de sedimentação Paleozóico/Mesozóico e coberturas Terciárias, conforme definido no mapeamento do Projeto RADAMBRASIL (1986).

Morfologicamente a região apresenta relevo ondulado em forma de colinas com baixas altitudes, 80 a 160m e vertentes de rampas suaves, intercaladas por extensas planícies aluviais que se distribuem ao longo dos cursos d’água das principais bacias hidrográficas da desta parte do Estado.

Em termos climáticos, conforme a classificação de Koppen, a bacia hidrográfica estudada faz parte da área com características que determinam as condições do clima temperado chuvoso e quente. A cobertura vegetal apresenta-se diferenciada em relação a sequencia de superfícies que compõem o relevo regional. Nas “Coxilhas” onde a umidade é menor, predominam as espécies rasteiras – gramíneas dos campos limpos da Campanha Gaúcha, e nas superfícies menos drenadas, sopé de vertentes, fundo de vales, terraços e planície fluvial ocorrem às matas de galeria e capões. Na área da bacia predominam os Argissolos, Neossolos Fluvicos, Planossolos, Gleissolos, e algumas ocorrências Neossolos Quatzarênicos.

O trabalho foi desenvolvido sob uma perspectiva integrada, a partir da análise geral da área pesquisada, e evoluiu gradualmente para a análise específica das formas do relevo presentes na área em questão.

O mapa geomorfológico foi elaborado a partir fotointerpretação de fotografias aéreas pancromáticas em preto e branco escala 1:1000. As fotografias utilizadas

foram as de número 940, 941 e 942, faixa 18, disponibilizadas pelo Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria.

A fotointerpretação, feita com auxílio do estereoscópio de espelho Zeiss Aus Jena, permitiu a análise e identificação dos diferentes conjuntos de formas presentes na área da bacia do rio Areal Grande. Junto a esse procedimento também foram utilizadas informações da imagem de satélite LANDSAT, TM, bandas 3, 4 e 5, de abril 1993. O programa ArcGis 9.3 foi utilizado para a confecção do mapa final.

### 3. Resultados e Discussão

Elaborado a partir do levantamento e posterior compilação de informações interpretadas de fotografias aéreas, cartas tipográficas e levantamento de campo, o mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Areal Grande apresenta as principais unidades de formas do relevo presentes na mesma. A individualização das diferentes superfícies levou em consideração detalhes sobre as características da cobertura vegetal, do uso da terra, da presença de marcas de erosão mecânica, sistema pedológico e ordem hierárquica da drenagem, os quais se encontram sintetizados no quadro 1.

**Quadro 1 – O comportamento do registro das superfícies nas fotografias aéreas e na imagem de satélite LANDSAT.**

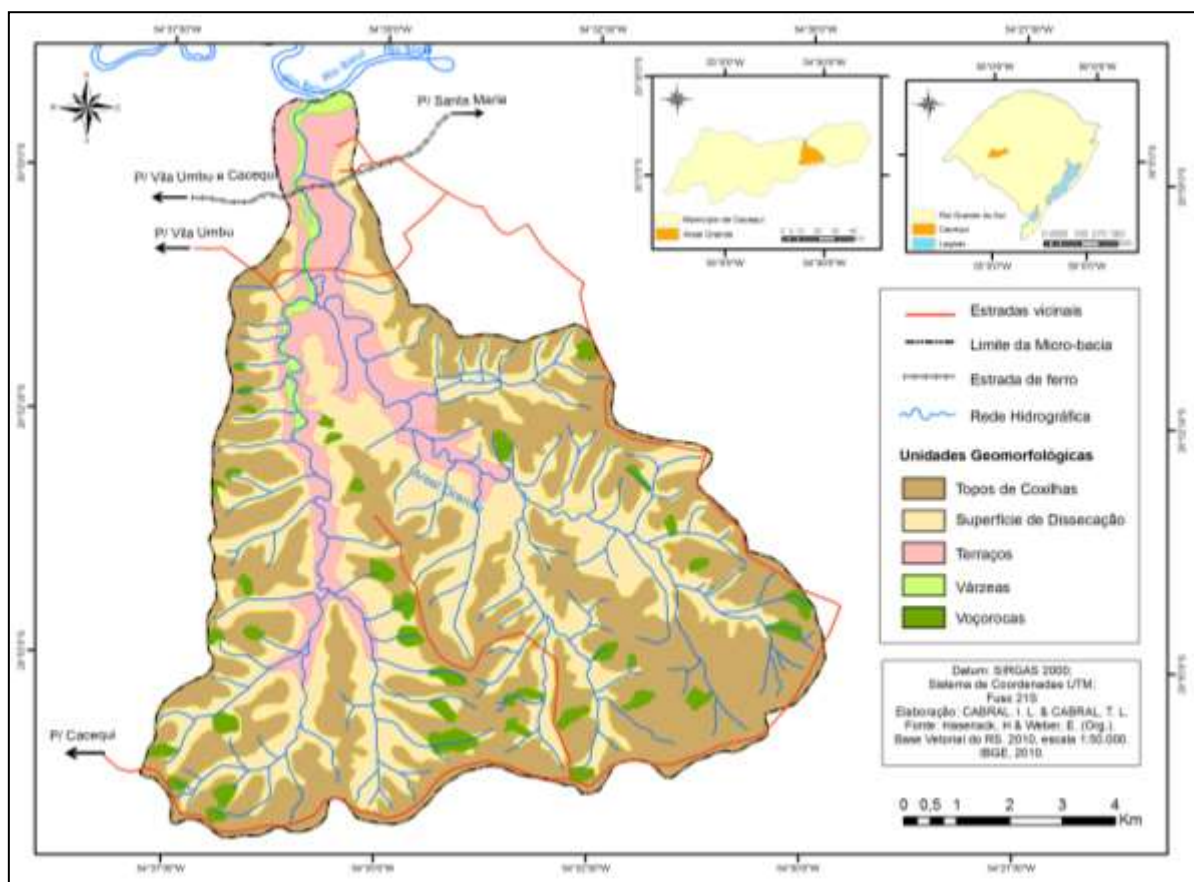
UNIDADES MORFOLÓGICAS	CARACTERISITICAS			
	FORMA	TONALIDADE	TEXTURA	LOCALIZAÇÃO
Planície Fluvial	Irregular	Cinza clara Cinza escura	Lisa e rugosa	Ao longo dos cursos d'água de maior ordem.
Terraço Fluvial	Irregular	Cinza escura	Rugosa	Ao longo dos cursos d'água de maior ordem.
Superfície de Dissecação	Irregular	Cinza média	Rugosa	Ao longo dos cursos d'água encaixados, e das "Coxilhas".
Topo de "Coxilhas"	Irregular	Cinza clara	Lisa e pouco rugosa	Nascentes dos rios. Superfície elevada ao longo dos divisores d'água.
Voçorocas	Irregular	Cinza clara Cinza escura	Rugosa	Cabeceiras dos cursos d'água e Superfície de Dissecação.

FONTE: Fotografias aéreas, imagem de satélite e trabalho de campo.

As unidades definidas no mapeamento foram os topos de "coxilhas", superfície de dissecação, terraços, planície aluvial e voçorocas, conforme representado no mapa da figura 1.

No contexto geral, as superfícies dos topos de “coxilhas” são aquelas onde se destacam as colinas “baixas” com topos convexos mantidos por material sedimentar arenoso, muito permeável, onde os processos de erosão caudados pela ação da água pluvial desenvolve duplo papel, ou seja, o de carrear material da superfície, quando em escoamento superficial, e da subsuperfície, quando a água se infiltra nos componentes arenosos, constituindo uma superfície de fragilidade ambiental.

**Figura 01: A Geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Areal Grande. Cacequi/RS.**



Fonte: HASENACK. H & WEBER. E. 2010 ; IBGE 2010.

Os indicadores para tal proposição foram o registro durante os trabalhos de campo de várias de formas rebaixadas nos topos das “coxilhas”, quando estas apresentavam considerável largura e extensão, campo de infiltração razoável em termos de área. Isso possibilitou supor que a água, ao infiltrar-se no terreno, carrega consigo material solúvel, responsável pela coesão do material arenoso, que constitui parcelas significativas das formações presentes na região. Esse processo causa uma reorganização nos componentes residuais, dando várias respostas em termos

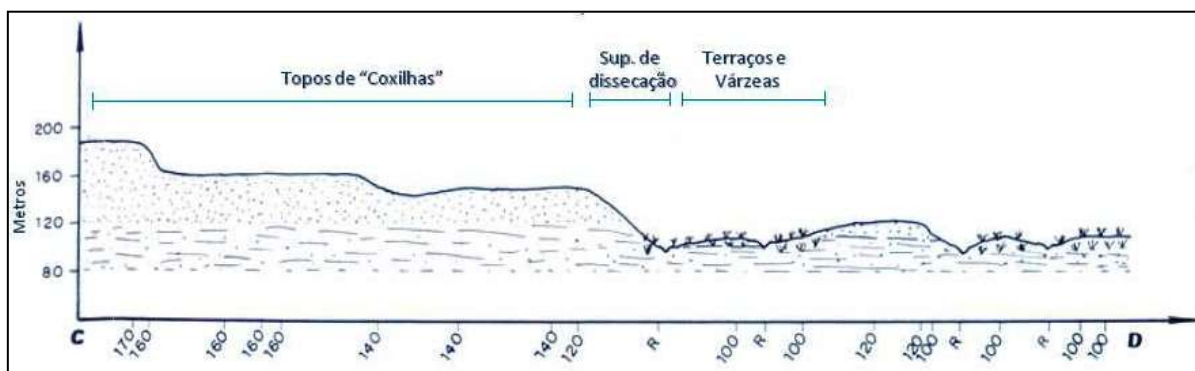
Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

de erosão dos solos e outros. Vinculado aos processos formadores dos solos, nestas superfícies se destacam os vinculados à formação dos argissolos, figura 2.

A superfície de dissecação corresponde às áreas nas quais os processos de erosão mecânica são mais intensos, resultando em voçorocamentos nas cabeceiras dos cursos de primeira ordem. As voçorocas correspondem ao estágio mais avançado dos processos relacionados à ação física dos agentes na elaboração das formas topográficas na bacia, constituindo a unidade de maior fragilidade, pois é nesta que se encontra as maiores declividades, embora no contexto geral as áreas apresentem baixos índices.

**Figura 02: Perfil topográfico do setor sudeste da bacia hidrográfica do rio Areal Grande.**

**EH: 1:50000; EV: 1:4000.**



Fonte: Levantamento em campo e carta topográfica DSG, 1:50.000.

Em relação aos processos formadores dos solos, nesta superfície ocorre um composto pedológico variável representado pelos solos do topo das “coxilhas”, solos dos terraços fluviais e afloramentos subjacentes. Os solos dos topos de “coxilhas” e os de terraços apresentam-se menos preservados e/ou desenvolvidos nesta “faixa”. Seus perfis são mais estreitos.

Estas duas superfícies são utilizadas com a pecuária extensiva e lavouras de terreno seco, como soja e milho, além do cultivo de Eucalipto.

Os terraços e a Planície aluvial são superfícies de maior estabilidade em relação às duas já referenciadas, não somente em termos de terreno – declividades baixas, como também em relação ao material que as compõem, provenientes de estruturas sedimentares contendo considerável quantidade de material fino e matéria orgânica.

Em termos de solos, são áreas de ocorrência dos Planossolos, Neossolos Aluvionares e Organossolos.

#### 4. Considerações finais

A definição das unidades morfológicas da bacia hidrográfica do rio Areal Grande tem préstimo pelo fato de apresentar resultados das formas do relevo para uma região onde a dinâmica superficial determina condições de relativa fragilidade. Por fazer parte de áreas onde os processos morfogenéticos atuantes sobre estruturas litológicas sedimentares de baixa consolidação são de grande importância para que se conheçam os mecanismos que explicam a origem e evolução das formas de relevo nesta parte do Rio Grande do Sul, em escala de maior detalhe.

Sendo assim, a determinação das unidades de superfícies da área em questão permitiu a análise dos fatos e dos fatores próprios a estes, sob o contexto mais amplo do desenvolvimento morfológico.

Enfim, o trabalho além de contribuir para o entendimento sobre a evolução do relevo nas diferentes unidades de paisagem na Depressão Periférica, também promove informações para outras áreas do conhecimento como: Pedologia, Geologia, Biogeografia e outras. Além, de oferecer parâmetros para análise de outras áreas que apresentem fatos similares.

#### Referências

- CASTRO, S. S de & SALOMÃO, F. X de T. **Compartimentação morfológica e sua aplicação: Considerações metodológicas.** Rev. GEOUSP. Nº 7. 2000.
- FACCINI, U. F. **O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul: Uma análise sob o ponto de vista das sequências deposicionais.** UFRGS – Instituto de Geociencias. 1989. Dissertação de Mestrado.
- HOLZ, M. **Do mar ao deserto: a evolução do Rio Grande do Sul no tempo geológico.** Porto alegre: Ed. Universidade. UFRGS, 1999.
- MARCHIORI, J. N. C. **Areais no Sudoeste do Rio Grande do Sul: Elementos para uma História natural.** Revista Ciência & Ambiente. Santa Maria. UFSM. Nº 5. 1992.
- RADAMBRASIL, P. **Levantamento dos Recursos Naturais.** Rio de Janeiro: IBGE, 1986.
- ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados.** Revista do Departamento de Geografia. Nº 8, FFLCH/USP, 1994.
- SUERTEGARAY, D. M. A. **A trajetória da natureza: Um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí/RS.** São Paulo. USP-FFLCH/Departamento de Geografia. Tese de doutorado, 1987.



## DELIMITAÇÃO DAS APP'S DE TOPO DE MORROS DA BACIA DO RIO TAGAÇABA (GUARAQUEÇABA-PR) CONFORME DIFERENTES

AMANDA MACHADO DE ALMEIDA<sup>1</sup>  
EDUARDO VEDOR DE PAULA<sup>2</sup>

1 Universidade Federal do Paraná - Departamento de Geografia  
amandamachado@ufpr.br

2 Universidade Federal do Paraná - Departamento de Geografia  
edugeo@ufpr.br

### Resumo

O Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12651/12) tem entre suas finalidades estabelecer as normas, parâmetros e limites das Áreas de Preservação Permanente (APP's). A redação do Artigo 4º, inciso IX alterou significativamente as normas de delimitação das APP's referentes aos topos de morros, montes, montanhas e serras e se mostra subjetiva no conceito de elevação de terreno. Assim, foram extraídas três interpretações dessas feições geomorfológicas: Interpretação 1 - Curso d'água mais baixo; Interpretação 2 – Ponto de sela horizontal (Cortizo, 2007) e; Interpretação 3 – Ponto de sela vertical. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivos comparar as três interpretações de base de elevação de terreno, por meio do uso de técnicas de Sistema de Informações Geográficas (SIG). A área de estudo adotada foi a bacia hidrográfica do rio Tagaçaba (Guaraqueçaba/PR). A Interpretação 1, com 382 topos protegidos, foi a que apresentou maior extensão de APP, com 59,87 km². A Interpretação 2 evidenciou expressiva perda de 98,59% de APP's, com apenas 11 topos protegidos, os quais somaram 0,845 km². Por fim, com a Interpretação 3 mais 2 cumes perderam proteção, totalizando somente 0,518 km² de extensão, com decréscimo de 99,14% se comparado a primeira interpretação. Diante do exposto, se faz necessário discutir a subjetividade da legislação vigente, ainda mais tendo em vista que a adoção do ponto de sela como base de elevação poderá implicar na expansão de ocupação em áreas suscetíveis à produção de sedimentos e consequentemente agravar o processo de assoreamento da bacia estudada.

**Palavras-chave:** Código Florestal Brasileiro. Áreas de Preservação Permanente. Topo de morros. Sistema de Informações Geográficas.

### Abstract

The Brazilian Forest Code (Law No. 12651/12) aims to establish the Permanent Preservation Areas (PPAs) rules, parameters and limits. The writing of Article 4º, section IX significantly changed the rules of delimitation of APP's referring to the hilltops, hills, mountains and mountain systems shown in subjective concept of terrain elevation. Thus, it was extracted three geomorphological features interpretations: Interpretation 1 - lower waterway; Interpretation 2 - horizontal saddle point (Cortizo, 2007); Interpretation 3 - vertical saddle point. In this context, this study aimed to compare the three ground lift base interpretations, through the use of Geographic Information System techniques (GIS).

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

The adopted study area was the river basin Tagaçaba (Guaraqueçaba / PR). The Interpretation 1, with 382 protected tops, showed the greatest extent of PPA, with 59.87 km<sup>2</sup>. The Interpretation 2 showed significant loss of 98.59% of PPA, with only 11 protected hilltops, which totaled 0.845 km<sup>2</sup>. Lastly, with the Interpretation 3, two more hilltops lost protection, totaling only 0,518 km<sup>2</sup> extension area, a decrease of 99.14% compared to the first interpretation. Above that, it is necessary to discuss the subjectivity of the current legislation, especially considering the adoption of the saddle point as lifting base may imply the expansion of employment in areas susceptible to sediment yield and consequently aggravate the silting process of the study area.

**Key-words:** Brazilian Forest Code. Permanent Preservation Areas. Geographic Information System.

## 1. Introdução

O Código Florestal Brasileiro é a Lei que tem entre suas finalidades estabelecer as normas de delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP's). As APP's são áreas protegidas, com a função de manter o meio ambiente equilibrado e assegurar o bem estar das populações humanas (Brasil, 2012).

Os topos de morros foram incluídos como categoria de APP a partir da Lei 4.771/65, mas somente com a Resolução CONAMA 303/02 é que foram estabelecidas normas, parâmetros e definições para sua delimitação. O Art. 4º, inciso IX, da Lei nº 12.651/12, define APP de topo da seguinte maneira: no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25º, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação.

Além de apresentar modificações nos critérios de delimitação das APP's, a lei em vigor adota o ponto de sela como base de elevação de terreno com relevo ondulado. Todavia, o Art. 3º, inciso XXIII, define que o relevo ondulado pode ser classificado como suave ondulado, ondulado, fortemente ondulado e montanhoso. Sendo assim, o conceito de base de elevação é subjetivo, pois os cursos d'água e o ponto de sela podem ser considerados como base de elevação.

O presente trabalho teve como objetivo efetuar análise comparativa das APP's de topos, delimitadas a partir de três possíveis interpretações do conceito de  
Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

base de elevação de terreno. A área de estudo selecionada refere-se à bacia do rio Tagaçaba, área de drenagem da baía das Laranjeiras, pertencente ao complexo estuarino de Paranaguá. Com área total de 290,53 km<sup>2</sup>, a bacia localiza-se integralmente na APA de Guaraqueçaba, no município de Guaraqueçaba, no litoral norte do Paraná.

## 2. Metodologia de Trabalho

O processo de delimitação das APP's de topo foi realizado em ambiente SIG, por meio do *software* ESRI ArcGIS 9.3. A base cartográfica utilizada consiste em arquivos vetoriais (*shapefile*) na escala 1:25.000 referentes à hidrografia, curvas de nível e pontos cotados disponibilizados pelo ITCG, elaborados pela DSG em 2002. A partir da base cartográfica supramencionada, também com o auxílio do ArcGIS 9.3, foi construído o Modelo Digital do Terreno (MDT) TIN Raster, do qual se extraiu as informações de declividade, necessárias à delimitação dos topos.

As três interpretações do conceito de base de topo de morros, montes, montanhas e serras, extraídas do Art 4º, inciso IX, da Lei nº12.727/12, encontram-se a seguir descritas: Interpretação 1- A base de topo consiste no curso d'água adjacente mais baixo ao redor do pico (Nowatzki *et al.*, 2010; Almeida, 2013); Interpretação 2- A base refere-se ao ponto de sela com menor distância horizontal do cume (eixo x) (Cortizo, 2007); Interpretação 3- A base é o ponto de sela verticalmente mais próximo do topo, ou seja, o ponto de sela ao redor do topo que possui a maior altitude e portanto, menor amplitude de altura em relação ao topo (eixo y).

As etapas consideradas no processo delimitação foram: 1- Identificação dos topos isolados da bacia; 2- Seleção dos picos que possuem, em pelo menos uma das suas vertentes, a declividade mínima de 25°; 3- Verificação da amplitude altimétrica, permanecendo as elevações com no mínimo 95 metros entre o topo e a base, considerando o erro padrão de exatidão cartográfica em base com escala 1:25.000 (CONCAR, 1984); 4- Cálculo das cotas dos terços superiores, através da seguinte equação implementada no *Microsoft Excel*:  $((\text{Pico} - \text{Base}) / 3) \times 2 + \text{Base}$ ; 5- Criação de um arquivo poligonal (*shapefile*); 6- Vetorização dos terços superiores;

7- Eliminação das sobreposições entre as APP's de topo delimitadas e as APP's de nascente e margem de rio, com o uso da ferramenta *Erase* (extensão *ArcToolbox*).

### 3. Resultados e Discussão

A delimitação das APP's de topo, na bacia do rio Tagaçaba, quando se considerou os cursos d'água como base de elevação (Interpretação 1), 382 elevações de terreno foram passíveis de proteção, o que resultou na maior extensão de APP's, com 59,866 km<sup>2</sup>, equivalente a 20,61% da área total da bacia.

Quando se adotou como base de elevação o ponto de sela horizontal mais próximo ao cume (Interpretação 2), a perda em extensão de topos protegidos foi expressiva, pois somente 11 topos foram delimitados, totalizando 0,845 km<sup>2</sup>. Assim, implicou no decréscimo de 98,59% ao comparar com a primeira interpretação.

Por fim, quando a base considerada foi o ponto de sela com maior proximidade vertical do pico (Interpretação 3), a área total de APP foi de 0,518 km<sup>2</sup> e mais 2 topos perderam a proteção, o que resultou na diminuição de 99,14% de extensão em proporção com a Interpretação 1 e de 61,30 em relação à Interpretação 2. Desta forma, esta última interpretação correspondeu a uma pequena porção de 0,18% da área total da bacia em questão.

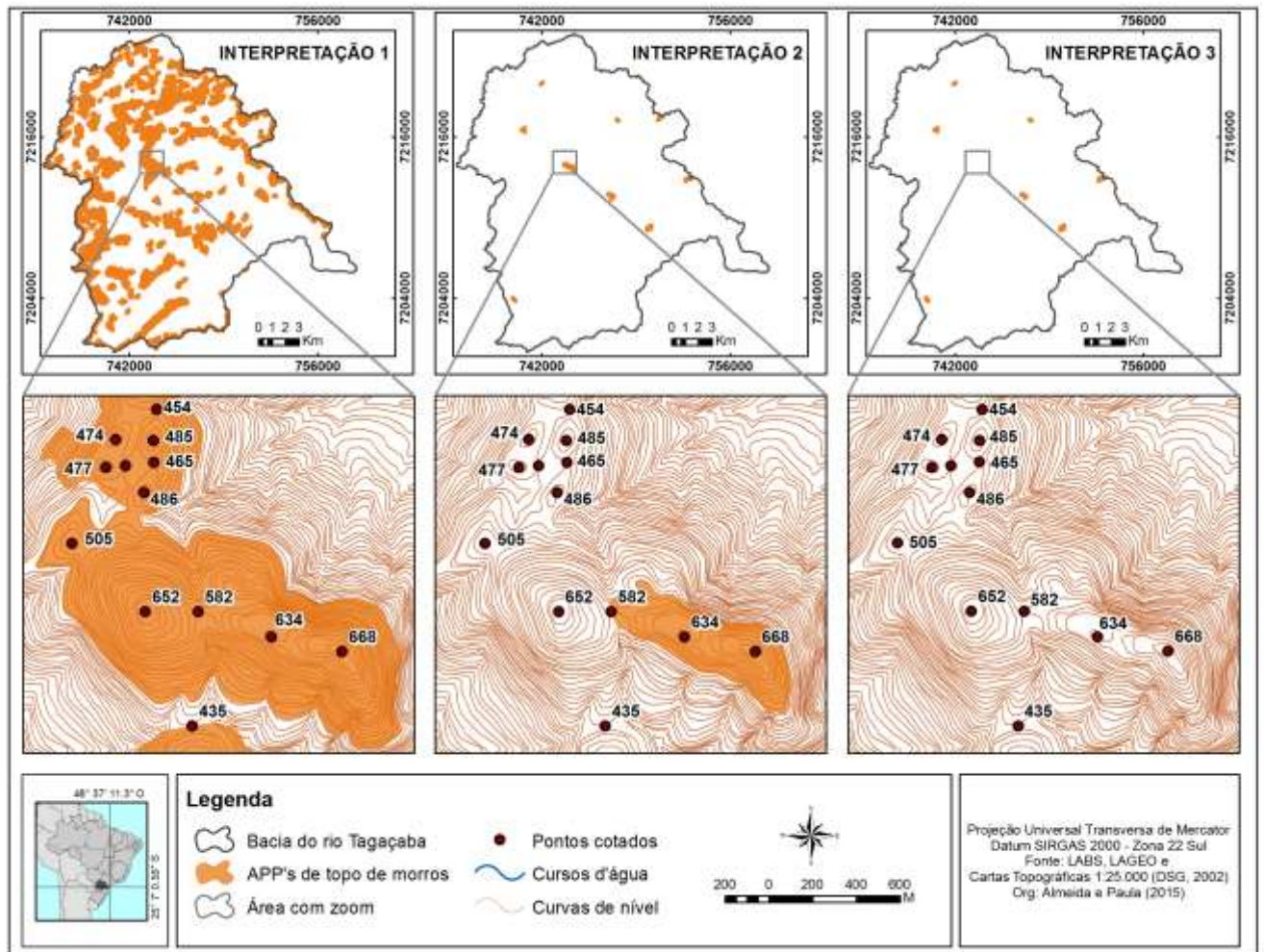
Conforme se pode observar na Figura 1, diferenças significativas ocorreram quando consideradas as três interpretações do conceito de base de elevação, tanto na quantidade de topos a serem protegidos, como na dimensão do terço superior destes topos. Estes resultados destacam que houve importante decréscimo de APP's quando a base de elevação adotada foi o ponto de sela, principalmente o vertical (Interpretação 3).

Na Figura 2 tem-se representado o perfil transversal relativo à linha de cumeadas, destacado na área de zoom da Figura 1, considerando-se as três interpretações em análise. Este perfil evidencia a redução das cotas de preservação, quando comparadas as duas primeiras interpretações e a Interpretação 3 correspondeu na ausência de APP de topo nesta porção da bacia do rio Tagaçaba em destaque.



Conforme Almeida e Paula (2014), a diferença entre os valores obtidos com as três interpretações, revela-se expressiva por dois fatores. A primeira pelo fato de os pontos de sela situarem-se mais próximos aos topos, ou seja, têm amplitude demasiadamente inferior em relação aos cursos d'água mais baixos, que geralmente encontram-se situados próximos ao sopé dos morros, conforme Figura 2.

**Figura 1: APP's de topos da bacia do rio Taçaçaba (Lei nº 12.651/12)**

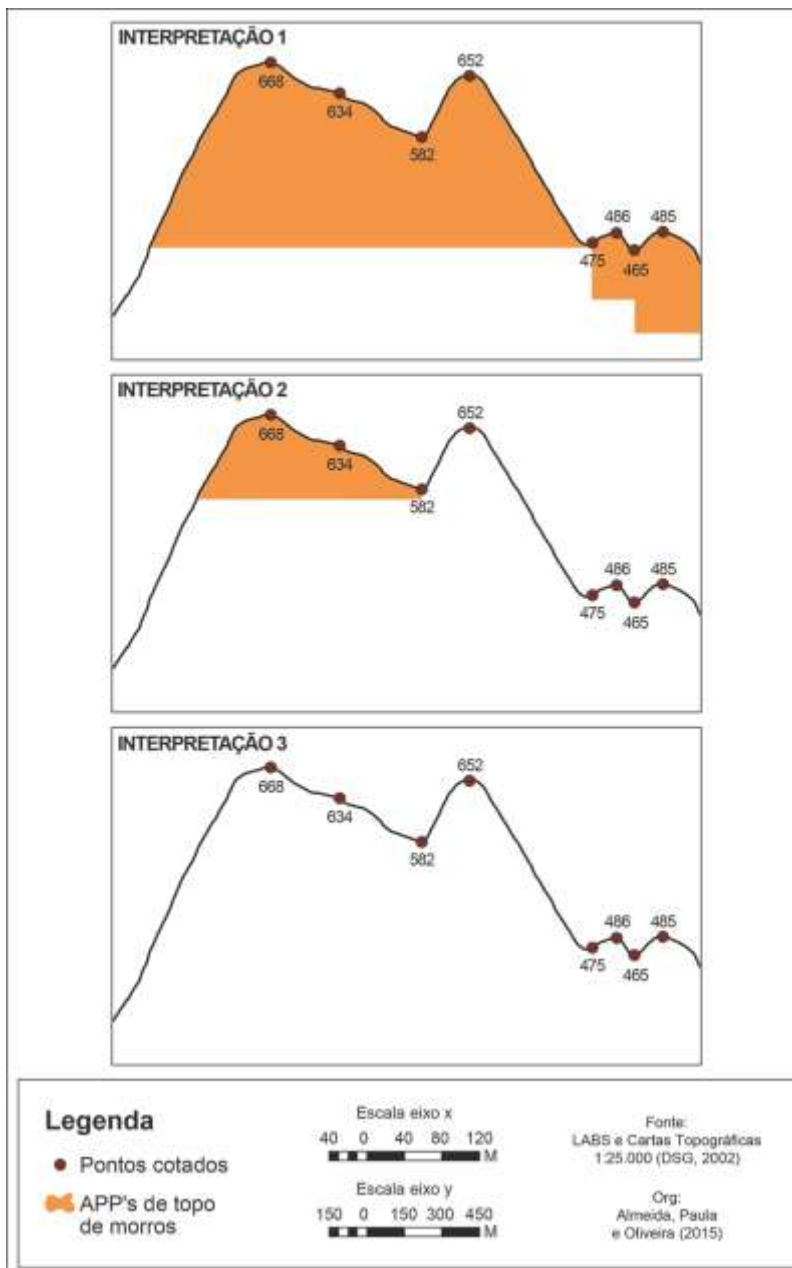


Fonte: Os autores (2015)

Sendo assim, verifica-se que a subjetividade da redação apresentada no inciso em análise, ao permitir interpretações geomorfológicas diversas, além de dificultar o processo de delimitação das APP's também pode proporcionar uma importante redução de áreas que demandem proteção, tal como ocorreu na bacia hidrográfica selecionada no presente estudo.



Figura 2 –Exemplo de APP de topo da bacia do rio Tagaçaba (exemplo)



Fonte: Os autores (2015)

Contudo, se considerada a Interpretação 1, as porções de topo ainda encontram-se recobertas por Floresta Ombrófila Densa. Entretanto, se adotadas as Interpretações 2 e 3, tem-se o risco eminente de expansão ainda maior da implantação de pastagens voltadas à criação búfalos e reflorestamento de palmito, juntamente com ocupação populacional (UFPR, 2014) em ambientes suscetíveis, o

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

que certamente implicará no aumento da produção de sedimentos e resultará na intensificação do processo de assoreamento do rio Tagaçaba e por conseguinte, do complexo estuarino de Paranaguá.

#### 4. Considerações Finais

As mudanças no Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/12), relacionadas ao aumento da amplitude mínima entre a base e o topo de morros, montes, montanhas e serras para 100 metros, além da extinção da categoria de APP referente às linhas de cumeadas, implicaram em significativo decréscimo das áreas de topo protegidas.

Entretanto, a redação desta nova Lei é subjetiva e está sujeita a diferentes interpretações, que podem permitir a redução, ainda maior, das áreas de preservação e provocar futuros impactos negativos. Já que quando o ponto de sela foi considerado (Interpretações 2 e 3) identificou-se diminuição em mais de 98% das porções de cumes da bacia do rio Tagaçaba, se comparada à primeira interpretação que contemplou os corpos hídricos adjacentes.

Diante do exposto, recomenda-se que profissionais da geografia discutam e apresentem contribuições à redação da legislação vigente, com o intuito de se obter maior objetividade e clareza, quanto à interpretação e delimitação da categoria de APP em questão.

#### Referências

- Almeida, A. M. Análise das Áreas de Preservação Permanente de Elevações de Terreno na Bacia do Rio Sagrado (Morretes - PR): Modificações e Diferentes Interpretações do Código Florestal Brasileiro. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Geografia) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- Almeida, A. M.; Paula, E. V. Delimitação das Áreas de Preservação Permanente de Topo de Morros, Montes, Montanhas e Serras na Bacia do Rio Sagrado (Morretes - PR), Conforme Diferentes Interpretações do Código Florestal Brasileiro. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 10., 2014, Manaus. **Anais** ... Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2014.
- Brasil. Lei Federal nº 4771/65, de 15 de setembro de 1965, alterada pela Medida Provisória nº 2.166 – 67, de 24 de agosto de 2001. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2001.
- \_\_\_\_\_. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, alterada pela Lei 12.727, de 17 de outubro de 2012. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2012.
- \_\_\_\_\_. Resolução do CONAMA 303, de 20 de março de 2002, Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2002.

Concar (Comissão Nacional de Cartografia). Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Brasília, DF. Congresso Nacional, 1984.

Cortizo, S. P. Topo de Morro na Resolução CONAMA nº 303, de 20 de Março de 2002. 2007. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/FBF21C00/TopoMorroResolucaoCONAMA3031.pdf>>. Acesso em 20/03/2014.

Nowatzki, A.; Santos, L. J. C.; PAULA, E. V. Utilização do SIG na Delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP's) na Bacia do rio Sagrado (Morretes/PR). **Revista Sociedade & Natureza**, Urbelândia, 22 (1): 121-134, abr. 2010.

UFPR (Universidade Federal do Paraná). Departamento de Geografia. Diagnóstico de subsidio ao Plano de Manejo da APA Federal de Guaraqueçaba: Etapa Tagaçaba. Curitiba: UFPR / ICMBio, 2014. 150 p. Relatório técnico. Publicação disponível em formato digital.

## DINÂMICA HIDROGEOMORFOLÓGICA EM BACIA DE DRENAGEM DE VEREDA – MG

WALTER VIANA NEVES<sup>1</sup>  
CRISTINA HELENA RIBEIRO ROCHA AUGUSTIN<sup>2</sup>  
FÁBIO SOARES DE OLIVEIRA<sup>3</sup>  
PAULO ROBERTO ANTUNES ARANHA<sup>4</sup>  
1 Universidade Federal de Minas Gerais  
walterviana@yahoo.com.br  
1 Universidade Federal de Minas Gerais  
chaugustin@ymail.com  
1 Universidade Federal de Minas Gerais  
fabio\_solos@yahoo.com.br  
1 Universidade Federal de Minas Gerais  
aranha1941@gmail.com

### Resumo

Os fluxos de água nas veredas consideradas como ecossistema ou subsistema do Cerrado e importantes afluentes do rio São Francisco no estado de Minas Gerais, são apontados como resultante da exsudação do nível freático regional por diversos autores. O rápido desaparecimento desse fluxo ocorrido nos últimos anos em algumas veredas levou pesquisadores a levantar hipóteses de que estes estejam vinculados a níveis freáticos suspensos, locais, formados por mecanismos de hidrogeomorfológicos ainda não totalmente compreendidos e mais sujeitos a impactos naturais e antrópicos. Resultados desta pesquisa auxiliam na compreensão desses mecanismos, a partir do estudo da vereda Peruaçu, norte de Minas Gerais. Foram realizados sete transectos transversais à calha do rio, dos quais apenas um é apresentado, com a tradagem até o freático à 18m de três perfis, na alta, média e baixa vertente, cujo material foi enviados para análises laboratoriais granulométricas e mineralógicas. Os resultados apresentam um aumento significativo da fração argila na baixa vertente e no canal da vereda, o que sugere que a migração de granulometria finas das porções mais altas e sua deposição nas mais baixas, permitem o desenvolvimento de camada impermeável, local, que poderia responder pela formação de um nível freático suspenso. No entanto, não se descarta a possibilidade de que tal acumulação esteja associada às variações granulométricas das camadas horizontalizadas dos arenitos do Grupo Uruçua.

**Palavras-chave:** Veredas. Níveis Freáticos Suspensos. Mecanismos de Desenvolvimento.

### Abstract

The water flow in veredas that are considered as an ecosystems or subsystems of the Cerrado and important tributaries of the São Francisco River is pointed by several authors as resulting from the exudation of the regional water table. The rapid drying out of the water flow in same veredas in the last years let some researchers to formulate the hypotheses that the flux maintenance is related to the presence of perched water tables more susceptible to human and natural impacts. The main objective

of the research is to provide a better understanding in the development of mechanisms involved in the hidrogeomorphology feedback system of the Peruaçu River, in the north of Minas Gerais. Seven regolith profiles perpendicular to the water channel taken at the high, middle and lower slopes were opened with the help of 18m mechanical auger, and sent for granulometric and mineralogical analysis. The results show a significant concentration of clay in the lower slope, and river' channel, what can be interpreted as possible migration of the finer soil fractions from the upper to the lower portions of the slope. However, it is not excluded the possibility that this concentration is due to the variation of the sandy proportion at different layers of the underlying sandy rocks structure from the Urucuia Group.

**Key-words:** Veredas. Perched Water Tables. Development Mechanisms.

## 1. Introdução

Um número representativo de afluentes do rio São Francisco, em seu trecho no estado de Minas Gerais, é formado por veredas. Consideradas por alguns como ecossistemas ou mesmo subsistemas do cerrado (Augustin et al., 2009; Ribeiro, 2010), estas também constituem sistemas de drenagem com cabeceiras bem definidas, e corpos hídricos responsáveis pela abertura de vales (Boaventura, 1981, 2007; Augustin et al., 2009, Aranha e Augustin, 2012). Apontados como resultante da exsudação do freático (Boaventura, 1981). Esses sistemas ainda não têm totalmente desvendados seus mecanismos de retroalimentação (Augustin et al. 2009). Eles são normalmente associados ao afloramento do nível freático em porções mais deprimidas do relevo, que interceptam a água entre duas camadas de rochas com permeabilidades diferentes, induzindo o fluxo hidráulico a convergir para essas áreas. Esse modelo implica na presença de um nível freático regional, levando a se assumir que possíveis efeitos dos impactos negativos na recarga do freático em veredas específicas possam, eventualmente, ser corrigidos.

Augustin et al. (2009) levantaram a hipótese de que os fluxos superficiais em algumas dessas veredas sejam aquíferos suspensos, ou *perched water-tables*. Este seria, segundo Augustin (2012), o caso específico do rio Peruaçu, um dos afluentes da margem esquerda do rio São Francisco, cuja bacia abriga dois importantes parques: o Estadual Veredas do Peruaçu, e o Nacional Cavernas do Peruaçu (Figura 1.1). De acordo com a autora, a desconexão com o nível freático regional, teria se desenvolvido de maneira natural, decorrente da intensa dissecação

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>



promovida pelos dois cursos de água que com ele fazem limite: o do rio Pandeiro, localizado a sua direita e o rio Cochá, à sua esquerda. Eles apresentam vales mais encaixados que o do rio Peruaçu, o que possivelmente levou ao rebaixamento local do nível freático regional, processo que aparentemente já vem ocorrendo, pelo menos, desde o início do Holoceno.

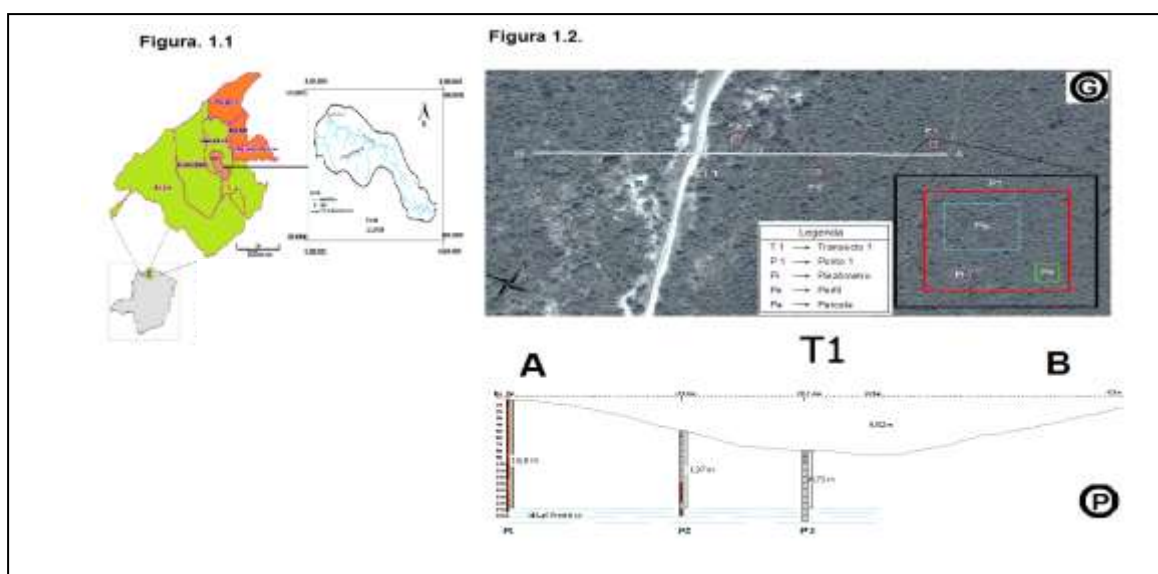
Também foi levantada pelos últimos autores citados, a possibilidade de que a espessura das acamadas areníticas dos Grupos Urucuia e Areado em algumas áreas seja mais delgada, favorecendo a dissolução das rochas carbonáticas do Grupo Bambui, o que, eventualmente, levaria à captura do nível freático em áreas ainda cobertas por rochas siliciclásticas. Em qualquer uma das hipóteses, os rios aparentemente desenvolveram mecanismos de manutenção de níveis locais, ou seja, níveis freáticos suspensos, o que garantiu até recentemente a presença de água nessas depressões/vales, fundamental para a preservação dos ecossistemas e de várias comunidades de pessoas que dela dependem para sobreviver.

Esta pesquisa procura contribuir para uma melhor compreensão dos mecanismos hidrogeomorfológicos envolvidos neste processo. Ela é fundamental para que políticas públicas possam ser conduzidas com base em conhecimento que leve à preservação ambiental das veredas como ecossistemas, e também da população economicamente dela dependente. Isto, porque a ocorrência de níveis freáticos locais significa maior fragilidade na manutenção da água nessas depressões, uma vez que mesmo que o nível regional tenha plena recarga, ele não se encontra localmente disponível. Uma vez afetadas por impactos antrópicos, ou mesmo naturais, a água nas veredas tende a secar, ameaçando a continuidade dos ecossistemas e das comunidades de pessoas que dela dependem para a sua sobrevivência (Augustin et al., 2009). A bacia do rio Peruaçu, com aproximadamente 110Km<sup>2</sup>, drena os municípios de Januária, Cônego Marinho e Bonito de Minas no norte do estado de Minas Gerais (Figura 1.1; 1.2).

Enquanto cerca de 2/3 da sua área à montante e meio curso apresenta substrato rochoso formado por rochas sedimentares areníticas do Grupo Urucuia, do Cretáceo (Iglesias e Uhlein, 2009), seu terço inferior, a jusante, corre sobre terreno de rochas carbonáticas do Grupo Bambui, do Neoproterozóico.

Essa variação litoestrutural tem efeito direto sobre o relevo da bacia. No domínio das rochas siliciclásticas predominam os planaltos de relevo ondulado, recortados por vales ocupados por veredas, nas quais se destaca a presença do “buriti” *Mauritia flexuosa*, e pelo cerrado nas vertentes. Nas áreas de rochas carbonáticas, desenvolve-se relevo cárstico com a presença de cavernas e drenagem subterrânea (Augustin e Maia-Rodrigues, 2012) e pela presença do Cerrado e da Floresta Estacional Decidual (Mata Seca).

**Figura 1.1 e 1.2 – Localização da área de estudo e transecto analisado**



O clima apresenta temperatura média anual de 24,6°C, sendo a máxima média de 30,9°C e a mínima média 18,3°C, precipitação média anual de 846 mm, com uma estação seca de abril a setembro, caracterizada por déficit hídrico acentuado, e de outra, chuvosa, de outubro a março (Viotti, 2013).

## 2. Metodologia de Trabalho

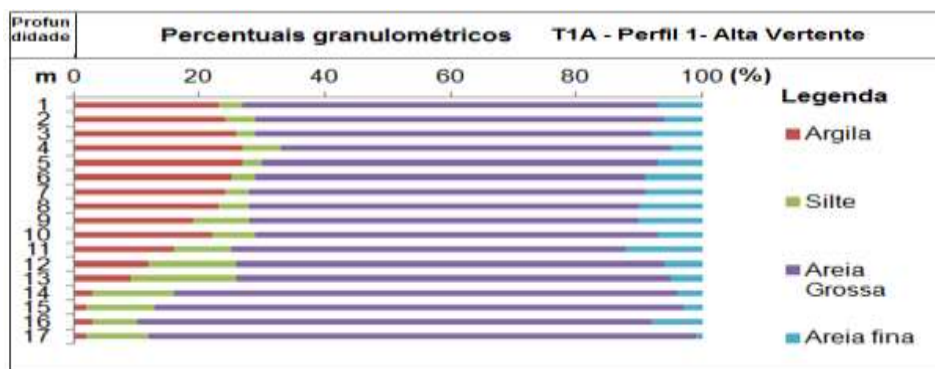
Pelo menos três perfis foram abertos da alta até a baixa vertente ao longo de sete transectos transversais à calha vereda Peruaçu com o auxílio de um trado mecânico de 18m de profundidade, até que o nível freático fosse atingido. Neste trabalho serão apresentados os resultados apenas dos perfis P1, P2 e P3 do

Transecto 1 (Figura 1.1 e 1.2). Amostras coletadas a profundidades quase sempre regulares de 1m foram encaminhadas para o Laboratório do Departamento de Solos da Universidade Federal de Lavras, MG, para análises granulométricas e mineralógicas do material (Gráficos 1, 2 e 3). Para obter a declividade, foi usado um clinômetro Suunto de leitura direta e três pares de baliza de 2m, à distância regulares de 30m.

### 3. Resultados e Discussão

Os Perfis 1, 2 e 3 do regolito, localizados respectivamente na alta, meia e baixa vertente da vereda Peruaçu, ao longo do Transectos 1 na zona de cabeceira, têm uma extensão total de 245m até a calha do rio, apresentando um desnível de 8,92m entre o primeiro ponto e o último de análise (Figura 1. 2). Os resultados das análises laboratoriais dos Perfis 1, 2 e 3, indicam a predominância da fração areia em todas as profundidades em todos os perfis. Sua distribuição percentual conta, contudo, com variação vertical no próprio perfil e longitudinal, nos diferentes perfis. Há um aumento da areia grossa em profundidade principalmente no Perfil 1 (Gráfico. 1), localizado na alta vertente, coincidindo com uma diminuição da argila após os primeiros 11m (média de 24% para 21,30%), diminuição esta que se torna abrupta nos 4m mais profundos do perfil (média de 2,5%), próximos ao nível freático, atingido aos 17m de profundidade.

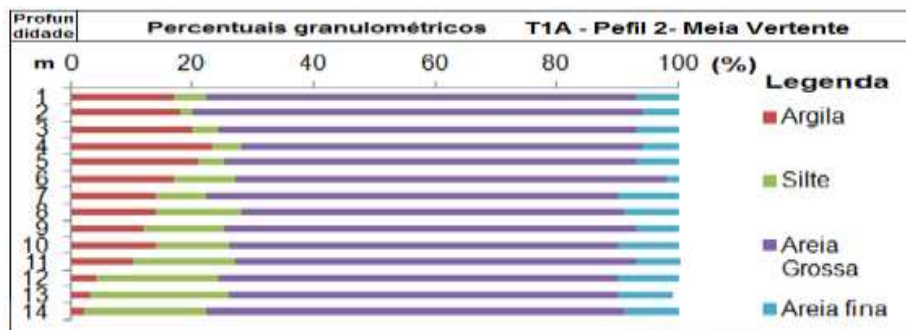
**Gráfico 1. Granulometria e mineralogia do T1A - Perfil 1 - alta vertente.**



Embora contenha percentuais menos elevados da fração argila (Gráfico 2), o P2, localizado na meia vertente, também diminui consideravelmente após os 12

primeiros metros (de uma média de 16,36%, para 2,5%), mesmo tendo menos argila do que o P1.

**Gráfico 2. Granulometria e mineralogia do T1A - Perfil 2 - meia vertente**



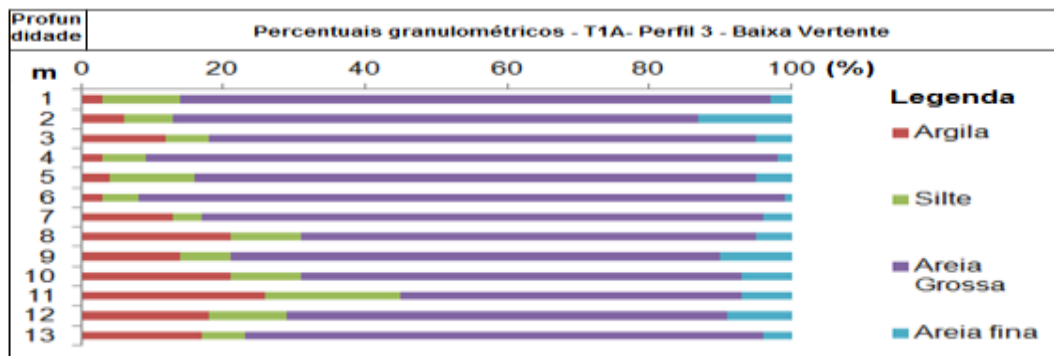
Analisados individualmente, os dados do aumento da areia, especialmente a grossa, e a diminuição da argila em profundidade em cada um desses dois perfis, poderiam ser interpretados como indicadores de intemperismo menos intenso em profundidade, e a proximidade da rocha *in situ*, menos espessa em direção ao fundo do vale do que na encosta (Figura 1.2). Mas, ao comparar os dados granulométricos dos três perfis em conjunto, é possível verificar que há aumento da argila e diminuição da areia grossa em profundidade na baixa vertente (P3), o que indica possível migração, principalmente nas camadas inferiores, mais próximas ao nível freático. Mas, ao comparar os dados granulométricos dos três perfis em conjunto, é possível verificar que há aumento da argila e diminuição da areia grossa em profundidade na baixa vertente (P3), o que indica possível migração, principalmente nas camadas inferiores, mais próximas ao nível freático. Aparentemente, essa migração sofre o efeito da variação sazonal do nível freático e indica que a argila aparentemente funciona como a camada selante, que permite a retenção da água na superfície, criando um nível suspenso de retenção de água. Essa interpretação é reforçada pela presença do mesmo tipo de argila, caulinita, em diferentes profundidades de todos os perfis.

A argila encontra-se associada a um intenso intemperismo da rocha e atinge até as porções mais profundas do regolito nesta vertente. As variações granulométricas podem estar ainda associadas às características do substrato rochoso, uma vez que se trata de arenitos dispostos em camadas horizontais. Neste caso, mais do que um mecanismo de migração e redistribuição das partículas ao longo do regolito e da

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

vertente, essa camada mais impermeável, formada por argilas predominantemente caulinitas, seria resultante de feição herdada da deposição da rocha.

Gráfico 3. Granulometria e mineralogia do T1A - Perfil 3-baixa vertente.



## 5. Conclusão

Resultados preliminares de perfis de tradagem do regolito em profundidade (18m) ao longo de uma vertente na cabeceira do rio Peruaçu, norte de Minas Gerais, apontam para a possibilidade de que o nível freático seja do tipo suspenso (*perched water table*). Os dados mostram aumento da fração argila em profundidade no Perfil três, na baixa vertente, em contraste com a diminuição desta fração em profundidade nos perfis da alta e meia vertente. Há também a possibilidade de que essa acumulação esteja associada às características litoestruturais dos arenitos do Grupo Urucuia.

## Referências

- Aranha, P.R.A.; Augustin, C.H.R.R. **Utilização do GPR para auxiliar na compreensão da evolução da paisagem: estudo de caso do Parque Estadual Veredas do Peruaçu-MG, Brasil.** In: Para Desenvolver a Terra, Sessão 4: Prospecção: entender o que não se vê. Ed. Quinta-Ferreira, M.; Barata, M.T.; Lopes, F.C.; Andrade, I.; Henrique, M.H.; P. Reis, R.; Alves, E. I. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2012. 2412 p.
- Augustin, C.H.R.R.; Melo, D.R.; Aranha, P.R.A. Aspectos geomorfológicos de veredas: um ecossistema do bioma do Cerrado, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 1, p. 103-114, 2009.
- Augustin, C.H.R.R.; Maia-Rodrigues, B.H. **Geomorphic and geologic influences in a tropical semi-humid climate ecosystem.** In: Proceedings of The American Geophysics Union Fall Meeting (AGU). San Francisco, 2012. 1p.





Territórios Brasileiros: Dinâmicas,  
Potencialidades e Vulnerabilidades  
28 de junho a 04 de julho de 2015  
Teresina - Piauí

Boaventura, R. S. **Características geomorfológicas**. In: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. 2º Plano de Desenvolvimento Integrado do Noroeste Mineiro: recursos naturais. Belo Horizonte, 1981 (Série de Publicações técnicas).

Boaventura, R.S. **Veredas: berço das águas**. Belo Horizonte: Ecodinâmica, 2007. 264p.

Iglesias, M.; Uhlein, A. Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do rio São Francisco, norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v.2, n.39, p.256-266, 2009.

Viotti, R.B. Estudo da infiltração em solos arenosos como contribuição para o entendimento da dinâmica hidrológica em áreas de veredas, alto Peruaçu-MG. 2013. 70 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Geografia. Belo Horizonte. 2013.

**Agradecimentos:** À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pelo apoio financeiro a esta pesquisa (**CRA - APQ-02211-12**); Ao Instituto Estadual de Florestas; ao Sr. João Roberto, gerente do Parque Estadual Veredas do Peruaçu.

## ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MORFODINÂMICO DO BORDO LESTE DO COMPARTIMENTO NORTE DO TABULEIRO DE FEIRA DE SANTANA-BA

JOBABE LIRA LOPES LEITE DE SOUZA<sup>1</sup>  
ROSÂNGELA LEAL SANTOS<sup>2</sup>

1 Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS  
jobabe.leite@hotmail.com

2 Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS  
rosangela.leal@gmail.com

### Resumo

O Tabuleiro de Feira de Santana se configura em uma unidade geomorfológica formada a partir dos sedimentos da deposição Barreiras. Localizada em uma zona de transição do sistema morfoclimático, a unidade possui dinâmica complexa. Neste contexto, o trabalho tem como objetivo caracterizar a morfodinâmica de uma vertente do setor norte do tabuleiro, a partir da identificação e análise dos sistemas pedológicos. Foram aplicados os métodos propostos por Dalrymple et. al. (1968) e Boulet (1988) para a caracterização e análise da vertente. Observou-se que a vertente compartimenta-se em 4 setores com dinâmicas morfopedológicas distintas, sendo os processos superficiais os principais responsáveis pela evolução da vertente.

**Palavras-chave:** Topossequência. Processos morfopedológicos. Evolução da vertente.

### Abstract

The Feira de Santana' board is a geomorphological unit formed from sediment deposition Barreiras. Located in a transitional zone morphoclimatic system, the unit has complex dynamics. In this context, the study aims to characterize the morphodynamics of a slope of the northern sector of the board, from the identification and analysis of soil systems. The methods proposed by Dalrymple et. al. (1968) and Boulet (1988) were applied for the characterization and analysis of the slope. It was observed that the concerns are compartmentalized into 4 sectors with different dynamics morphopedological characteristics, and the surface processes mainly responsible for the evolution of the slope.

**Key-words:** Toposequence. Morphopedological processes. Evolution of the slope.

### 1. Introdução

Dentre os elementos da superfície em que os pesquisadores da área de geomorfologia se dedicam a estudar, destacam-se as vertentes. A vertente é vista como a unidade fundamental da paisagem, sendo considerada uma das feições mais relevantes da superfície, tendo em vista que vários dos processos

geomorfológicos e morfopedológicos atuam diretamente sobre este compartimento (GUERRA, 2011; QUEIROZ NETO, 2002).

O Tabuleiro de Feira de Santana se configura em uma unidade geomorfológica formada a partir dos sedimentos da deposição Barreiras. A área possui características diferenciadas ao longo de sua extensão, diferenciando-se nas questões voltadas à geomorfologia, ao clima e também à sua fitogeografia, caracterizando, dessa forma, uma variação/transição de domínios morfoclimáticos, o que gera uma alta complexidade em relação aos processos que atuam na evolução geomorfológica da área. Evidencia-se a necessidade de se compreender os processos que atuam na área de estudo, tendo em vista que este conhecimento ajudará a entender a dinâmica de evolução dessa unidade, além de subsidiar ações de planejamento com viés de ocupação da área.

O trabalho aqui apresentado tem como objetivo caracterizar a morfodinâmica da vertente Leste do setor norte do tabuleiro, a partir da identificação e análise dos sistemas pedológicos, destacando o comportamento hídrico das mesmas, tendo em vista a posterior inferência da dinâmica superficial e subsuperficial. A Unidade Geomorfológica dos Tabuleiros Interioranos, também chamada de Tabuleiro de Feira de Santana, é uma formação tabular constituída por estruturas sedimentares. A topossequência selecionada está localizada em uma Fazenda, entre os distritos de Jaíba (Feira de Santana) e de Damião (Coração de Maria), a leste do setor norte do Tabuleiro de Feira (Figura 01).

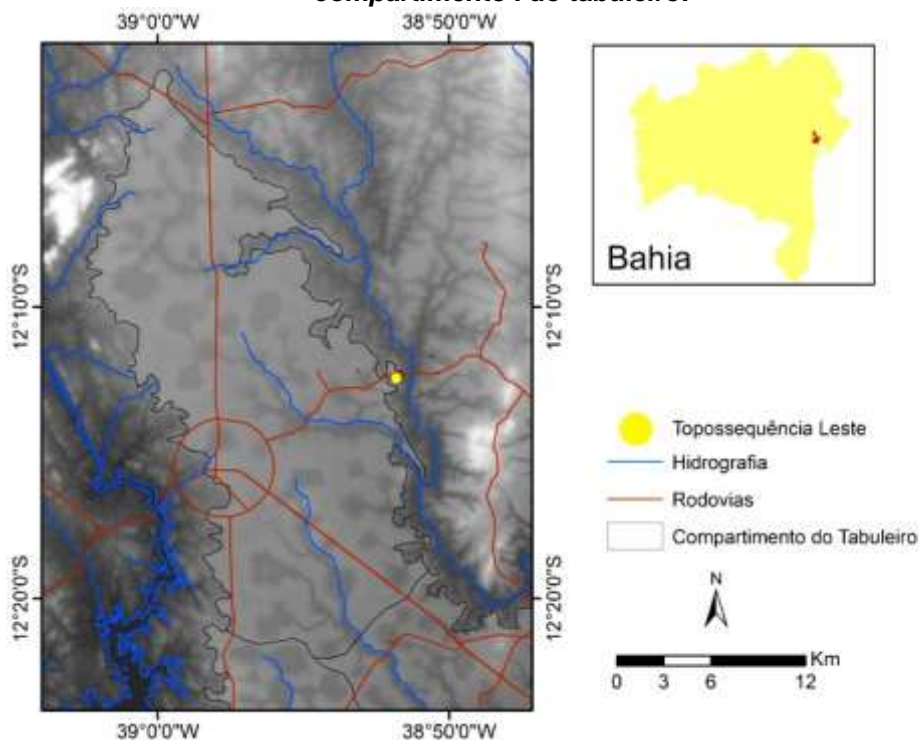
## 2. Metodologia

O método utilizado foi o da análise estrutural da cobertura pedológica, com a identificação e estudo da topossequência na área norte do Tabuleiro. As variáveis que foram utilizados para identificar os processos geomorfológicos e morfopedológicos atuantes no bordo do tabuleiro foram: o perfil vertical das vertentes, correlacionando com o modelo de vertente proposto por Dalrymple et. al. (1968); as análises morfológicas e as observações diretas realizadas em campo, seguindo a metodologia apresentada por Salomão (2007) bem como a correlação dos processos com o tipo de granulometria/textura determinada em laboratório; e a identificação e análise dos sistemas de transformações laterais de cada

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

topossequência, em uma perspectiva bidimensional, baseada na metodologia proposta por Boulet (1988).

**Figura 01: Localização da área onde foi realizada a topossequência do bordo Leste do compartimento I do tabuleiro.**



Para obter o perfil topográfico das vertentes, foi realizado com o GPS geodésico de dupla frequência, através do método cinemático do tipo *stop & go*, a coleta dos dados. Após o delineamento do perfil vertical das vertentes, foram realizadas a abertura das trincheiras para a análise dos perfis de solo, foram abertas 5 trincheiras e realizadas outras 5 tradagens para a confirmação dos limites laterais, seguindo a metodologia proposta por Boulet (1988). A caracterização e posterior subdivisão dos horizontes dos solos foram elaboradas seguindo as instruções de Santos *et al* (2013).

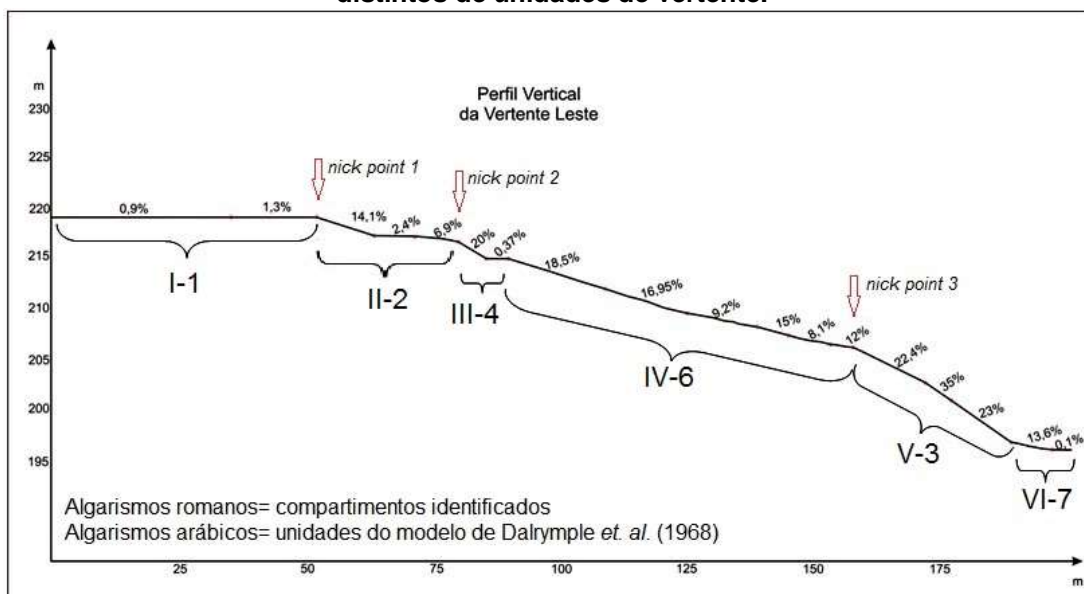
### 3. Resultados e discussões

Após o levantamento de campo, foi possível modelar a forma bidimensional da vertente do bordo do tabuleiro. A topossequência apresenta cerca de 150m de

comprimento e desnível de 22m. Foi então realizada a compartimentação da vertente segundo a proposta de Dalrymple et. al. (1968) (figuras 02).

O primeiro compartimento, topo do tabuleiro, foi classificado como unidade 1 do modelo (interflúvio). Destaca-se que essa área caracteriza-se por processos pedogenéticos associados com o movimento vertical da água. O segundo setor classifica-se como um declive com Infiltração da vertente, evidenciando-se uma modificação no fluxo preferencialmente vertical do topo do interflúvio. O terceiro compartimento caracteriza-se como a área de maior energia da vertente, sendo classificada como “escarpa”, tendo em vista sua inclinação relativamente elevada e os indicadores de processo erosivo agressivo (afloramentos rochosos e solos rasos).

**Figura 02: Compartimentação da vertente segundo o modelo teórico de Dalrymple et. al. (1968). A vertente foi dividida em 6 compartimentos, estes correspondendo a cinco tipos distintos de unidades de vertente.**



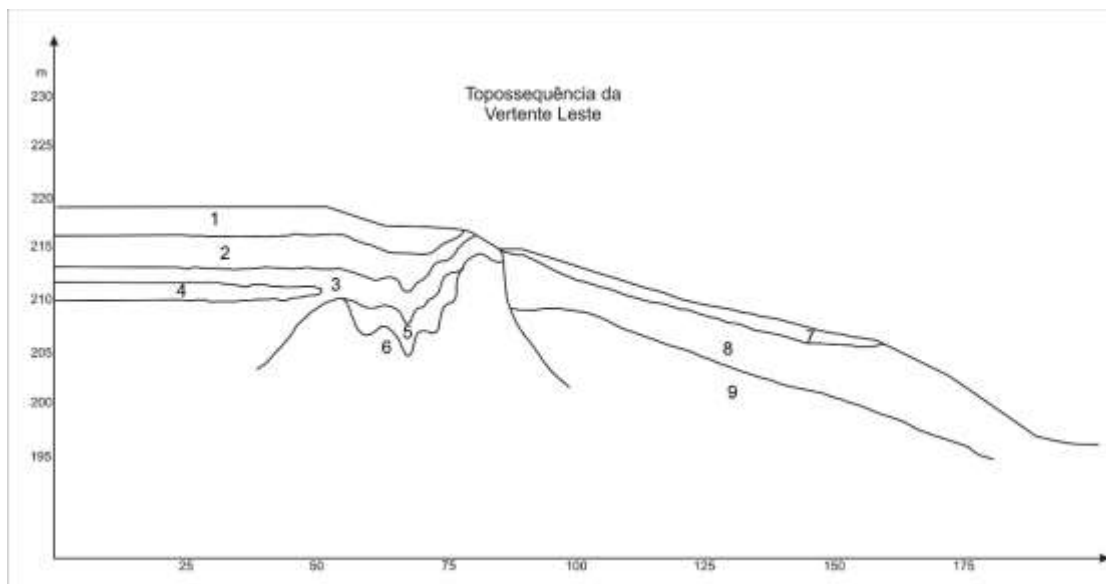
O quarto compartimento está localizado no terço médio da vertente, a declividade, somada à forma côncava do compartimento, possibilita inferir a presença de processos erosivos superficiais. No entanto, destaca-se que os sedimentos do compartimento o caracterizam como um setor coluvial, permitindo a caracterizado do compartimento como a unidade 6 do modelo de Dalrymple et. al. (1968), apresentando um transporte moderado por conta da sua forma e inclinação.



No quinto compartimento observa-se a retomada dos processos erosivos mais agressivos, inviabilizando a manutenção do colúvio do compartimento anterior. O último compartimento se apresenta como a área onde se aplicam uma dinâmica diferenciada, sendo considerada a área de influência da dinâmica fluvial (nos momentos em que há vazão).

A figura 03 apresenta a topossequência elaborada após a identificação e caracterização dos volumes pedológicos. Foram identificados 9 volumes pedológicos distintos ao longo do sistema, estes distinguindo-se no tocante as suas características morfológicas e texturais.

**Figura 03: O modelo apresenta os sistemas de transformação laterais identificados na vertente, destacando-se os 9 volumes pedológicos classificados.**



O primeiro volume se apresenta como um solo de textura franco-argilo-arenoso, com espessura variando entre 22 e 25 cm, a coloração varia de acordo com a presença de matéria orgânica, originado da vegetação do local, podendo então ser percebido em algumas partes uma coloração mais escurecida, como observado no perfil 02, a estrutura do solo é predominantemente formada por blocos angulares e subangulares de portes médio e pequenos, no entanto observa-se também a presença de grânulos formando a estrutura. Com base nas características pode-se deduzir que tal horizonte apresenta uma dinâmica hidrológica que permite a

infiltração da água com certa facilidade, possibilitando a caracterização do fluxo como predominantemente vertical.

O movimento vertical da água no topo do tabuleiro tem continuidade no segundo volume pedológico da vertente. Tal massa apresenta uma espessura média de 20 cm, e uma textura relativamente mais argilosa (aumento de cerca de 8% em relação a anterior), classificando-se como um solo de textura argilo-arenosa, não apresentando características morfológicas suficientes para mudar o fluxo preferencialmente vertical da água.

O volume 03 do solo se apresenta como uma área de maior concentração de argila, o que definiu a sua textura e indicou um pequeno gradiente textural nos solos do topo da topossequência. A estrutura se apresenta uma tendência à formação de blocos angulares e subangulares de tamanhos médios e pequenos, no entanto, é perceptível a mudança para uma estrutura com característica maciça, distinguindo-se da anterior neste quesito. O volume 04 se apresenta como um horizonte formado a partir da evolução do volume 03. Localizado entre 55 e 70 cm, tal horizonte distinguiu-se devido, principalmente, a consistência e estrutura diferenciada. O horizonte apresenta estrutura maciça, com tendência a formação de blocos e uma consistência muito dura, quando seco e firme, quando úmida, apresentando uma dificuldade relativamente maior de sofrer penetração da faca na análise morfológica e uma relativa fragilidade a degradação quando imerso em água. Por conta das características morfológicas e texturais, estes horizontes foram identificados como uma área que altera fluxo hídrico do solo, este que até então era predominantemente vertical, encontra uma barreira argilosa, com pouca porosidade aparente, o que favorece a movimentação horizontal da água, possivelmente formando, nesse setor, um lençol hídrico suspenso sobre o horizonte.

O volume 5 se caracteriza como um horizonte de transição típico, com textura argilosa, ocorrendo verticalmente entre o horizonte B e o horizonte C, possui estrutura com grau de desenvolvimento moderado, formada por blocos angulares e subangulares, destacando-se a presença de mosqueamento na coloração, distinguindo-se do horizonte C neste solo, por apresentar um sistema radicular alterando a estrutura do mesmo. O horizonte 6 apresenta-se como o horizonte C

típico, apresentando-se com mosqueado na coloração, além da presença de fragmentos rochosos pouco intemperizados.

O volume 7 apresenta uma espessura média de 10 cm, possui textura franco-argilo-arenoso, com estrutura formada por grânulos de tamanho médio, com grau de desenvolvimento da estrutura moderada. Tais características são associadas a uma boa porosidade, o que indica que a camada possui uma boa condutividade hidráulica. Desta forma, apesar de se localizar em uma área de declividade mediana, 13,3%, considera-se que a água nesse setor possui um movimento tendendo a verticalização. Os volumes 8 e 9 são eminentemente mais arenosos, sendo classificados como camadas de solos com textura franco-arenoso, ainda não identificada em nenhum dos horizontes. Essas camadas se iniciam a partir do limite do bordo do tabuleiro, no fim dos volumes 3 e 6, em subsuperfície, abaixo do horizonte coluvial (volume 7), e afloram a superfície no terço inferior da vertente onde, por conta da alta inclinação, caracteriza-se a área como um ambiente dominado por processos superficiais, com arraste de sedimentos a partir da erosão.

#### **4. Considerações finais**

Pode-se observar claramente a formação de quatro setores distintos ao longo da topossequência. A área do topo, onde se localizam solos bastante espessos e com textura argilosa, pedogeneizados a partir dos sedimentos do Barreiras que compõe o tabuleiro; o setor de média vertente, onde se localizam solos relativamente menos espessos de textura arenosa, formados a partir da intemperização das rochas do substrato rochoso, apresentando deposição de horizonte coluvial em superfície; o terceiro setor localizado na alta vertente, onde observa-se a transição abrupta entre os setores anteriormente descritos, destacando-se os processos morfogenéticos sendo responsáveis pela modelagem da vertente do bordo do tabuleiro, a partir do processo de “erosão remontante”, recuando o tabuleiro e degradando, inclusive, o horizonte coeso; e o setor quatro da vertente, onde observa-se a retomada erosiva na área da baixa vertente, inviabilizando a conservação do depósito coluvial.

## Referências

- BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. In: MONIZ, A.C.; FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.; FREITAS, S.S. (coords.) **Responsabilidade social da ciência do solo: e os simpósios Microbiologia do solo: só simbioses? e A importância do conhecimento da cobertura pedológica: a análise estrutural.** Campinas: SBCS, p.79-90. 1988.
- DALRYPLE, J.B.; BLONG, R.J, CONACHER, A.J. A hypothetical nine unit landsurface model. **Z.fur. Geomorphology**, Berlin, n.12, 1968.
- GUERRA, A. J. T; Processos Erosivos nas encostas. In Guerra, A. J. T; CUNHA, S. B (org.); **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 10ªed; 2011.
- QUEIROZ NETO, José Pereira de. Análise estrutural da cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa. **Revista do Departamento de Geografia**, USP nº15, 2002.
- SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In. GUERRA, A.J.T; SILVA, A.S e BOTELHO, R.G.M. **Erosão e conservação dos solos: Conceitos temas e aplicações.** Rio de Janeiro-RJ, editora Bertrand, 2007.
- SANTOS, Raphael David dos. et. al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 6 ed. Ver. Ampl. - Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

## INFILTRAÇÃO DE ÁGUA DE ESCOAMENTO EM SOLOS ARENOSOS COMO CONTRIBUIÇÃO PARA O ENTENDIMENTO DA DINÂMICA HIDROLÓGICA EM ÁREAS DE VEREDAS, PERUAÇU-MG

RENZO BUTTERS VIOTTI<sup>1</sup>

CRISTINA HELENA RIBEIRO ROCHA AUGUSTIN<sup>2</sup>

1 Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG/IGC

viotti5@hotmail.com

2 Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG/IGC

chaugustin@hotmail.com

### Resumo

Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento da infiltração da água de escoamento em solos arenosos no alto curso da bacia do rio Peruaçu, uma vereda afluyente do Rio São Francisco. Foi medida a tensiometria de solos na alta, meia e baixa vertente, ao longo de quatro delas, consideradas representativas da bacia do rio Peruaçu. Perfis de solo foram abertos, descritos e amostras para análise de granulometria e pH foram coletadas. Os resultados trazem nova interpretação que pode ampliar a compreensão da dinâmica hidrogeomorfológica em veredas, pois mesmo apresentando solos arenosos, normalmente considerados propícios à infiltração da água, estes apresentam valores que indicam ocorrência de percolação lenta, e, em alguns casos, o impedimento da infiltração. Isto pode estar vinculado à grande porosidade dos solos que facilita sua aeração, mas que pode promover resistência inicial à infiltração e percolação da água. No entanto, os valores mais baixos de percolação da água nas baixas vertentes indicam a possibilidade de que ocorra uma saturação sazonal desses solos pelo nível freático, dificultando a infiltração e percolação da água de escoamento. Embora não conclusivos, os dados sugerem que vários elementos biofísicos podem estar envolvidos nos mecanismos de infiltração e percolação da água, em especial aqueles associados à evolução geomorfológica da bacia. Também foi observado que as características dos solos, da cobertura vegetal e a intensidade da ação antrópica interferem nos dados obtidos.

**Palavras-chave:** Veredas. Tensiometria. Nível freático.

### Abstract

This paper aims to evaluate the infiltration behavior of the runoff in sandy soils at the upper Peruaçu River basin, a vereda that is a tributary of the São Francisco River. Tensiometry was measured in soils at the high, middle and lower slopes along 4 transects considered representative at the Peruaçu River. Soil samples for granulometry and pH were taken and the profiles described. The data supplies new interpretation which is useful to subsidize the understanding of the hydro-geomorphological dynamics in the vereda. The infiltration is slow in these sandy soils, usually considered conducive to water infiltration, indicating that other factor or factors other than porosity seem to interfere in retarding the percolation time and even, in some cases, to prevent water infiltration. One of the factors can be related to the high porosity of these soils what tends to increase aeration, creating initial resistance to Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). **Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada.** Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>



water percolation. Another possible explanation is associated to the soil saturation due to the presence of relatively high seasonal water table. Although not conclusive, the results suggest that the lower values encountered at lower slopes are possibly associated to more than one biophysical element, but especially those linked to geomorphic evolution of the basin. It has also been observed that characteristics of soils, vegetation cover and the intensity of human action interfere with the data obtained.

**Key-words:** Veredas. Tensiometry. Water table.

## 1. Introdução

A importância das veredas e a grande variação de conceitos existentes demonstram o seu alto grau de complexidade como feições naturais. Para alguns, elas podem ser consideradas como uma feição geomorfológica (IBGE, 2009); para outros, como um subsistema do cerrado (FERREIRA e TROPMAIR, 2004) uma fitofisionomia (ALMEIDA e SANO, 1998; RODRIGUES, 2012); um ecossistema (SILVA, 2007); um geo-ecossistema (MELO, 2008) ou até mesmo uma feição fluvial (AUGUSTIN, et al., 2009). As veredas constituem ambientes de nascentes em diversas regiões, alimentando os cursos d'água que formam a rede hídrica local (BOAVENTURA, 2007; AUGUSTIN, et al., 2009), sendo utilizadas para projetos de irrigação, dessedentação dos animais e para utilização doméstica das populações locais. Do ponto de vista geomorfológico, estão associadas ao desenvolvimento de redes de drenagem (BRANCO, 1961; BOAVENTURA, 1981, 2007; AUGUSTIN, 2012) que sofrem efeitos dos níveis de base locais e regionais (AUGUSTIN et al., 2009). Augustin (2009b; 2012) enfatiza que a degradação deste ambiente pode resultar no possível desaparecimento de células úmidas, localizadas entre a zona de aeração e o lençol freático, com efeitos diretos na eliminação do ecossistema e, no caso do norte de Minas, na perda da contribuição hídrica de afluentes para a bacia do rio São Francisco. Através da utilização do *Ground Penetrating Radar* (GPR) e da análise de perfis de solo, Augustin et al. (2009), apontaram a possibilidade desse ser o caso da bacia do rio Peruaçu, área desta pesquisa. Os autores levantaram a hipótese sobre a existência de indícios de que esses corpos hídricos não estão interligados ao lençol freático mais profundo, e sim às células isoladas do tipo

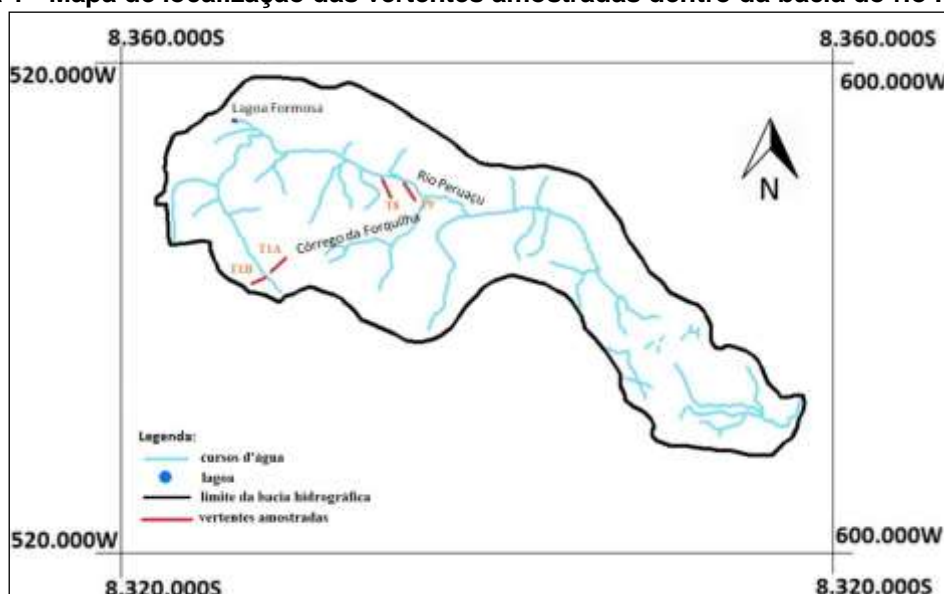
aquífero “suspenso” (*perched water table*). De acordo com eles, os impactos nestes níveis freáticos suspensos locais, poderiam resultar no desaparecimento ou redução do fluxo de água, com efeitos diretos sobre a preservação dos seus ecossistemas.

Diante dessa possibilidade, tornam-se necessárias a realização de pesquisas que possam aprofundar a compreensão de como a dinâmica hidrogeomorfológica das veredas ocorre, a partir da análise da infiltração e percolação da água de chuva, que constitui o principal mecanismo de recarga dos freáticos na região.

## 2. Metodologia de Trabalho

Foram escolhidas quatro vertentes da bacia do rio Peruaçu (Figura 1) e ao longo de cada uma delas tiradas as medidas de declividades, em intervalos regulares de 20m, com o auxílio de um clinômetro Suunto de leitura direta e 3 pares de balizas de 2m, de acordo com procedimentos de AUGUSTIN (2009, apud AUGUSTIN, 1979).

Figura 1 - Mapa de localização das vertentes amostradas dentro da bacia do rio Peruaçu.



Em cada transecto foram abertos 3 perfis de solos, na alta, meia e baixa vertente, para sua descrição de acordo com procedimentos de LEMOS et al. (2005); medidas de tensiometria de acordo com BUENO (2007); e coleta de amostras para análises laboratoriais de granulometria, pH e cálculo do  $\Delta\text{pH}$  ( $\text{pH KCl} - \text{pH H}_2\text{O}$ ).

Foram ainda estimadas as percentagens totais e por estrato da cobertura vegetal (AUGUSTIN, 1997, apud AUGUSTIN, 2009).

Os dados de tensiometria foram obtidos através da fixação de quatro tensiômetros - de 1m, 75cm, 50cm e 35cm de profundidade -, completos com água filtrada, em cada um dos três perfis abertos na primeira vertente analisada (T1A). Cada tensiômetro foi fixado a uma distância de 50 centímetros de um para o outro, de forma que cada um não influenciasse na leitura dos demais. Nos transectos T1B, T8 e T9, o mesmo procedimento foi repetido, não havendo, entretanto, a fixação dos tensiômetros de 1 metro de profundidade, devido o alto grau de compactação do solo. Após a fixação de todos os tensiômetros, foi utilizado um tensímetro com a função de determinar o potencial matricial da água, indicando uma maior ou menor velocidade de infiltração dessa água no solo. As medições de tensão foram realizadas durante duas horas, com intervalos de leitura de meia hora em cada um deles, tendo os valores obtidos registrados em tabelas previamente confeccionadas. Todos os dados foram obtidos em período de estiagem, não havendo nenhuma precipitação nos cinco dias anteriores às análises tensiométricas, segundo registro da estação meteorológica do município de Januária. Das quatro vertentes analisadas, apenas a primeira (Tabela 1) terá seus dados apresentados.

### 3. Resultados e Discussão

As quatro vertentes estudadas situam-se no alto curso da bacia do rio Peruaçu, em altitudes entre 721 m e 765 m, tendo a primeira delas (T1A), 250 metros de comprimento; a segunda (T1B), 140 metros; e as outras duas (T8 E T9) 60 metros, todas em áreas típicas do domínio das veredas. A declividade varia entre 3° e 11° e a vegetação possui cerrado no topo e média vertente e campo limpo seguido por vereda na parte mais baixa, próxima ao canal fluvial. Predominam os Neossolos Quartzarênicos.

A análise dos resultados obtidos no transecto T1A (Tabela 1), mostram que a água infiltrou com maior velocidade no perfil da alta vertente (perfil 1), apresentando maior resistência na média e baixa vertente (perfis 2 e 3), próximas ao canal fluvial. Neste caso, pode-se fazer a relação entre a proximidade do nível freático e uma

menor infiltração da água, já que a baixa vertente está mais próxima da calha da vereda, o que torna o solo mais suscetível a estar saturado.

Tendo como base as análises granulométricas da tabela 2, os dados obtidos mostram um predomínio da fração areia, normalmente associada a uma alta porosidade que tende a induzir uma maior infiltração da água de escoamento superficial, bem como sua percolação. Desta forma, era de se esperar que houvesse maior infiltração da água ao longo de todos os perfis amostrados da vertente. No entanto, aparentemente há outros fatores envolvidos nestes processos, como por exemplo, a estrutura e a consistência do solo, que também interferem na velocidade com que a água pluvial infiltra no solo.

**Tabela 1: dados de campo relativos as medidas de tensiometria dos perfis 1, 2 e 3 do Transecto TA1, na cabeceira do rio Peruaçu, MG.**

Perfis e tensiômetros (profundidade)/Hora de início das amostragens e valores obtidos (em Mbar)	12H30	13H00	13H30	14H00
Perfil 1 - Alta vertente - Tensiômetro de 1 m	85	90	92	105
Perfil 1 - Alta vertente - Tensiômetro de 75 cm	0	0	25	35
Perfil 1 - Alta vertente - Tensiômetro de 50 cm	10	30	30	35
Perfil 1 - Alta vertente - Tensiômetro de 35 cm	0	0	0	10
Perfil 2 - Média vertente - Tensiômetro de 1 m	0	5	25	59
Perfil 2 - Média vertente - Tensiômetro de 75 cm	0	0	15	40
Perfil 2 - Média vertente - Tensiômetro de 50 cm	0	0	5	10
Perfil 2 - Média vertente - Tensiômetro de 35 cm	0	0	10	20
Perfil 3 - Baixa vertente - Tensiômetro de 1 m	5	50	50	65
Perfil 3 - Baixa vertente - Tensiômetro de 75 cm	0	0	20	25
Perfil 3 - Baixa vertente - Tensiômetro de 50 cm	0	0	10	15
Perfil 3 - Baixa vertente - Tensiômetro de 35 cm	0	0	0	5

Pelo cálculo de  $\Delta pH$ , é possível inferir que o nível de intemperismo dos solos (Tabela 2) é maior no primeiro horizonte do perfil 1 que apresentou resultados negativos. Há possibilidade de que a porção superficial do solo seja formada por material muito alterado proveniente de porções mais altas do relevo, o que explica a ocorrência desse material com valores negativos de  $\Delta pH$ .

No transecto T1B, assim como no T1A, a água infiltrou com maior velocidade que nos transectos T8 e T9, o que pode ser explicado pelo fato do comprimento dessas vertentes serem maiores que o dobro das demais. Sendo assim, sua parte

alta e média estão mais afastadas do canal fluvial e mais distantes da zona de oscilação do nível freático.

**Tabela 2 - Resultados laboratoriais das análise das camadas de solo descritas na vertente T1A.**

Camada do solo/Dados	Areia	Argila	Silte	pH em água	pH em KCl	$\Delta$ pH
Perfil 1 (0 - 37 cm)	77%	16%	7%	4	4,04	- 0,04
Perfil 1 (37 - 68 cm)	73,30%	20,60%	6,10%	4,54	4,17	0,37
Perfil 1 (68 cm +)	70,10%	27%	2,90%	5,21	4,14	0,81
Perfil 2 (0 - 46 cm)	76,80%	20,40%	2,80%	4,49	4,2	0,29
Perfil 2 (46 - 84 cm)	81,30%	15,40%	3,30%	4,16	4,03	0,13
Perfil 2 (84 cm +)	74,10%	22,90%	3%	4,66	4,15	0,51
Perfil 3 (0 - 33 cm)	85%	12,70%	2,30%	4,08	3,92	0,16
Perfil 3 (33 - 67 cm)	80,80%	16,80%	2,40%	4,14	3,91	0,23
Perfil 3 (67 cm +)	70,20%	16,80%	13%	4,45	3,95	0,5

Na alta vertente do T1B, é possível assumir que a presença de estrutura com tendência placoidal nas primeiras camadas do solo dificulta a infiltração da água. Nas camadas mais profundas, que apresentam porosidade tubular e fissural bem desenvolvidas, a água infiltra com maior velocidade, contrariando o que foi encontrado nos outros perfis. Já na média vertente, a consistência dura dos horizontes superficiais tende a dificultar a infiltração, enquanto que nas camadas mais profundas, de consistência fraca, a água infiltra com maior velocidade. Na baixa vertente, a infiltração é maior onde a consistência do solo é mais fraca, tendo o tensiômetro mais profundo apresentando menor velocidade de infiltração da água, provavelmente devido a estrutura placoidal existente e a proximidade com a rocha matriz ou com o nível freático.

Em relação ao transecto T8, pode-se afirmar que a velocidade de infiltração da água no solo foi baixíssima ao longo da vertente se comparada com as medidas dos demais transectos. Por apresentar menor distância até o canal fluvial, é possível crer que a oscilação do nível freático tenha deixado saturadas as camadas mais profundas do solo, impedindo assim que a água dos tensiômetros infiltrasse.

No Transecto T9, localizado em uma antiga área de pastagem, hoje já recuperada, observou-se no perfil 3, mais próximo da vereda, que a água praticamente não infiltrou. Neste ponto, há um estrato vegetativo com predominância de gramíneas, com raízes mais finas e menos profundas. Embora, em geral, a existência de cobertura vegetal tenda a prolongar o contato do escoamento com a



superfície do solo, aumentando a possibilidade de infiltração, a baixa porosidade em todas as camadas faz com que a água tenha mais dificuldade de infiltrar no solo. Os tensiômetros da alta e média vertente, fixados a 50 cm de profundidade, apresentaram velocidade de infiltração de água superiores a de aparelhos fixados tanto em profundidades maiores, quanto em menores. Uma possível explicação é a consistência do material, mais dura tanto nas camadas superficiais quanto nas mais profundas, enquanto que as intermediárias possuem consistência mais solta. Duas hipóteses podem explicar a consistência mais dura destas camadas superficiais: a possibilidade do pisoteamento do gado ter compactado esta camada ou um processo de coluvionamento que também possa ter contribuído nessa compactação.

#### **4. Conclusão**

Através da tensiometria foi possível observar que, em cada umas das vertentes estudadas, diferentes processos e características interferem na velocidade de infiltração da água de escoamento superficial no solo. Com base nas observações de campo e nos dados laboratoriais, há indícios de que alguns fatores possam ter interferência direta no tempo de infiltração da água nos solos das quatro vertentes analisadas. O primeiro deles, é a consistência do material, sendo que solos de consistência mais dura dificultam o processo, enquanto os mais soltos e macios facilitam; o segundo, a estrutura com tendência placoidal do solo, que dificultam a entrada de água; o terceiro, vinculado ao pisoteamento do gado, que compacta o solo; o quarto, a baixa quantidade de raízes, que quando existentes aumentam a porosidade do solo e facilitam a infiltração e percolação da água; o quinto, a oscilação do nível freático, uma vez que os dados dos tensiômetros localizados nas baixas vertentes ou sopés, obtiveram velocidade de infiltração quase sempre inferior as das áreas de alta e média vertente. Por fim, a penetração da água através da superfície pode ser prejudicada ainda pelo entupimento dos poros causado pelo deslocamento e rearranjo das partículas finas. A textura areia franca, que teoricamente apresentaria elevados índices de infiltração, não contribuiu para que a velocidade desta fosse maior, bem como a baixa declividade e a existência de abundante cobertura vegetal que teoricamente favoreceriam este

movimento da água. Devido às condições de transmissão da água através do perfil não serem satisfatórias, a tendência é que ocorra nas vertentes analisadas grande escoamento superficial.

Este trabalho possibilitou avaliar o comportamento da infiltração da água pluvial em solos arenosos em vertentes do alto curso da bacia do rio Peruaçu, subsidiando uma melhor compreensão da dinâmica hidrológica em área de veredas.

## Referências

- Almeida, S.P.; Sano, S.M. **Cerrado: ambiente e flora**. 1ª ed. Planaltina, DF: EMBRAPA, 556p. 1998.
- Augustin, C.H.R.R.; Melo, D.R.; Aranha, P.R.A. Aspectos geomorfológicos de veredas: um ecossistema do bioma do Cerrado, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 1, p. 103-114, 2009a.
- Augustin, C.H.R.R. **Análise do escoamento superficial e subsuperficial: entendendo a dinâmica de corpos hídricos em áreas de rochas siliciclásticas**. Projeto financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (CRA APQ 01652-09). 2009b.
- Augustin, C.H.R.R. **Geodinâmica Superficial e sub-superficial no domínio das Veredas: Estudo de caso no Parque Estadual Veredas do Peruaçu-MG**. UFMG- Projeto aprovado pela FAPEMIG. 2012a. 27p.
- Augustin, C.H.R.R.; Maia-Rodrigues, B.H. Geomorphic and geologic influences in a tropical semi-humid climate ecosystem. In: **Proceedings of The American Geophysics Union Fall Meeting (AGU)**. San Francisco, 2012b. 1p.
- Boaventura, R. S. Características geomorfológicas. In: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. **2º Plano de Desenvolvimento Integrado do Noroeste Mineiro: recursos naturais**. Belo Horizonte, 1981 (Série de Publicações técnicas).
- Boaventura, R.S. **Veredas: berço das águas**. Belo Horizonte: Ecodinâmica, 2007. 264p.
- Branco, J.J.R. **Roteiro geológico de Belo Horizonte- Brasília**. Roteiro Para Excursão Belo Horizonte-Brasília, nº 15. Instituto de Pesquisas Radioativas da UFMG, Belo Horizonte (MG), 1961.
- Bueno, G.T. **Estudo do Comportamento da Água no Solo na Região de Gouveia, MG com o uso de Tensiômetros**. 1997. 181f. Monografia (Bacharelado em Geografia) - IGC/UFMG, Belo Horizonte, 1997.
- Ferreira, I.M.; Troppmair, H. Aspectos do cerrado: análise comparativa espacial e temporal dos impactos no subsistema de veredas do Chapadão de Catalão (GO). In: Gerardi, L. H. O. & Lombardo, M. A. (Orgs) - **Sociedade e Natureza na visão da Geografia**, p.135-152. Rio Claro: Programa de Pós-graduação em Geografia - UNESP; Associação de Geografia Teórica - AGETEO, 2004. 296p.
- IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Manuais Técnicos em Geociências. 1ed. 111p. Rio de Janeiro, 2009.
- Lemos, R.C.; Santos, R.D.; Santos, H.G.; Ker.J. & Anjos. L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/SNLCS, 2005. 91p.
- Melo, D.R de. **Evolução das Veredas sob Impactos Ambientais nos Geossistemas Planalto do Buritizeiro/MG**. 2008, 353f. Tese de doutorado em Geografia, Instituto de Geociências-Universidade Federal de Minas Gerais. 2008.
- Silva, T.A. **Proposta metodológica para delimitação e classificação do ambiente de veredas utilizando imagens orbitais**. 2007. 108f. Dissertação (Mestrado em geografia) Departamento de Geografia, IGC/UFMG. Belo Horizonte, 2007.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa (CRA-APQ-02211-12). Ao IEF e seu gerente (Sr. João) pela autorização da pesquisa.

## RIO PARNAÍBA: DINÂMICA E MORFOLOGIA DO CANAL FLUVIAL NO TRECHO DO MÉDIO CURSO

IRACILDE MARIA DE MOURA FÉ LIMA<sup>1</sup>  
CRISTINA HELENA RIBEIRO ROCHA AUGUSTIN<sup>2</sup>

1 Universidade Federal do Piauí

Iracildefelima@ufpi.edu.br

2 Universidade Federal de Minas Gerais

chaugustin@ymail.com

### Resumo

O rio Parnaíba apresenta uma extensão total de cerca de 1.350 Km e uma bacia hidrográfica com área de 330.020 Km<sup>2</sup>, sendo cerca de 75% no Piauí; 19% no Maranhão; e 6% no estado do Ceará. Ele tem grande importância em termos socioeconômicos para o Piauí e se destaca também por formar o nível de base regional, e o limite entre a drenagem perene do Nordeste Ocidental subúmido e a do regime temporário do Nordeste Oriental, de clima semiárido. Buscando contribuir para ampliar o conhecimento sobre sua dinâmica e a morfologia do canal em seu médio curso foi realizada uma análise tendo como base dados na literatura, mapeamentos, imagens de satélite e trabalhos de campo. Os resultados indicam que nesse trecho o rio não alcançou o seu perfil de equilíbrio, demonstrando intensa energia erosiva e de transporte de sedimentos em suspensão, principalmente nos períodos de vazão elevada, quando aumenta sua capacidade de erosão e aprofundamento do leito que se encaixa em uma falha Mesozoica, no próprio terraço aluvial e em afloramentos de rochas areníticas Paleozoicas da Bacia Sedimentar do Parnaíba, na primeira metade do trecho estudado. Observou-se que a partir desse trecho os desníveis dos degraus litoestruturais sofrem redução, o que é acompanhado pela diminuição de sua competência e aumento da sinuosidade do canal, formando meandros, planícies aluviais, barras de sedimentos laterais e centrais, com o predomínio dos depósitos de níveis, indicando que ainda conserva energia de transporte.

**Palavras-chave:** Rio Parnaíba. Dinâmica Fluvial. Morfologia do Canal Fluvial.

### Abstract

The Parnaíba River has a total length of about 1,350 km and a hydrographic basin area of 330 020 km<sup>2</sup>, with 75% of it in Piauí State, 19% in Maranhão and 6% in Ceará. This river is very important in terms of socio-economic activities of Piauí. It also contributes to the regional base level and forms the main boundary between the perennial drainage of Western Northeast sub-humid and a system to drain the East Northeast of semi-arid climate. To contribute to a better understanding of this river, the dynamics and morphology of the river channel in its middle course were analyzed, using data from the literature, maps, satellite images and field work. The results indicate that in this stretch the river has not yet achieved its equilibrium, showing intense energy that is transformed in intense erosion and sediment transport in suspension, especially in periods of high flow, when there is an increase in its capacity of deepening its channel that is embedded into a Mesozoic fault in the first half of the studied

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

stretch under its many alluvial terraces and outcrops of Paleozoic sandstone rocks of the Parnaíba Sedimentary Basin. It also has been observed that from this portion on it tends to reduce the structural steps increasing sinuosity of the channel leading to the formation of meanders, floodplains and sedimentary bars.

**Key-words:** Parnaíba river, Fluvial dynamic, Morphology of the river channel

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo dos rios é de grande importância para o entendimento da dinâmica das paisagens, na medida em que a erosão, o transporte e a distribuição dos sedimentos gerados no canal fluvial afetam toda a bacia hidrográfica (GREGORY; WALLING, 1973).

Este é o caso do rio Parnaíba, que apresenta uma extensão total de cerca de 1.400 Km e drena uma bacia hidrográfica com área de 330.020 Km<sup>2</sup>, onde se encontram cerca de 75% do Piauí; 19% do Maranhão; e 6% do estado do Ceará (RIVAS,1996). Esse rio tem grande importância em termos socioeconômicos e também se destaca por corresponder ao nível de base regional e ao limite entre a drenagem perene do Nordeste Ocidental subúmido e a drenagem de regime temporário do Nordeste Oriental, de clima semiárido. O trecho do rio estudado corresponde ao segmento entre a foz dos rios Mulato e Poti, grandes afluentes da margem direita do Parnaíba, onde se encontra a cidade de Teresina, capital do estado do Piauí. Em função desses aspectos, torna-se importante o aprofundamento sobre a dinâmica desse rio, a partir de suas feições erosivas e deposicionais. Isto, porque, partindo-se do princípio de que a geometria do sistema fluvial resulta no ajuste do canal à sua seção transversal, ela indica a relação entre descarga líquida, carga sedimentar, declive, largura e profundidade do canal, velocidade do fluxo e rugosidade do leito (CUNHA, 1998). Considerando, ainda, que a morfologia do canal tende a refletir a dinâmica do vale, esta vai gerar padrões ao longo do perfil longitudinal dos canais fluviais, classificados em três tipos básicos: retilíneo, anastomosado e meandrante (LEOPOLD; WOLMAN, 1957).

As influências tectônicas e litológicas também afetam o gradiente do canal através do desenvolvimento de níveis de base regional e truncamento do perfil longitudinal do rio, provocando alterações na disponibilidade de energia para o

trabalho fluvial, nos mecanismos de transporte da carga detrítica e na morfologia do canal (ZANCOPE; PEREZ FILHO, 2006).

Às interações entre essas variáveis, Leopold *et al.* (1964) acrescentaram a dimensão das que ocorrem em diferentes escalas tempo espaciais, uma vez que os padrões constituem formas que dinamicamente se ajustam às flutuações das variáveis do sistema fluvial por um conjunto ordenado de processos, sendo assim nomeados processos morfodinâmicos fluviais. Este é o caso das formas deposicionais nos canais fluviais. São denominadas de depósitos de canal as barras arenosas emersas dentro dos canais, cuja permanência e formas variam no tempo, podendo dar origem a barras arenosas ou praias fluviais, por ficarem emersas durante o período de vazante. Já os depósitos em nível são aqueles que se encontram submersos, formados no período de cheias por areias grossa e fina com estratificação cruzada, com aparência de ondas, que podem emergir no período de vazante. Todos eles se diferenciam das ilhas fluviais pela ausência de vegetação (NOVO, 2008).

Tendo como base este referencial, buscou-se ampliar o conhecimento sobre a bacia do rio Parnaíba, a partir da análise da morfologia do canal principal em seu médio curso, através do estudo do perfil longitudinal como base para a identificação da sua dinâmica fluvial, observando os elementos litoestruturais e o trabalho de erosão, transporte e deposição desse rio, refletidos em nível local.

## 2. METODOLOGIA

Foi analisada a dinâmica e a morfologia do rio Parnaíba em seu canal no médio curso, através de dados obtidos na literatura, mapeamentos, imagens de satélite e trabalhos de campo. A partir da delimitação da área de estudo, foram identificados os trechos com alterações mais significativas da morfologia dos canal e das suas características litoestruturais mais relevantes com base: no Mapa Geológico, escala de 1:1.000.000 (BRASIL/CPRM,2006), hidrográfico, na escala 1:250.000 (ANA,2006) e em imagem do Google Earth Profissional. O perfil longitudinal do rio foi traçado a partir da imagem *Google Earth Pro*, acompanhando o leito e identificando em quilômetros as distâncias e em metros as altitudes, na foz de cada um dos afluentes



que apresentam extensão acima de 20 Km. Esse traçado foi inicialmente feito à mão sobre papel milimetrado e depois digitalizado utilizando o *software ArcGis*. A partir da análise desse perfil longitudinal em vários trechos e de observações de campo, foi possível sistematizar, identificar e representar os tipos de depósitos fluviais, além dos elementos lito-estruturais da área ao longo do seu vale no trecho estudado.

### 3.RESULTADOS

No trecho estudado, o perfil longitudinal do rio Parnaíba (Fig. 1), tem uma extensão de cerca de 176 Km, com uma declividade média de 0,21 m/Km. Esse trecho não é, no entanto, homogêneo em termos de declividade, sendo marcado por rupturas mais acentuadas de declive no segmento mais a montante, e mais suaves em direção a jusante.

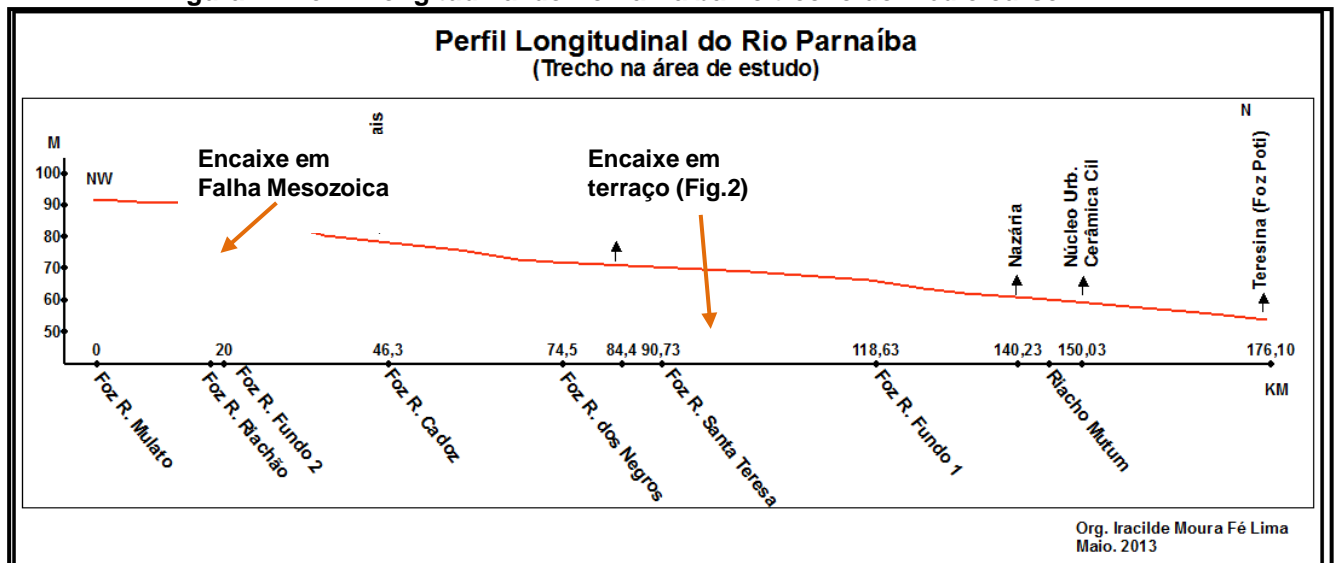
Associando o traçado desse perfil aos elementos tectônicos e litológicos, observa-se que o segmento do canal fluvial mais a montante, que se apresenta quase horizontal e se limita por uma ruptura de declive relativamente acentuada, corresponde ao percurso do rio Parnaíba que se encontra encaixado numa falha de direção SE-NW, bem marcada no relevo do entorno da cidade de Amarante, Piauí. Essa falha é identificada na literatura como decorrente da reativação dos lineamentos regionais decorrentes da movimentação tectônica mesozoica, que cruzam ortogonalmente o espaço piauiense (BIZZI et al., 2003).

Nesse ponto de maior ruptura de declive do canal do rio encontra-se localizado um pouco mais a montante da foz dos riachos Riachão e Fundo II, afluentes da margem direita do rio Parnaíba. Nesse trecho o rio Parnaíba se encaixa no seu próprio terraço formado por estreitas faixas que vão se alargando em direção à jusante, passando pelo trecho onde se localizam a foz dos riachos Riachão, Fundo 2 e Cadoz, formando patamares que variam de 3 a 6 m acima do nível do leito vazante (Fig. 2A).

A partir desse ponto as rupturas de declive ocorrem de forma mais suave, mas o padrão da morfologia do canal do Parnaíba continua semelhante, ou seja, ora retilíneo, ora com suave sinuosidade. Já nas proximidades da foz do riacho dos Negros observa-se que o encaixamento do rio Parnaíba corta rochas paleozoicas

aflorantes que compõem a formação Pedra de Fogo da Bacia Sedimentar do Parnaíba, e onde formam baixos planaltos que se encontram modelados por intensos processos erosivos, formando um forte desnível topográfico nas duas margens do rio (Fig. 3). A presença de silexitos na composição litológica dessa formação responde pela sua maior resistência aos processos erosivos (CORREIA FILHO; MOITA, 1997).

Figura 1 - Perfil Longitudinal do rio Parnaíba no trecho do médio curso



Base de Dados: Google Earth (Imagens de 25.10.2011 e 25.09.2012). Org. Lima, 2013.

Figura 2 - Seção de terraço fluvial do Parnaíba (A) e de planícies aluviais do rio Parnaíba com depósitos de canal, onde deságua o rio Poti (B).



Fonte: Google Earth (imagem de 18 jul.2011).

**Figura 3 – Blocos residuais nas duas margens do rio Parnaíba resultantes do forte entalhamento do rio nas rochas areníticas da Formação Pedra de Fogo, cujo leito atinge a Formação Piauí.**



Foto: Nunes, 2012.

Foto: Lima, nov. 2012.

Com base nas imagens de satélite e em trabalhos de campo, observou-se que no segmento da foz do riacho dos Negros para jusante, ocorre redução dos desníveis dos degraus litoestruturais e aumento da sinuosidade do canal formando meandros, planícies aluviais, barras de sedimentos laterais e centrais, mas predominando os depósitos de níveis, indicando que nesse trecho o rio Parnaíba ainda conserva uma certa energia de transporte, principalmente de sedimentos em suspensão, observada na elevada turbidez da água, mesmo nos períodos de menor vazão (Fig. 2B).

#### 4 CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa permitem concluir que o rio Parnaíba, no seu trecho do médio curso, não se encontra em equilíbrio, apresentando formas do canal diferenciadas com dinâmicas distintas em dois segmentos deste trecho:

- O segmento mais a montante desse trecho se caracteriza por maior energia erosiva e também de transporte de sedimentos em suspensão, principalmente nos períodos de elevada vazão. Isto resulta no encaixamento de parte do seu curso em uma falha de direção SE-NW, da faixa dos Lineamentos regionais reativados no Mesozoico; no seu próprio terraço aluvial; e em afloramentos de rochas areníticas paleozoicas da Bacia Sedimentar do Parnaíba;

- No segmento a jusante do primeiro, há uma redução dos desníveis dos degraus litoestruturais e aumento da sinuosidade do canal, formando meandros, planícies aluviais, barras de sedimentos laterais e centrais, mas predominando os depósitos de níveis, indicando que o rio Parnaíba ainda conserva uma certa energia de transporte.

## Referências

- BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. (Org.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003.
- BRASIL. Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Governo do estado do Piauí. **Mapa Geológico do Estado do Piauí**. Escala 1:1.000.000. Teresina: CPRM. 2ª. versão, 2006.
- CORREIA FILHO, F.L.; MOITA, J.H.A. **Projeto Avaliação de Depósitos Minerais para Construção Civil PI/MA**. Teresina: CPRM, 1997. 2 v.
- CUNHA, S.B. da. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, p. 211-252.
- GOOGLE EARTH PROFESSIONAL. Imagens. **License key: JCPMTNZCSM1VZC2**. (mar. 2012 a mar. 2013).
- GREGORY, K. J., WALLING, D. E. **Drainage Basin, Form and Process**. London: Ed Edward Arnold, 1973.
- LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; River patterns, braided, meandering and straight. U.S. **Geological Survey Professional Paper**, 282-B, p.1-85, 1957.
- LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. **Fluvial processes in Geomorphology** São Francisco: W. F. Freeman and Co., 1964.
- LIMA, I. M.M.Fé. **Morfodinâmica e Meio Ambiente na Porção Centro-Norte do Piauí**, Brasil. 2013. Tese (Doutorado). 2013, 303f. Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.
- NOVO, E.M.M. Ambientes Fluviais. In: FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008, p. 219-246.
- PIAUI. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMAR. **Plano Estadual de Recursos Hídricos: Relatório Síntese**. Teresina: SEMAR, 2010.
- RIVAS, M. P. (Coord.). **Macrozoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do rio Parnaíba**. Rio de Janeiro: IBGE, 1996. (Série Estudos e Pesquisas em Geociências, n.4).
- ZANCOPE, M.H. de C.; PEREZ FILHO, A. Considerações a respeito da distribuição das planícies fluviais do Rio Mogi Guaçu. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 7, n° 1, p. 65-71, 2006.
- Agradecimentos:** Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do IGC/UFMG/Projeto de Doutorado Interinstitucional (DINTER-UFPI/UFMG), à minha orientadora, a Prof. Drª. Cristina Helena Ribeiro Rocha Augustin e aos demais colaboradores da pesquisa. Este resumo compõe parte resultados da tese de doutorado apresentada em 2013, na UFMG.



## VARIAÇÃO TEMPORAL A SUÇÃO NO DOMÍNIO DA RIZOSFERA EM ENCOSTAS SOB DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA VEGETAL: SUBSÍDIOS AO ESTUDO DOS MOVIMENTOS DE MASSA

MARIA CLARA DE OLIVEIRA MARQUES<sup>1</sup>

ANA LUIZA COELHO NETTO<sup>2</sup>

ANDERSON MULULO SATO<sup>3</sup>

1 Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/IGEO  
mcomarques90@gmail.com

2 Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/IGEO  
ananetto@acd.ufrj.br

3 Universidade Federal Fluminense de Angra dos Reis – UFF/IEAR  
andersonsato@id.uff.br

### Resumo

No megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro, a maioria dos deslizamentos ocorreu em encostas sob fragmentos de cobertura florestal em diferentes estágios de sucessão florestal e estados de degradação. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo analisar o papel das raízes de uma floresta em estágio inicial de sucessão e de uma vegetação herbácea arbustiva no comportamento hidrológico de encostas. Os resultados preliminares mostraram uma maior densidade de raízes grossas até 50 cm na área de floresta e maior ocorrência de raízes grossas até 30 cm na área de vegetação herbácea arbustiva e maior amplitude de variação de sucção na primeira área em comparação a segunda.

**Palavras-chave:** Hidrologia. Raízes. Deslizamentos.

### Abstract

Most landslides derived from the extreme rainfall event of the Mountain Region of Rio de Janeiro, occurred on slopes under forest cover of initial secondary succession age and different stages of degradation. Thus, the objective of this study is to analyze the role of the roots of a forest in the early stages of succession and herbaceous shrub vegetation on the hydrological behavior of slopes. Preliminary results showed a higher density of thick roots up to 50 cm in the area of forest and higher occurrence of thick roots up to 30 cm in shrubby herbaceous vegetation and greater range of suction variation in the first area than the second.

**Key-words:** Hydrology. Roots. Landslides.

## 1. Introdução

O megadesastre da região serrana do Rio de Janeiro em 2011 esteve associado às chuvas intensas, causando mais de 3.500 escorregamentos e



inúmeras perdas humanas e danos materiais e ambientais. Os volumes acumulados de chuva atingiram valores perto da média mensal em menos de 10 horas, que associados ao meses antecedentes de chuva, e às condições geológicas, geomorfológicas, vegetacionais e de uso do solo, propiciaram a ocorrência dos deslizamentos de grande magnitude (Avelar, 2011; Coelho Netto, 2013).

Segundo Avelar (2011), a maioria dos escorregamentos foram do tipo translacionais rasos em encostas superiores a 30°, com superfície de ruptura em profundidades entre 0,5 e 2,0 metros, geralmente localizados no saprolito. Vários são os mecanismos de instabilização de encostas, dentre eles, o aumento da poro-pressão positiva e a perda da sucção e conseqüentemente da coesão aparente, relacionadas à saturação do solo nos eventos de precipitação, que diminuem a resistência ao cisalhamento dos mesmos (Azevedo e Albuquerque Filho, 1998; Lacerda, 2007).

Atenta-se para o fato de que mais de 60% dos deslizamentos ocorreu em encostas sob fragmentos de cobertura florestal, porém em estágios secundários iniciais e intermediários de sucessão florestal e em diferentes estágios de degradação (Coelho Netto, 2013). Diversos estudos apontam a cobertura florestal como sendo favorável a estabilização dos solos nas encostas (Greenway 1987; Guariguata e Osterta, 2000), porém pouca atenção tem sido dada ao reconhecimento do papel das raízes em diferentes estágios sucessionais, no comportamento hidrológico das encostas. A presença de raízes e de dutos formados por sua decomposição, redirecionam a água para maiores profundidades e retiram a umidade do solo pela transpiração, favorecendo o alívio da poro-pressão positiva e aumento da sucção (Nunes et al., 1992; Jansen, 2001). Além dos mecanismos hidrológicos, as raízes influenciam nos mecanismos mecânicos por diversos fatores como pelo reforço dos solos aumentando a força de cisalhamento, pela ancoragem das raízes no substrato rochoso, promovendo suporte ao manto do solo e fixação de blocos rochosos (Greenway, 1987).

Após um distúrbio, um ecossistema florestal passa por estágios de mudança até atingir um equilíbrio clímax. Os trabalhos de Hopkins et al. (1996) e Muthukumar et al. (2003) atestam que diferenças substanciais na composição de espécies, estrutura e distúrbio devem acompanhar diferenças também nos sistemas de raízes.

## 2. Metodologia de Trabalho

A análise da distribuição de raízes foi realizada a partir de trincheiras abertas na borda de uma cicatriz de deslizamento coberta por vegetação herbácea arbustiva e em uma encosta próxima com fragmento de floresta em estágio secundário de sucessão, conforme a figura 1. Ambas as áreas experimentais estão localizadas no distrito de Campo do Coelho do município de Nova Friburgo, na sub-bacia hidrográfica Córrego do Roncador.

As trincheiras foram abertas nas seguintes profundidades: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-75 cm, 75-100 cm, 100-150 cm, 150-200 cm e todas as raízes grossas foram coletadas e subdivididas nas seguintes classes de diâmetro, com o auxílio de paquímetro: 2-5 mm, 5-10 mm, 10-20 mm, 20-50 mm e >50 mm (Jansen, 2001; Fraga, 2014) e pesadas. Os dados de densidade de raízes até a profundidade de 1 m, na área de floresta foram obtidos do trabalho de Fraga (2014), que analisou o mesmo fragmento florestal em estágio inicial de sucessão (20 anos) com outro fragmento em estágio de sucessão mais avançado (50 anos).

**Figura 3- Localização das áreas experimentais. À direita área experimental 1 no fragmento florestal e à esquerda área experimental 2 na borda da cicatriz de deslizamento.**



**Fonte: Google Earth (2015) e arquivo pessoal.**

A fim de se verificar se há formação de zona de saturação em eventos extremos de chuva instalou-se sensores de matriz granular (GMS) nas seguintes profundidades: 0 cm, 20 cm, 50 cm, 1 m, 1,50 m e 2,20 m, esta última escolhida  
Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

devido à maioria dos deslizamentos translacionais na região ter ocorrido nesta zona de ruptura. Os sensores GMS detectam indiretamente o teor de umidade do solo a partir de medições da tensão da água no solo ou da sucção. Os seis sensores foram conectados ao datalogger da Watermark, cujos dados são baixados em campo e transferidos para uma planilha eletrônica. Os dados analisados compreenderam o período entre 08/01/2015 e 21/02/2015. Um pluviômetro automático também foi instalado a fim de se monitorar a chuva local.

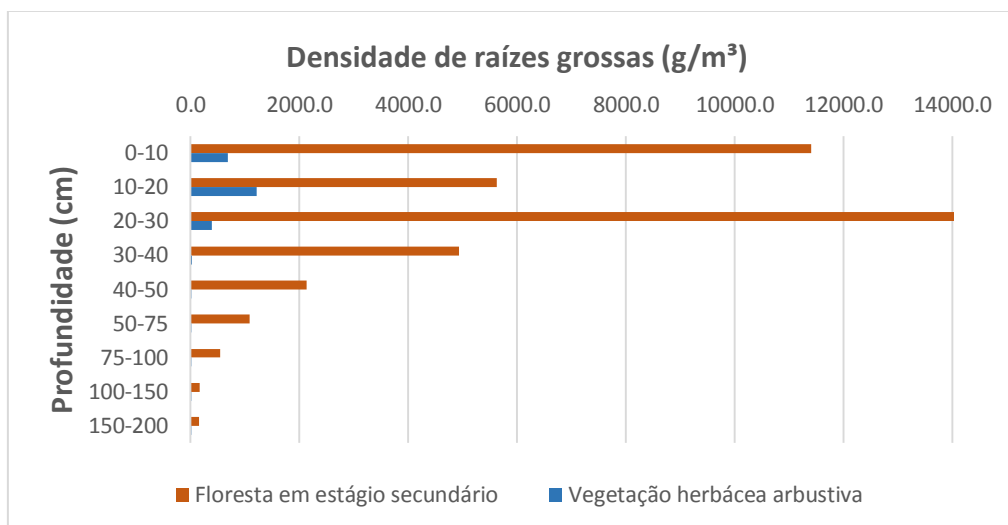
### 3. Resultados preliminares e Discussão

A biomassa total de raízes grossas, independente de profundidade e classe de diâmetro, apresentaram valores relativos bastante discrepantes de 2191,7 g/m<sup>3</sup> na trincheira da área de floresta e de 121,2 g/m<sup>3</sup> na trincheira da área de vegetação herbácea arbustiva. Segundo Fraga (2014), a maior densidade de raízes na trincheira 1 foi devido ao incremento de raízes grossas de diâmetros entre 20-50 mm localizadas principalmente na profundidade de 30 cm. Já na trincheira 2 a maior densidade e raízes grossas foi devido à raízes de diâmetros entre 10-20 mm, localizadas a 20 cm do topo do solo.

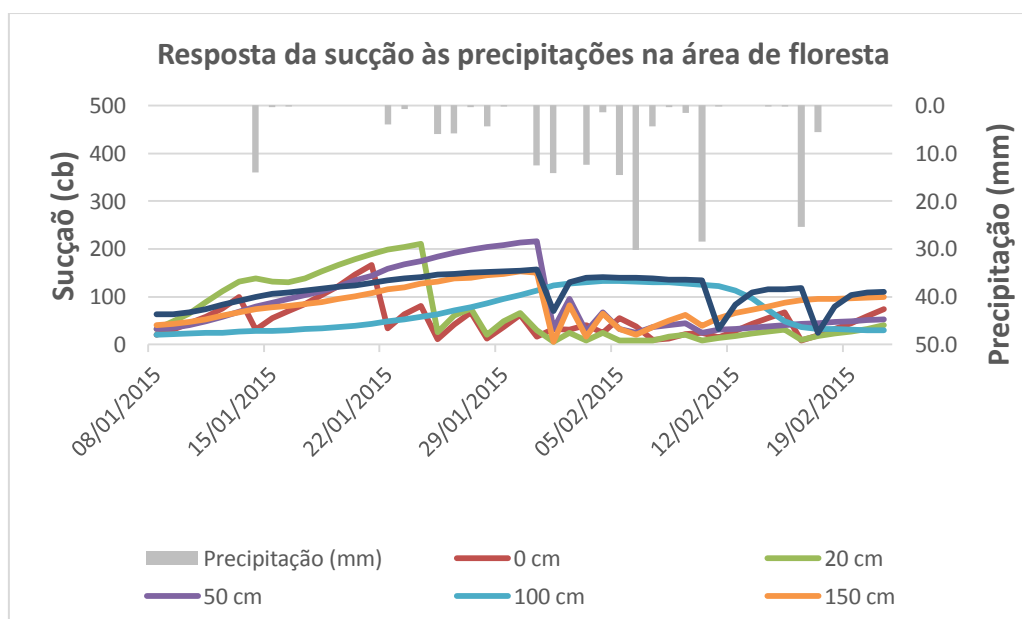
Pode-se observar claramente na tabela 1 que a zona de maior de densidade de raízes florestais localiza-se nos primeiros 50 cm de solo, enquanto que a zona de raízes de gramíneas e outras vegetações rasteiras não ultrapassam os 30 cm.

Com base nos gráficos 2 e 3 observa-se que os solos sob cobertura florestal apresentam grandes amplitudes de variações de sucção e conseqüentemente de teor de umidade até as profundidades de 220 cm. Em contrapartida, grandes variações na área de gramínea são vistas apenas na superfície do solo, muito provavelmente pelas ações da radiação solar e do vento que favorecem a evaporação. As camadas subjacentes apresentaram quase o mesmo comportamento de variação, indicando diminuições graduais da sucção do solo com aumento da profundidade nos eventos de chuva.

**Figura 4- Distribuição vertical da densidade de raízes grossas (>20 mm) nas áreas de floresta e vegetação herbácea arbustiva.**



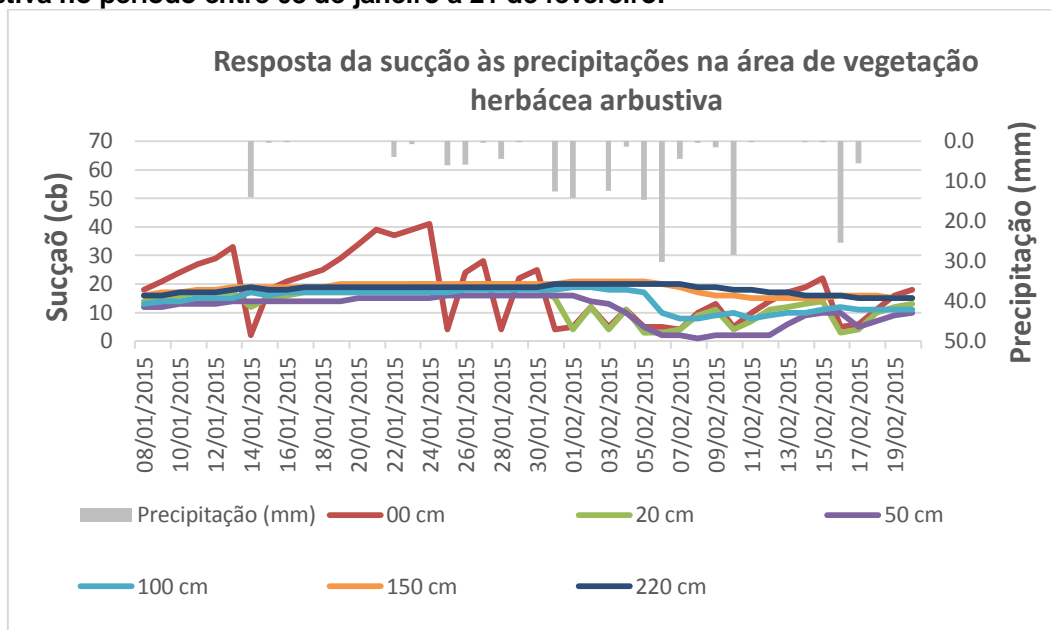
**Figura 3- Gráfico da resposta da sucção (cb) às precipitações na área de floresta no período entre 08 de janeiro e 21 de fevereiro.**



Em ambas as condições são observados que a sucção do solo diminui com as precipitações, dando lugar às poro-pressões positivas da água decorrentes da saturação do solo, mas voltam a subir quando as precipitações cessam e a água é drenada ou retirada pela transpiração (Azevedo e Albuquerque Filho, 1998; Coelho Netto, 1994). Vale ressaltar que os registros de chuvas dos pluviômetros muito se

assemelharam aos registros do Sistema de Alerta de Cheias para a bacia do Rio Córrego Dantas (INEA, 2015), com valores acumulados de chuva de 188,2 mm e 173,4 mm, respectivamente.

**Figura 5- Gráfico da resposta da sucção (cb) às precipitações na área de vegetação herbácea arbustiva no período entre 08 de janeiro a 21 de fevereiro.**



## 5. Considerações finais

Coberturas florestais bem conservadas são as melhores condições para a infiltração da água no solo, pois permitem melhor distribuição da água na superfície pela camada de serrapilheira; facilitam a infiltração pela densa malha de raízes nas camadas mais superficiais; liberam matéria orgânica, substância coloidal agregadora de partículas; aumentam a porosidade do solo; bem como favorecem a existência de macroporosidades pela atividade biológica no topo do solo e pela morte de raízes (Sloan e Moore, 1984; Coelho Netto, 1994).

Espécies arbóreas com bom desenvolvimento radicular favorecem no controle da umidade do solo, atuando principalmente no alívio da poro-pressão positiva da matriz dos solos, contribuindo para a estabilidade de encostas. Gramíneas também favorecem a infiltração da água, porém como a zona radicular possui alta densidade de raízes finas pouco profundas, além de não retirarem grande quantidade de umidade pela transpiração, geram descontinuidades hidráulicas entre as camadas de solo, favorecendo a saturação do topo e o aumento das poro-pressões positivas (Greenway, 1987; Coelho Netto, 2005).



É importante ressaltar que análise das propriedades físicas e hidráulica do solo em profundidade, bem como a determinação da curva característica de retenção de água no solo são necessárias para o melhor entendimento do comportamento hidrológico das encostas e que serão realizadas com o prosseguimento da presente pesquisa.

## Referências

- Avelar, A. S., Coelho Netto, A. L., Lacerda, W. A., Becker, L. B., & Mendonca, M. B. Mechanisms of the recent catastrophic landslides in the mountainous range of Rio de Janeiro, Brazil. **Proceedings of the Second World Landslide Forum**, vol. 3, 2011.
- Azevedo, A. A.; Albuquerque Filho, J. L. Águas subterrâneas In: Oliveira, A. M. S.; Brito, S. N. A. (org) **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, ABGE, 1998, pp. 111-130.
- Coelho Netto, A.L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (org.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil S.A., 1994, pp. 94-148.
- Coelho Netto, A. L.; Sato, A. M.; Avelar, A. S.; Vianna, L. G. G.; Araújo, I. S.; Ferreira, D. L. A.; Lima, P. H.; Silva, A. P. A.; Silva, R. P. January 2011: The Extreme Landslide Disaster in Brazil In: Claudio Margottini; Paolo Canuti; Kyoji Sassa. (org.) **Landslide Science and Practice**. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, v. 6, 2013, pp.377-384.
- Coelho Netto, A.L. A interface florestal-urbana e os desastres naturais relacionados à água nomaciço da Tijuca: desafios ao planejamento urbano numa perspectiva sócio-ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, v.16, p. 46-60, 2005.
- Guariguata, M. R.; Ostertag, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v. 148, p. 185–206, 2001.
- Greenway, D.R. Vegetation and slope stability In: Anderson, M.G.; Richards, K.S (org) **Slope stability**. New York: John Willey & Sons LTD, 1987, pp. 187-230.
- Hopkins, M. S.; Reddell, P.; Hewett, R. K.; Graham, A. W. Comparison os root and mycorrhizal characteristics in primary and secondary rainforest on an metamorphic soil in North Queensland, Australia. **J. Trop. Ecol.**, vol. 12, p. 871-885, 1996.
- Jansen, R. C. Distribuição dos Sistemas Radiculares em Encostas Florestadas e sua influência sobre a Infiltração. 2001. 118 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2001.
- Lacerda, W. A. Landslide initiation in saprolite and colluvium in southern Brazil: field and laboratory observations. **Geomorphology**, n. 87, p. 104-119, 2007.
- Muthukumar, T.; Sha, L.; Yang, X.; Cao, M.; Tang, J.; Zheng, Z. Distribution of roots and arbuscular mycorrhizal associations in tropical forest types of Xishuangbanna, southwest China. **Appl. Soil Ecol**, v. 22, p. 241–253, 2003.
- Nunes V. M.; Freire Allemão, A. V.; Miranda, J. C.; Castro Jr., E.; Coelho Netto, A. L. Sistemas radiculares e hidrologia de encostas florestadas: subsídios as análises de estabilidade. In: Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas, 1ª, 1992, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Anais. Rio de Janeiro: IMPRINTA Gráfica e Editora, 1992. Artigos, 781-797.
- Sistema Nacional de Alertas de Cheias (INEA). Disponível em: < <http://inea.infoper.net/>>. Acesso em: 10.mar.2010.
- Sloan, P. G.; Moore, I. D. Modeling subsurface stormflow on steeply sloping forested watersheds. **Water Resources Research**, vol. 20, p. 1815-1822, 1984.
- Stingel, F. J. Aspectos vegetacionais relevantes à hidrologia de floresta secundária com idades distintas: subsídios à compreensão de estabilidade de encostas. 2014. 126 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2014.

## Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao apoio do Laboratório de Geo-Hidroecologia (IGEO/UFRJ) e às agências de fomento à pesquisa CAPES, CNPq e FAPERJ que viabilizam financeiramente a execução desta pesquisa.

## ORIGEM DA MATÉRIA ORGÂNICA EM SOLOS DA PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO PARDO (SP) ATRAVÉS DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS DE CARBONO E NITROGÊNIO

ANDRÉ LUIZ DE SOUZA CELARINO<sup>1</sup>

FRANCISCO SÉRGIO BERNARDES LADEIRA<sup>2</sup>

1 Universidade Estadual de Campinas – Unicamp

andre.celarino@ige.unicamp.br

2 Universidade Estadual do Campinas – Unicamp - DGEO

fsbladeira@ige.unicamp.br

### Resumo

A planície fluvial é uma unidade geomorfológica que evolui em função dos materiais depositados pelos canais quando o volume transportado supera a altura dos diques marginais, sendo assim dependentes do regime climático, das características morfológicas da drenagem e dos sedimentos transportados. Nos sistemas tropicais os materiais depositados podem ser rapidamente alterados, gerando uma sequência de horizontes pedológicos intercalados a depósitos sedimentares, configurando um importante registro estratigráfico. Neste trabalho, dois perfis de solo foram analisados na planície fluvial do rio Pardo (SP) quanto às suas características deposicionais e os processos pedogenéticos atuantes, além da análise da matéria orgânica através da quantificação dos isótopos estáveis de Carbono e Nitrogênio, com o objetivo de verificar se houve trocas de vegetação. Os resultados mostraram que é possível identificar uma troca de vegetação nos dois perfis analisados, no entanto, no perfil 8 houve uma mudança de uma vegetação composta por árvores de porte maior para uma vegetação mais arbustiva, típica dos cerrados. No perfil 13 observou-se a ocorrência no passado de uma vegetação gramínea, típica de um clima mais seco do que aquele predominante nos dias atuais para a região, embora as concentrações de Nitrogênio possam ter sido alteradas pela atividade antrópica.

**Palavras-chave:** Planície fluvial. Isótopos estáveis. Pedogênese.

### Abstract

Floodplain is a geomorphologic unit that evolves in response to channel deposits when the discharge volume reaches the bankful height, thus, they are dependent on climatic regime, morphologic features of the drainage and river sediment load. In the tropical systems the deposits could be quickly changed by weathering, creating a sequence of soil horizons interbedded with more or less weathered deposits, configuring an important stratigraphic record. This work analyzed two soil profiles in the floodplain of Pardo River on the basis of its depositional features and weathering processes, moreover, Carbon and Nitrogen stable isotopes was quantified in order to verify if there were vegetation changes in the area. The results have shown that is possible to identify a vegetation change on both profiles, nevertheless, on profile 8 there was a change from trees to shrubs and herbs,

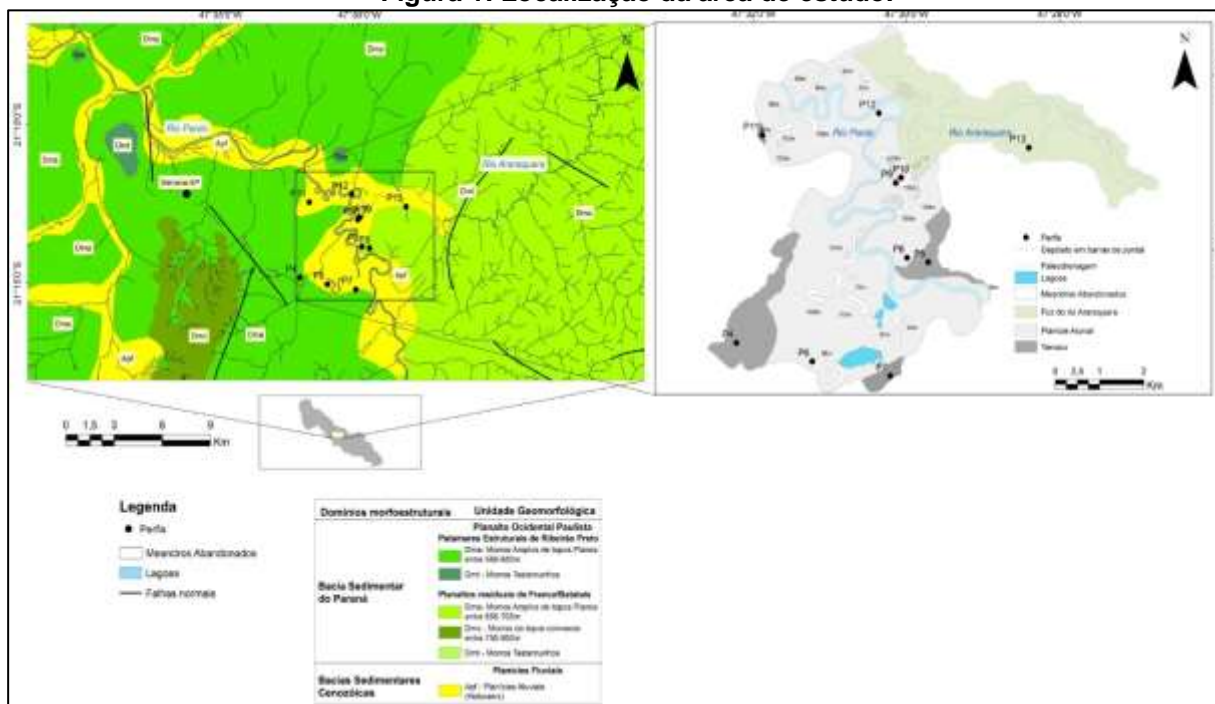
typical of the savannas. Profile 13 presented grass vegetation in the past, typical of a climate drier than current region conditions, notwithstanding Nitrogen concentration could have been changed by anthropic activities.

**Key-words:** Floodplain. Stable Isotopes. soil formation.

## 1. Introdução

As planícies fluviais formam um ecossistema caracterizado por grande dinamismo e complexidade de processos bióticos e abióticos. Nestes ambientes há uma intensa renovação dos sedimentos promovida pela deposição e erosão de materiais tanto fluviais quanto coluviais, sendo, portanto, um compartimento de transição entre o aquático e o terrestre.

**Figura 1: Localização da área de estudo.**



Muitos trabalhos têm sido produzidos com enfoque em mudanças climáticas quaternárias em lagoas, solos, mangues e turfeiras utilizando uma série de metodologias bastante disseminadas para este fim, como a análise da matéria orgânica por  $\delta^{13}\text{C}$ , datações por  $^{14}\text{C}$ , pólenes, fitólitos e etc (CALEGARI *et al.*, 2013). O objetivo deste trabalho foi identificar se houve trocas de vegetação ao longo do

período Quaternário em solos da planície fluvial do rio Pardo e quais seriam as suas causas, por isso optou-se por usar um enfoque maior na origem da matéria orgânica, analisando para isso a concentração de Carbono total e Nitrogênio total assim como seus isótopos estáveis,  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$ , respectivamente. Ainda assim, a análise de fácies sedimentares através da estratigrafia é extremamente eficiente na descrição da sucessão de ambientes fluviais (MIALL, 2006). Portanto, neste trabalho foi essencial o uso de ambas as metodologias para uma análise mais completa.

## 2. Metodologia

A área de estudo (Figura 1) é o trecho médio da bacia do rio Pardo, que tem sua nascente na cidade de Ipuiúna-MG e escoar no sentido SE-NW até atingir a sua foz no município de Colômbia-SP, possuindo área total drenada de 17.860 km<sup>2</sup>, com uma descarga média anual no rio Grande de 500m<sup>3</sup>/s, no entanto, a vazão medida próximo às cidades de Barretos-SP e Guaíra-SP nos meses de fevereiro e março pode passar de 1500 m<sup>3</sup>/s (DAEE s/d).

### 2.1 Fácies Sedimentares

Miall (2006) definiu 20 fácies sedimentares mais comuns que seriam representadas por duas letras: a primeira indicaria a granulometria dominante enquanto a segunda o processo ou uma feição característica. Miall (*op.cit.*) reuniu 9 elementos arquiteturais que seriam definidos em função das associações de fácies, são elas: canais (CH); barras conglomeráticas e formas de leito (GB); formas de leito arenosas (SB); macroformas de acreção à jusante (DA); macroformas de acreção lateral (LA); *scour hollows* (HO); fluxos gravitacionais de sedimentos (SG); lençóis de areia laminados (LS) e depósitos de finos em planície fluvial (FF).

Neste trabalho será usado um conjunto de associação de fácies com algumas adaptações necessárias ao contexto da área, no entanto, serão mantidas as nomenclaturas originais e seus significados.

Como os perfis da área em geral apresentam processos significativos de pedogênese, optou-se também por analisar não só o ambiente de deposição, mas a

posterior alteração destes materiais, identificando as principais feições e a presença de horizontes pedológicos.

## 2.2 Isótopos Estáveis de Carbono e Nitrogênio

O carbono possui dois isótopos de ocorrência natural, o  $^{12}\text{C}$  que representa aproximadamente 98,89% do carbono total na natureza, e o  $^{13}\text{C}$ , que representa 1,11%. A razão destes isótopos ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) na matéria orgânica varia como resultado do fracionamento isotópico durante processos físicos, químicos e biológicos. Esta variação é relativamente pequena na vegetação e na matéria orgânica do solo, diferindo em 2% entre os valores com maior e menor concentração de  $^{13}\text{C}$ , razão pela qual as medidas são realizadas com alta precisão.

A composição de  $\delta^{13}\text{C}$  da matéria orgânica reflete a dinâmica da assimilação do carbono pela vegetação, sendo que uma razão alta de  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  é característica de plantas de ciclo fotossintético  $\text{C}_4$  (gramíneas) que possuem valor médio de 13‰ (variando entre -9 e -17‰), enquanto uma baixa razão é característica de plantas de ciclo fotossintético  $\text{C}_3$  (árvores e arbustos em vegetação típica de floresta), que possuem valor médio de -27‰ (variando entre -21 e -32‰). (LAMB *et al.*, 2006).

Com relação ao  $\delta^{15}\text{N}$ , Meyers (1997) aponta que os sedimentos orgânicos podem ser diferenciados entre plantas aquáticas e terrestres vasculares. Nas algas, o valor de  $^{15}\text{N}$  em  $\text{NO}_3$  dissolvido, que é a forma mais comum de nitrogênio dissolvido usado pelas plantas, é entre 7-10‰ maior que o  $\text{N}_2$  derivado da atmosfera, que é a forma fixada pelas plantas terrestres (aproximadamente 0‰) (MEYERS, 1997; AMORIM *et al.*, 2009).

A relação  $\text{C}_{\text{total}}/\text{N}_{\text{total}}$  também determina a origem da matéria orgânica, uma vez que, segundo Meyers (1997), plantas aquáticas apresentam valores entre 4 e 10, enquanto plantas vasculares terrestres tais valores são superiores a 20.

Serão apresentadas neste trabalho amostras coletadas em 2 perfis (perfil 8 e perfil 13). As análises foram feitas no Laboratório de Isótopos Estáveis - CENA/USP, em um espectrômetro de massa acoplado a um analisador elementar ANCA-SL, *Europa Scientific*. Os resultados da análise de carbono e nitrogênio serão reportados em gramas por kilo (g/kg) e a análise isotópica será expressa na unidade de  $\delta$ (‰),

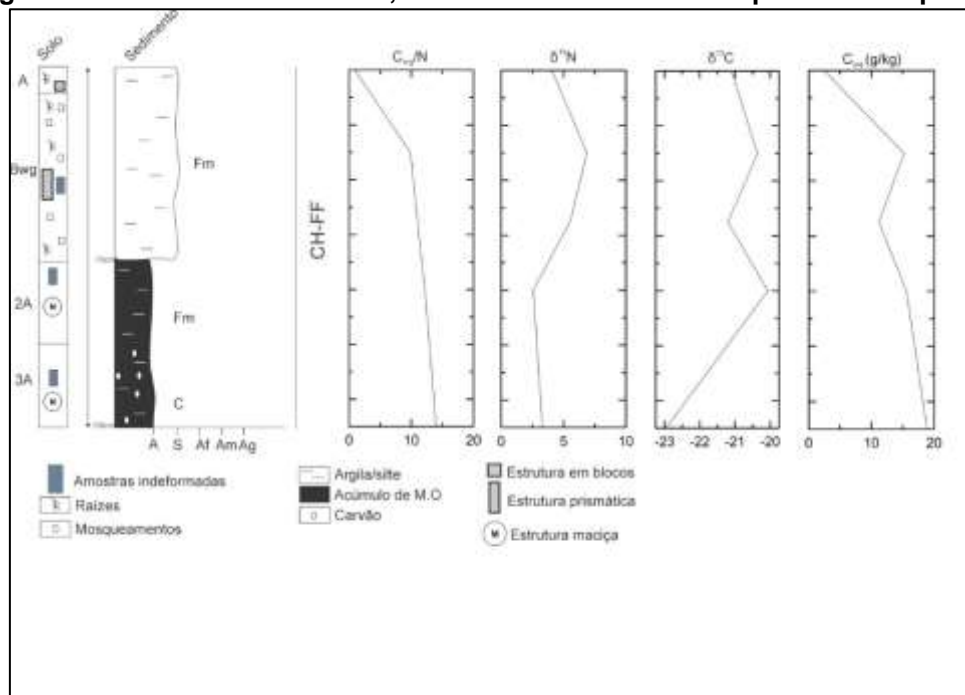


determinada em relação ao padrão internacional PDB e refere-se à média de duas determinações, com precisão de  $\pm 0,2\text{‰}$ .

### 3. Resultados e Discussão

A figura 2 apresenta os dados de isótopos estáveis no perfil 8, coletado em um meandro abandonado (conforme mostrado na figura 1).

**Figura 2: Características do solo, fácies sedimentares e isótopos estáveis perfil 8.**



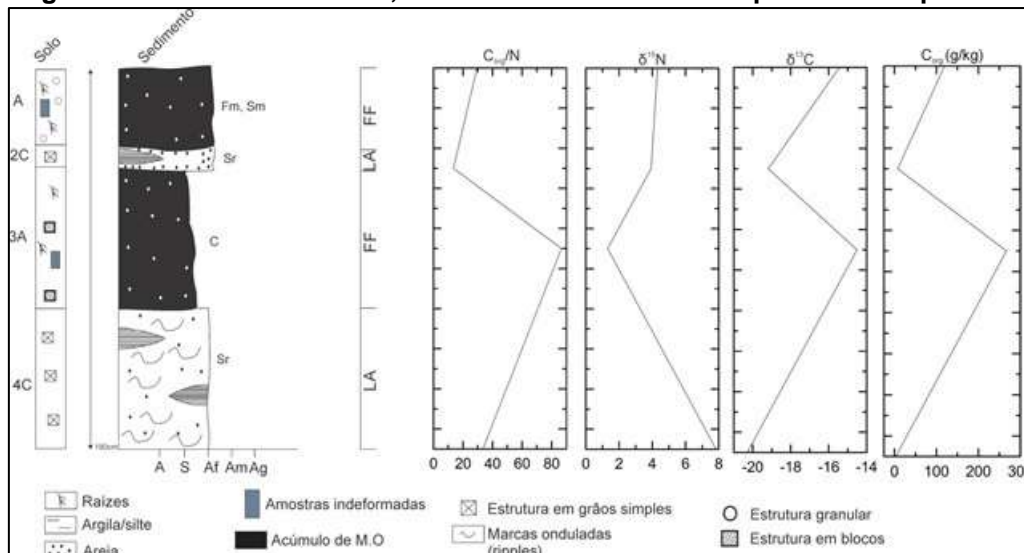
A razão C/N variou entre 0,91 e 14, em decorrência de valores relativamente altos de nitrogênio total. Tais valores sugerem presença constante de água no perfil, especialmente nos horizontes superiores, ou seja, a origem da matéria orgânica passa de plantas aquáticas na superfície para uma mistura com plantas vasculares em subsuperfície, valores similares também encontrados por COHEN *et al.* (2013) para um perfil em meandro abandonado na bacia amazônica. Já os valores de  $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$  variam entre 2,57 e 6,87, demonstrando que a origem da matéria orgânica deriva de plantas aquáticas, embora o aumento em profundidade indique que no início do preenchimento do meandro houve uma contribuição significativa de plantas vasculares terrestres.

Os valores de  $^{13}\text{C}$  variaram entre -20,07 e -22,96‰, caracterizando a matéria orgânica como oriunda essencialmente de plantas  $\text{C}_3$ , especificamente nas porções inferiores do perfil. Os maiores valores ocorrem nos primeiros 70cm do perfil indicando neste ponto uma provável mistura entre plantas  $\text{C}_3$  e  $\text{C}_4$ , num ambiente de menor disponibilidade de água.

Com relação ao perfil 13 (figura 3), coletado próximo à foz do rio Araraquara com o rio Pardo em uma área onde processos de avulsão são bastante significativos, observa-se que os valores de C/N variaram entre 13,5 e 86,62, demonstrando que a matéria orgânica neste perfil tem origem predominante de plantas vasculares terrestres.

Os maiores valores apresentados, 29,45 e 86,62, respectivamente, ocorrem nos horizontes ricos em matéria orgânica A e 3A, enquanto o menor valor (13,5) ocorre no depósito 2C, indicando uma maior presença de plantas aquáticas. Com relação aos valores de  $^{15}\text{N}$  (1,31 a 7,83‰), o menor valor encontrado ocorreu no horizonte 3A.

**Fig.3: Características do solo, fácies sedimentares e isótopos estáveis perfil 13.**



Os valores de  $^{13}\text{C}$  apontaram para o predomínio de plantas  $\text{C}_4$  nos horizontes A e 3A (-15,43 e -14,51). Este horizonte pode marcar um período mais seco onde a aridez somada a eventos de aumento repentino de vazão propiciaram a intercalação

de momentos de deposição em barras laterais e momentos de acúmulo de M.O e ocorrência de pequenos fragmentos de carvão.

#### 4 Considerações Finais

Os valores baixos de C/N do perfil 8 são coerentes com valores médios encontrados em outros trabalhos realizados em planície fluviais, 9 (HEDGES *et al.*, 1986) e 9,33 (AMORIM *et al.*, 2009). Os valores de  $^{13}\text{C}$  mostraram a transição de uma vegetação mais arbórea nos materiais inferiores para uma mistura entre gramíneas e árvores, típica da vegetação de cerrado atual da área. Os dados de  $\delta^{15}\text{N}$  revelaram forte influência de plantas aquáticas, no entanto, é importante salientar que tais valores podem ser maiores quando influenciados por entradas de  $^{15}\text{N}$  oriundos de atividades antrópicas, entre elas esgoto e resíduos orgânicos descartados em atividades agrícolas ( $\delta^{15}\text{N} = 10\text{-}25\text{‰}$ , TERANES e BERNASCONI, 2000), além disso, o processo de desnitrificação de nitrogênio inorgânico dissolvido em ambiente anóxico também pode favorecer maiores valores.

Com relação ao perfil 13, observou-se que no horizonte 3A foi observado um valor típico de  $^{13}\text{C}$  que indica a predominância de plantas gramíneas, além disso, a presença de pequenos fragmentos de carvão corrobora com a hipótese de que este depósito ocorreu em condições climáticas mais secas do que as atuais. Os valores de C/N deste mesmo material indicaram valores típicos de uma matéria orgânica oriunda de plantas terrestres, ou seja, tal horizonte pode ter evoluído numa condição mais seca que a atual onde predominou a pedogênese à deposição fluvial.

#### Referências

- AMORIM, M.C., MOREIRA-TURCQ, P.F., TURCQ, B.J., CORDEIRO, R.C. Origem e dinâmica da deposição dos sedimentos superficiais na Várzea do Lago Grande de Curuai, Pará, Brasil. **Acta Amazonica**, 39 (1), p.165-172, 2009.
- CALEGARI, M.R., MADELLA, M., VIDAL-TORRADO, P., PESSENDA, L.C.R., MARQUES, F.A. Combining phytoliths and  $\delta^{13}\text{C}$  matter in Holocene palaeoenvironmental studies of tropical soils: An example of an Oxisol in Brazil. **Quaternary International** 287, p.47-55, 2013.
- COHEN, M.C.L., ROSSETTI, D.F., PESSENDA, L.C.R., FRIAES, Y.S., OLIVEIRA, P.E. Late Pleistocene glacial forest of Humaitá – Western Amazonia. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, In Press, 2013.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ESGOTO DO ESTADO DE SP (DAEE). **Banco de dados fluviométricos do Estado de São Paulo**. Disponível em <http://www.dae.sp.gov.br/>.

HEDGES, J.I.; CLARK, W.A.; QUAY, P.D.; RICHEY, J.E.; DEVOL, A.; SANTOS, U. Composition and fluxes of particulate organic material in the Amazon River. **Limnology and Oceanography**, 31(4), p.717-738, 1986.

LAMB, A.L., WILSON, G.P., LENG, M.J. A review of coastal palaeoclimate and relative sea-level reconstruction using  $\delta^{13}\text{C}$  and C/N ration in organic material. **Earth-Science Reviews**, 75, p.29-57, 2006.

MEYERS, P.A. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes. **Organic Geochemistry**, 27(5-6), p.213-250, 1997.

MIALL, A. D. **The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology**. 4<sup>a</sup>. ed. New York: Springer, 2006, 582p.

TERANES, J.L., BERNASCONI, S.M. The record of nitrate utilization and productivity limitation provided by  $\text{d}^{15}\text{N}$  values in lake organic matter—a study of sediment trap and core sediments from Baldeggersee, Switzerland. **Limnology and Oceanography**, 45, p.801–813, 2000.

## PEDOGÊNESE DE SOLOS ANTRÓPICOS: AS TERRAS PRETAS E TERRA MULATA DO BAIXO AMAZONAS

JUCILENE AMORIM COSTA<sup>1</sup>,  
MARCONDES LIMA DA COSTA<sup>2</sup>,  
DIRSE CLARA KERN<sup>3</sup>,  
CELINA MARQUES DO ESPÍRITO SANTO<sup>4</sup>  
1 Universidade Federal do Amapá, COGEO  
jucilene@unifap.br  
2 Universidade Federal do Pará, IG,  
mlc@ufpa.br  
3 Museu Paraense Emílio Goeldi, CCTE  
kern@museu-goeldi.br  
4 Universidade Federal do Amapá, COGEO  
celina.marques@unifap.br

### Resumo

Os sítios com Terra Preta Arqueológica (TPA), em Juruti, são circundados por extensa área de Terra Mulata (TMA). As TPAs reconhecidas pelos teores elevados de Ca, Mg, P, Cu, Zn e Mn, C orgânico, fragmentos cerâmicos e carvão representam indícios da antiga ocupação humana. Já a TMA mostra conteúdo moderado dos referidos elementos. Os resultados morfológicos e químicos de cinco perfis de solos, representativos da TPA, TMA e área adjacente (AD), revelaram que Si e Al são os componentes químicos principais e mostram semelhança entre TPA, TMA e AD. No entanto, os solos antrópicos se distinguem de AD por horizontes A espessos e teores relativamente elevados de P, Ca e Mg, Mn, Cu, Zn constituindo uma assinatura química típica. Admite-se que estas variações morfológica e químicas em relação aos solos AD representam a contribuição do descarte de detritos orgânicos e processos pedogenéticos pós-deposicionais.

**Palavras chave:** Pedologia. Sítio Arqueológico. Amazônia.

### Abstract

The archaeological sites with Archaeological Dark Earth (ADE), in Juruti, are surrounded by extensive area of Terra Mulata (TMA). The ADEs recognized by high levels of Ca, Mg, P, Cu, Zn and Mn, organic carbon, ceramic fragments and charcoal represent evidence of ancient human occupation. Already the TMA shows moderate content of those elements. The morphological and chemical results of five soil profiles, representative of the ADE, TMA and adjacent area (AD) revealed that Si and Al are the main chemical components and show similar TPA, TMA and AD. However, anthropogenic soils are distinguished by AD horizons The thick and relatively high levels of P, Ca, Mg, Mn, Cu, Zn constituting a typical chemical signature. It is assumed that these morphological and chemical changes in relation to AD soils represent the contribution of the disposal of organic waste and post-depositional pedogenetic processes.

**Keywords:** Pedology. Archaeological Site. Amazon.



## **1. Introdução**

Há vasta ocorrência de solos antropogênicos na paisagem amazônica. Estes solos, conhecidos como Terra Preta de Índio ou Terra Preta Arqueológica (TPA), ocupam geralmente pequenas áreas, mas podem também se estender por centenas de hectares (Kern et al., 2003). Independentemente das áreas que ocupam a principio, esses locais representam evidências das modificações causadas ao ambiente pelos seus antigos habitantes. A TPA se caracteriza por cores escuras, teores elevados de Ca, Mg, P, Mn, Zn, Cu e C orgânico, partículas de carvão, associados a grande quantidade de material cerâmico (Kern & Kampf, 1989), quando confrontada com os solos dominantes na Amazônia. Além disso, às proximidades ou em torno das áreas com TPA, é comum a ocorrência de Terra Mulata (TMA) (Sombroek, 1966; Woods & McCann, 1999; Kern et al., 2003; Costa et al., 2013). Este solo foi descrito primeiramente por Sombroek (1966) em Belterra, ao sul da cidade de Santarém. Nesta região ele mapeou cerca 1000 ha de terra mulata circundando 200 ha de TPA. A TMA quando confrontada com a TPA se destaca pelas cores acinzentadas e brunadas, com concentrações moderadas de nutrientes e de C orgânico; material arqueológico pouco ou ausente e circundando as TPAs.

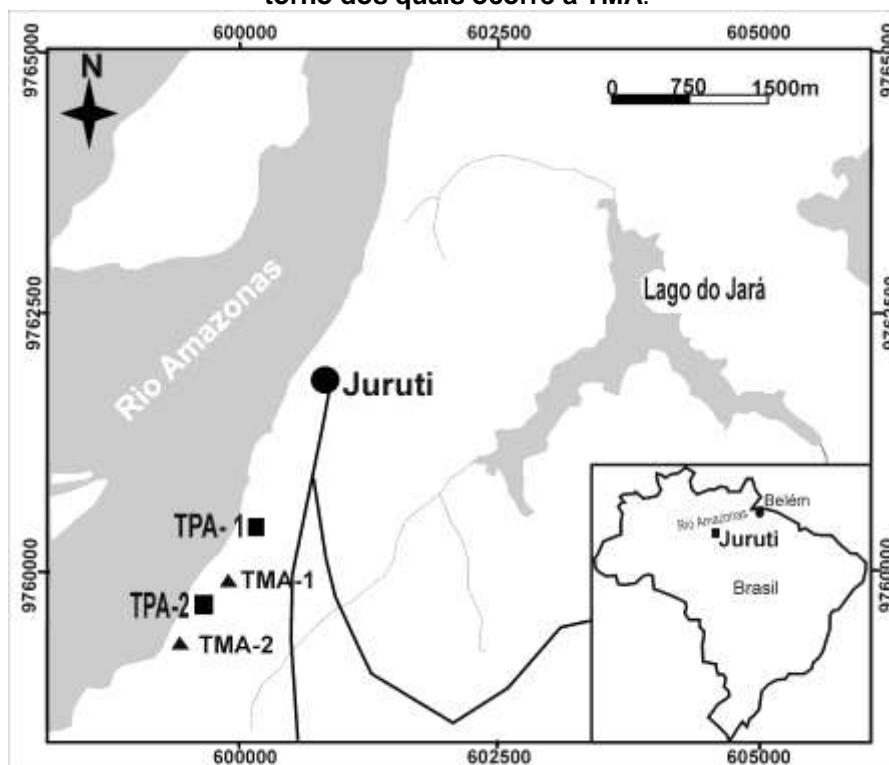
Quanto a sua origem a teoria mais aceita atualmente é que enquanto as TPA são antigos assentamentos formados a partir da ocupação humana pré-histórica (Gourou, 1950; Hilbert, 1955; Sombroek, 1966; Kern & Kämpf, 1989), as TMAs estão ligadas à agricultura intensiva praticada nas proximidades das TPA (Sombroek, 1966; Sombroek et al., 2002; Denevan, 2010; Costa, 2011; Costa et al., 2013). Diante da polêmica quanto à origem da TMA, fruto dos poucos estudos já realizados, e considerando sua ampla distribuição na região de Juruti, associada às grandes áreas de TPA, desenvolveu-se o presente estudo com base em investigações morfológicas e químicas dos solos TMA, e partir delas contribuir para desvendar a origem dos mesmos e sua relação com a TPA.

## **2. Materiais e métodos**

Os sítios arqueológicos com TPA selecionados para este estudo são circundados com TMA. Estes sítios foram denominados de Terra Preta 1 (TPA-1) e

Terra Preta 2 (TPA-2) e estão localizados na margem direita do rio Amazonas, no município de Juruti, no extremo oeste do estado do Pará (Fig. 1). Estes encontram-se sobre relevo de rampas com superfícies horizontais, rebaixadas em relação aos platôs laterito-bauxíticos, e margeadas por planícies fluviais e flúvio-lacustres do rio Amazonas. Nas áreas de TPA e TMA predominam os Latossolos Amarelos desenvolvidos sobre as formações laterito-bauxíticas, como sobre os sedimentos saprolitizados da formação Alter do Chão (Costa, 1991; Costa, 2008).

**Figura 1: Mapa de localização da área de estudo, com indicação dos dois sítios com TPA, em torno dos quais ocorre a TMA.**



Após o mapeamento da TPA e TMA nos dois sítios arqueológicos foram abertas 5 trincheiras, assim distribuídas: duas nas terras pretas (TPA-1 e TPA-2), duas na terra mulata (TMA-1 e TMA-2) e uma na área adjacente (AD). Alongo delas descreveu-se os perfis de solos, nos quais foram coletadas 30 amostras seguindo os horizontes pedológicos principais. A descrição morfológica obedeceu aos procedimentos propostos por Lemos & Santos (2002) e as cores do solo foram identificadas por comparação com carta de Munsell (2000).

As análises químicas foram feitas em amostras pulverizadas em gral de ágata e peneiradas (<120 mesh). As análises químicas em amostra total cobriram os

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

elementos maiores e menores ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}$ ) e Perda ao Fogo, os quais foram obtidos por fusão com tetraborato e metaborato de lítio e determinação por ICP-OES e ICP-MS junto a Acme Analytical Laboratories Ltd. A matéria orgânica foi obtido por oxidação com dicromato de potássio em meio sulfúrico e determinado por volumetria (método Walkley-Black), junto ao laboratório de solos da Universidade Federal de Viçosa.

### 3. Resultados e discussão

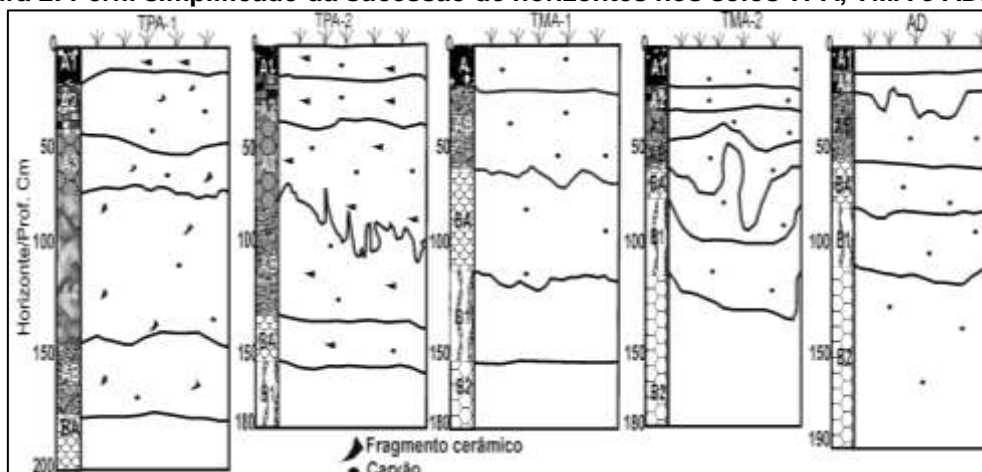
#### 3.1. Morfológica dos perfis de solo

O perfil TPA-1 apresentou a seguinte sucessão de horizontes  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$ , AB, BA e B. No perfil TPA-2 a sucessão de horizontes se repetiu, com exceção do horizonte  $A_4$ , ausente. Os horizontes A atingiram 140 cm de espessura na TPA-1 e 40 cm na TPA-2 (Fig. 2). Nos horizontes A a textura é arenosa, estrutura moderada, transição difusa entre os sub-horizontes e cores variando de preto (2.5YR2.5/1) a bruno acinzentado muito escuro (10YR3/2). Além disso, carvão, cinzas e abundantes fragmentos de cerâmica arqueológica (FC) são características comuns nestes solos. Nos horizontes de transição (AB e BA), o solo é mais claro e a cor oscila entre bruno escuro (10YR3/3) e bruno amarelado (10YR4/6). A textura é franco arenosa e os FC e carvão ocorre esporadicamente.

No perfil de terra mulata, TMA-1, foram identificados os horizontes A, AB, BA,  $B_1$ ,  $B_2$ . Esta seqüência se repetiu no perfil TMA-2, porém foi possível distinguir os horizontes  $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_3$  (Fig. 2). A espessura dos horizontes A é de 15 cm na TMA-1 e 44 cm na TMA-2. A textura é franco arenosa, estrutura moderada, transição difusa. É comum a presença de partículas de carvão. A cor é cinza muito escuro (10YR3/2) no horizonte A e variações de bruno acinzentado e amarelado escuro (10YR4/2 e 10YR4/4) nos horizontes AB e BA. Já na área adjacente a sucessão de horizontes ( $A_1$ ,  $A_2$ , AB, BA,  $B_1$ ,  $B_2$ ) é semelhante à da TMA-2, com ausência do horizonte  $A_3$  (Fig. 2). A espessura dos horizontes A é de 21 cm, portanto, menos espesso que na TPA e na TMA. A textura é arenosa, estrutura moderada, transição difusa entre os horizontes, carvões dispersos, cor bruno acinzentada (7.5YR3/2) no horizonte A e bruno amarelada escura (7.5YR4/2 e 7.5YR4/4) em BA e AB.

Os horizontes B dos solos TPA, TMA e AD são muito similares em suas características morfológicas. A textura varia de franco arenosa a argilo arenosa, estrutura moderada e cores oscilando de bruno amarelado (10YR5/6 e 7.5YR5/6) ao amarelo brunado (10YR6/8). Portanto, as diferenças morfológicas entre os solos antrópicos, assim como em relação à AD estão principalmente nos horizontes A.

Figura 2: Perfil simplificado da sucessão de horizontes nos solos TPA, TMA e AD.



### 3.2. Composição química dos perfis de solo

Os solos são compostos principalmente por  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{TiO}_2$  que, juntamente com perda ao fogo (representada por MO e  $\text{H}_2\text{O}$ ), compõem mais de 98% da maioria das amostras, independente de horizonte, nos cinco perfis estudados. A pouca variação dos teores de  $\text{SiO}_2$  nos distintos perfis de solo mostra similaridades entre TPA, TMA e AD. Ao passo que,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  embora variável apresenta com maior incremento em direção à base dos perfis, principalmente nos horizontes de transição (AB e BA) e B das TPA-1 e TMA-1. O que é natural em perfis de solos tipo Latossolos da formação Alter do Chão, o substrato destes solos na região. Os valores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , semelhante ao  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , também são menores nos horizontes A. Esta constatação resulta da decomposição parcial dos minerais de Fe diante da MO no horizonte A. Os teores de  $\text{TiO}_2$  apresentam pouca variação entre os diferentes perfis.

Portanto, os solos TPA, TMA e AD em termos de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{TiO}_2$  mostram semelhanças químicas entre si, similar ao que foi observado por Kern (1996) e Carmo et al., (2007) em TPA na região de Caxianã. Mas divergem quanto

aos teores de CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO, Cu, Zn entre outros, sugerindo que foram incorporados a estes solos, tendo como substrato os Latossolos.

Os valores mais elevados de CaO e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ocorrem no horizonte A, especialmente no horizonte A<sub>4</sub> da TPA-1 (2,25%), suplantando de forma inquestionável todos os horizontes da TPA-2 e TMA, com exceção apenas do horizonte AB da TMA-1 (0,93%) equivalente às TPA. Maiores contrastes relativos ao CaO são observados somente em relação ao perfil AD, que esteve no limite ou abaixo da detecção (CaO < 0,01%). Por sua vez, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mostra forte relação com CaO e MO nas TPA e TMA. Teores de fósforo ainda mais elevados são observados no horizonte A<sub>4</sub> da TPA-1 (2,57%). Estes valores muito elevados na base do perfil TPA-1 correspondem a feições e estruturas arqueológicas contendo carvão, cinza, fragmentos de cerâmica e ossos, que foram encontradas em diferentes profundidades das TPA de Juruti. Embora seja atribuída principalmente a restos de ossos, a forte relação entre estes elementos em TPA retrata também a outrora presença de excrementos de animais e humanos (Smith, 1980; Lima et al., 2002; Kampf & Kern, 2005; Costa et al., 2013).

Portanto, as TPA e TMA que em termos de seus componentes químicos principais SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mostram forte semelhança entre si, e mesmo com os solos AD, se distinguem categoricamente dos solos AD por meio dos teores relativamente elevados de P, Ca e Mg, Mn, Cu e Zn constituindo em Juruti também uma assinatura geoquímica típica de TPA e TMA, como identificado por Kern, (1996), Costa & Kern (1999), Lima et al., (2002), Costa et al., (2013).

#### 4. Conclusões

Os solos AD que compreendem Latossolos Amarelos parecem ter sido não tão somente o substrato como a fonte parcial para formação dos solos TPA e TMA. São solos com comum abundância em Si, Al, Fe e Ti que demonstram que as TPA e TMA de Juruti guardam herança química dos solos AD. A quantidade e principalmente a qualidade da matéria orgânica acumulada no solo explica o enriquecimento em P, Mg, Ca, Mn, Cu e Zn constituindo em Juruti a assinatura geoquímica típica de TPA semelhante a outros locais da Amazônia.



Por outro lado, a Terra Mulata se distingue pela ausência de cerâmica ou qualquer outro vestígio arqueológico. No entanto pode se constatar que, de fato, recebeu contribuição de resíduos orgânicos que implicou na modificação das propriedades do seu horizonte A. As cores brunadas e horizonte A e mais espesso que o solo adjacente indica que houve adição de matéria orgânica e assim como na TPA, modificações antrópicas se fizeram presentes também neste solo. Os teores mais elevados nas TPA podem ser relacionados às atividades domésticas de preparo de alimentos, restos de caça e pesca e excrementos, ao passo que a identificação destes elementos na TMA em concentrações mais baixas sugere o uso agrícola do solo com o propósito de elevar a qualidade, ou simplesmente uma pedogênese similar sobre menor quantidade de resíduos. Estas diferenças morfológicas e químicas guardam fortes evidências das modificações ocorridas no ambiente durante a permanência do homem em tempos pretéritos e por processos pedogenéticos pós-ocupação.

## Referências

- CARMO, M.S.; COSTA, M.L.; KERN, D.C..Alteração química dos solos com Terra Preta Arqueológica cultivados com mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) em Caxiuanã, estado do Pará, Amazônia Oriental. *Contribuições à Geologia da Amazônia*, 2007. 5: 143-153.
- COSTA, J. C. Contribuições à arqueologia da Amazônia: tecnologia cerâmica e pedogeoquímica no sítio arqueológico terra preta 2, município de juruti, região do baixo amazonas. .monografia de especialização. UFPA-IFCH 2008. 52p
- COSTA, J., KERN, D. C., COSTA, M. L., RODRIGUES, T., KAMPF, N., LEHMANN, J. & FRAZÃO, F. J. Geoquímica das terras pretas Amazônicas. In: Teixeira et al (eds) As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2010. p162-171.
- Costa, J. A.; Costa, M.L.; Kern, D. C. Analysis of the spatial distribution of geochemical signatures for the identification of prehistoric settlement patterns in ADE and TMA sites in the lower Amazon Basin. *Journal of Archaeological Science*, 2013. 40, 2771-2782.
- COSTA, M. L..Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. *RGB*. 21(2): 1991. p146-160.
- COSTA, M. L.; KERN, D. C. Geochemical signatures of tropical soils with archaeological black earth in the Amazon. *Journal of Geochemical Exploration*, 1999. 369-385.
- DENEVAN, W. As origens agrícolas da terra mulata na Amazônia. In: Teixeira et al (Eds) As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2010. 421 p.
- GOUROU, P. Observações geográficas na Amazônia. *Revista Brasileira de Geologia, IBGE*, 1950. (2):171-250.
- HILBERT, P. P. A cerâmica arqueológica da região de Oriximiná. Belém: Instituto de Antropologia e Etnologia do Pará, 1955. 76p.
- KÄMPF, N. & KERN, D.C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In *Trópicos em ciência do solo*. Vol. 4, julho, viçosa, MG: Sociedade brasileira de ciência do solo. 2005.
- KERN, D. C. Geoquímica e pedogeoquímica de sítios arqueológicos com terra preta na floresta nacional de Caxiuanã (Portel-Pa). Tese de Doutorado. Centro de Geociências, UFPA, Belém, 1996. 124p..
- Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). **Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

- KERN, D. DAQUINO, G.; RODRIGUES, T.; FRAZÃO, F.; SOMBROEK, W.; MYERS, T.; NEVES, E.. Distribution of Amazonian Dark Earths in the Brazilian Amazon. In: J. Lehmann, D.C. Kern, B. Glaser, & W.I. Woods (eds) Amazonian Dark Earths: origin, properties, Management. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 2003. 51-75p.
- KERN, D.C. & KÄMPF, N. O Efeito de Antigos Assentamentos Indígenas na Formação de Solos com Terra Preta Arqueológica na Região de Oriximiná-Pa. Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, 1989, 13:219-25.
- LEMOS, R. C. DE & SANTOS, R. D. dos. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Visoça, 4 ed. SBCS, 2002. 83p.
- LIMA, H. SCHAEFER, C.; MELLO, J.; GILKER, R.; KER, J. Pedogenesis and pre-Colombian land use of "Terra Preta Anthrosols" ("Indian black earth") of Western Amazônia. Geoderma 110:1 – 17. 2002.
- MUNSELL COLORS COMPANY. Munsell soil colors charts. Baltimore. 2000.
- SMITH, N.J.H. Anthrosols and Human Carrying Capacity in Amazônia. Annals of the Association of American Geographers, 70 (4):553-66. 1980.
- SOMBROEK, W. G. Amazon soils: A Reconnaissance of the Soils of the Brazilian Amazon Region. Wageningen, Center for Agricultural Publications and Documentation. 1966. 292p.
- WOODS, W.I., & MCCANN, J.M. The anthropogenic origin and persistence of Amazonian Dark Earth. The Yearbook of Conference of Latin American Geographers, 1999. p7-14.

## AVALIAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL E DA PERDA DE SOLO SOB DIFERENTES COBERTURAS E DECLIVIDADES EM SILVA JARDIM, RJ

HUGO M RODRIGUES<sup>1</sup>  
GUSTAVO M VASQUES<sup>2</sup>  
MARCELO W LEMES<sup>3</sup>  
REINER O ROSAS<sup>4</sup>

1 Universidade Federal Fluminense  
hugomr@id.uff.br

2 Embrapa Solos

gustavo.vasques@embrapa.br

3 Universidade Federal Fluminense  
marcelowlemes@hotmail.com

4 Universidade Federal Fluminense  
reiner\_rosas@id.uff.br

### Resumo

A erosão é um fenômeno que exige pesquisa que identifique sua origem, magnitude, evolução e mitigação. O trabalho buscou identificar a influência da quantidade de chuva, declividade do terreno e cobertura vegetal sobre o escoamento superficial (ES) e perda de solo (PS) utilizando análise de variância e modelos lineares. Selecionou-se duas encostas no município de Silva Jardim, RJ, onde quatro parcelas de erosão foram instaladas e monitoradas durante 12 meses, de acordo com o delineamento experimental: 2 declividades (28% x 51%) x 2 coberturas (capim x solo exposto) x 12 repetições (meses). A chuva e a cobertura influenciaram significativamente ( $p < 0.05$ ) o ES e a PS, explicando 89 e 87% das suas variâncias, respectivamente. As parcelas com solo exposto tiveram maiores ES e PS. Por outro lado, a declividade não teve influência significativa. Somente o ES explicou 97% da variância da PS. Isso, aliado à ausência de interações chuva x cobertura nos modelos de predição, indica um controle da PS pela cobertura de maneira indireta através do controle do ES. Os resultados confirmam em parte os resultados de trabalhos anteriores, sendo que a influência da declividade e de outros possíveis fatores sobre o ES e PS precisa ser melhor entendida na área de estudo.

**Palavras-chave:** Erosão. Análise de variância. Modelo linear

### Abstract

There is a need for research to identify the causes, amount, evolution and mitigation of erosion. The study aimed at identifying the influence of the amount of rainfall, slope gradient and land cover on surface runoff (SR) and sediment yield (SY) using analysis of variance and linear models. Two slopes were selected in the Silva Jardim municipality, RJ, Brazil, where four erosion plots were installed and monitored during 12 months, according to the following experimental design: 2 slope gradients (28% x 51%) x 2 land covers (grass x bare soil) x 12 repetitions (months). Rainfall and land cover significantly influenced ( $p < 0.05$ ) SR and SY, explaining 89 and 87% of their variances, respectively. The plots with bare soil had higher SR and SY. On the other hand, slope gradient did not have a significant influence. Only SR explained 97% of the variance of SY. This, along with the absence of rainfall x land cover interactions in the prediction models, indicates a control of SY by land cover in an indirect way through the control of SR. The results confirm in part the results of previous works, being that the influence of slope gradient and of other possible factors on SR and SY needs to be better understood in the study area.

Revista Equador (UFPI), Vol. 4, Nº 3, (2015). Edição Especial XVI Simposio Brasileiro de Geografia Fisica Aplicada. Teresina- Piauí. Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

with bare soil had larger SR and SY. On the other hand, slope gradient showed no significant effect. Surface runoff explained alone 97% of the variance of SY. That, along with the absence of significant rainfall x land cover interactions in the prediction models, indicates that land cover controls SY indirectly by controlling SR. The results partially confirm the results from previous studies, and indicate that the influence of slope gradient and other possible factors on SR and SY need to be better understood in the study area.

**Keywords:** Erosion. Analysis of variance. Linear model.

## 1. Introdução

A erosão hídrica é um problema de escala global e, no Brasil, é responsável pela perda de áreas agricultáveis, além de trazer prejuízos a outras atividades econômicas. A própria atividade agrícola gera e agrava o problema quando realizada de maneira inadequada, não respeitando a declividade do terreno ou a capacidade máxima de produção do solo, por exemplo. A perda dos horizontes superficiais do solo traz como consequência direta a diminuição da sua capacidade produtiva, afetando a sustentabilidade da produção agrícola. O desmatamento, expansão urbana, grandes obras de engenharia e outras intervenções antrópicas também são importantes causadores de erosão.

Existem diversas técnicas para quantificar e estimar o escoamento superficial (ES) e a consequente perda de solo (PS) em função dos seus processos ou fatores condicionantes, sendo que a grande maioria dos trabalhos utiliza parcelas de erosão, conforme proposto por Wischmeier e Smith (1978), e muitos usam simulador de chuva. Por exemplo, Joshi e Tambe (2010) usaram simulador de chuva para medir o efeito da declividade e cobertura vegetal sobre o ES e a PS, observando os menores valores de ES e PS em parcelas com menor declividade e cobertura de capim e maiores em áreas declivosas com solo exposto. Li et al. (2014) observaram, em média, redução de cerca de 30% no ES e 80% na PS quando cobriram o solo com resíduos vegetais, em relação ao solo exposto.

Como o ES e a PS variam em intensidade e de acordo com as características do ambiente, o presente trabalho buscou identificar a influência da quantidade de chuva, declividade do terreno e cobertura vegetal sobre o ES e a consequente PS

em uma área representativa de colinas dissecadas e morros rebaixados do Estado do Rio de Janeiro. A área localiza-se à jusante da Represa de Juturnaíba, que abastece de água diversos municípios, sendo, portanto, de grande importância entender os fatores que influenciam os processos erosivos na área.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Coleta de dados

A área de estudo localiza-se na Unidade de Gestão Santo Antônio do Maratuã, no município de Silva Jardim, RJ. Foram selecionadas duas encostas com geomorfologias típicas da região, sendo uma do tipo morro rebaixado, com 28% de declividade, e outra do tipo colina dissecada, com 51% de declividade. Em cada encosta, foram instaladas duas parcelas de erosão, conforme Wischmeier e Smith (1978), com 22 x 4 m, sendo uma coberta por capim (*Brachiaria decumbens* Stapf) e a outra deixada com o solo exposto. Em cada encosta foi instalado um pluviômetro.

A coleta de dados foi realizada manualmente durante 12 meses, de junho de 2013 a maio de 2014. Após cada evento de chuva, o volume da chuva dos dois pluviômetros e o volume de ES (água mais sedimentos) recolhido pelas caixas coletoras eram anotados no campo. Um recipiente calibrado era utilizado para retirada de alíquotas que eram posteriormente analisadas em laboratório para determinar a concentração de sedimentos (solo perdido) na água. O volume escoado vezes a concentração de sedimentos determinou a PS da parcela, em gramas, que foi convertida para toneladas por hectare ( $Mg\ ha^{-1}$ ) dividindo-se pela área da parcela ( $88\ m^2$ ). Todos os dados coletados foram agrupados mensalmente.

Em resumo, o trabalho utilizou o seguinte delineamento experimental: 2 declividades x 2 coberturas x 12 repetições (meses). Portanto, foram registradas 48 observações contendo dados mensais de chuva (mm), ES (L) e PS ( $Mg\ ha^{-1}$ ).



## **2.2. Análise estatística**

Primeiro, a influência da declividade e da cobertura sobre o ES e PS, respectivamente, foram analisados utilizando análise de variância (ANOVA). Em seguida, foram ajustados modelos lineares para predição do ES e da PS, respectivamente, em função da quantidade de chuva e dos fatores que apresentaram influência significativa sobre essas variáveis na ANOVA.

Por último, considerando que a medição do ES é simples e direta no campo, enquanto a da PS envolve um processo laborioso e detalhado realizado em laboratório, se ajustou um modelo de predição da PS (de difícil medição) em função do ES (de fácil medição), com o objetivo de suprimir a etapa de laboratório. A qualidade dos modelos de predição foi avaliada pelos índices: coeficiente de determinação ( $R^2$ ), erro médio (EM) e raiz do erro quadrado médio (REQM).

Para que todos os pressupostos da ANOVA e do modelo linear fossem comprovados, foi necessário transformar as variáveis de interesse para o seu logaritmo natural. Isso também ajudou os modelos de predição, já que foram observadas relações lineares do tipo log-log entre elas.

## **3. Resultados**

### **3.1. Estatística descritiva dos dados**

O ES e a PS foram, em média, maiores nas parcelas com solo exposto em relação às vegetadas, enquanto que o efeito da declividade foi menos aparente (vide próxima seção). Pode-se também observar que a conversão dos dados para logaritmo natural os aproximou da distribuição de frequência normal (Tabela 1).

### **3.2. Análises de variância**

Entre os fatores analisados, somente a cobertura teve efeito significativo ( $p < 0.05$ ) sobre a variação tanto do ES quanto da PS, sendo que as médias de ambos

foram maiores no solo exposto. Além disso, a interação entre cobertura e declividade não foi significativa (Tabela 2).

**Tabela 1 – Estatística descritiva da quantidade de chuva, escoamento superficial (ES) e perda de solo (PS), por parcela**

Estatística	Chuva	ES (L)	PS (Mg ha <sup>-1</sup> )	Chuva	ES (L)	PS (Mg ha <sup>-1</sup> )
	Original			Logaritmo natural		
Declividade de 28% / Capim						
Média	177,64	638,58	0,13	4,87	3,83	-5,90
Desvio padrão	125,36	997,08	0,25	0,95	5,15	3,96
Mediana	143,30	73,00	0,00	4,96	4,29	-6,54
Mínimo	15,28	0,00	0,00	2,73	-11,51	-11,51
Máximo	449,07	2737,00	0,76	6,11	7,91	-0,27
Assimetria	0,63	1,31	1,63	-0,83	-2,08	0,07
Declividade de 28% / Solo exposto						
Média	177,64	3381,92	1,61	4,87	5,98	-1,64
Desvio padrão	125,36	3178,15	2,15	0,95	5,72	4,08
Mediana	143,30	2122,50	0,69	4,96	7,65	-0,38
Mínimo	15,28	0,00	0,00	2,73	-11,51	-11,51
Máximo	449,07	10057,00	7,51	6,11	9,22	2,02
Assimetria	0,63	0,62	1,61	-0,83	-2,33	-1,38
Declividade de 51% / Capim						
Média	178,30	483,83	0,07	4,87	3,71	-5,95
Desvio padrão	125,08	653,95	0,10	0,96	5,16	4,04
Mediana	142,86	219,50	0,01	4,96	5,00	-5,54
Mínimo	14,64	0,00	0,00	2,68	-11,51	-12,67
Máximo	448,82	2071,00	0,31	6,11	7,64	-1,18
Assimetria	0,63	1,23	1,11	-0,87	-2,05	-0,25
Declividade de 51% / Solo exposto						
Média	178,30	3301,92	1,61	4,87	5,92	-1,77
Desvio padrão	125,08	3097,17	2,22	0,96	5,74	4,26
Mediana	142,86	2472,50	0,64	4,96	7,81	-0,45
Mínimo	14,64	0,00	0,00	2,68	-11,51	-11,51
Máximo	448,82	9980,00	7,65	6,11	9,21	2,03
Assimetria	0,63	0,69	1,60	-0,87	-2,29	-1,33

**Tabela 2 – Análises de variância do escoamento superficial e perda de solo, respectivamente, em função da declividade e cobertura**

Fonte	GL	SQ	QM	F
Escoamento superficial				
Declividade	1	0,09	0,09	0,48
Cobertura	1	57,18	57,18	36,96**
Declividade x Cobertura	1	0,01	0,01	0,10
Mês	11	1286,54	116,96	
Declividade x Mês	11	2,06	0,19	
Cobertura x Mês	11	17,02	1,55	
Declividade x Cobertura x Mês	11	1,39	0,13	
Perda de solo				
Declividade	1	0,09	0,09	0,16
Cobertura	1	213,68	213,68	28,01**
Declividade x Cobertura	1	0,02	0,02	0,07
Mês	11	640,70	58,25	
Declividade x Mês	11	6454,00	0,59	
Cobertura x Mês	11	83,91	7,63	
Declividade x Cobertura x Mês	11	3547,00	0,32	

GL, graus de liberdade; SQ, soma de quadrados; QM, quadrado médio

\*\* Significativo ( $p < 0.05$ )

### 3.3. Modelos de predição do escoamento superficial e perda de solo

O ES foi predito com  $R^2$  de 0,89 em função da quantidade de chuva e cobertura, ou seja, somente a chuva e a cobertura explicaram 89% da variância do ES. O EM do modelo foi 0,50 ln(L) e o REQM foi 4,67 ln(L) (Tabela 3).

Para a PS, o modelo de predição em função da chuva e cobertura obteve  $R^2$  de 0,87, EM de 2,23 ln(Mg ha<sup>-1</sup>) e REQM de 9,90 ln(Mg ha<sup>-1</sup>), enquanto o modelo usando somente o ES como variável independente obteve  $R^2$  de 0,97, EM de 0,40 ln(Mg ha<sup>-1</sup>) e REQM de ln(Mg ha<sup>-1</sup>). Neste último modelo, se testou a inclusão da cobertura como segunda variável independente, mas ela se mostrou não significativa.

**Tabela 3 – Modelos de predição do escoamento superficial (ES) e perda de solo (PS)**

Equação	R <sup>2</sup>	EM	REQM
$\ln(\text{ES}) = -6,81 + 2,36 \times \ln(\text{chuva}) + 2,38 \times \text{solo exposto}$	0,89	0,50	4,67
$\ln(\text{PS}) = -24,92 + 3,90 \times \ln(\text{chuva}) + 4,22 \times \text{solo exposto}$	0,87	2,23	9,90
$\ln(\text{PS}) = -14,90 + 1,86 \times \ln(\text{ES})$	0,97	0,40	4,20

R<sup>2</sup>, coeficiente de determinação; EM, erro médio; REQM, raiz do erro quadrado médio; ln, logaritmo natural

#### 4. Discussão

Enquanto a quantidade de chuva e o tipo de cobertura influenciaram significativamente o ES e a PS, a declividade do terreno não demonstrou influência sobre essas variáveis. Ainda, as parcelas em encostas mais declivosas tiveram, em média, menor ES e menor PS. Esses resultados foram inesperados e contrariam resultados anteriores (Joshi e Tambe, 2010; Li et al., 2014). Contudo, eles podem ser explicados pela maior porosidade total do solo e maior exposição ao sol da encosta mais declivosa (Lemes, 2014), o que, por um lado, aumenta a infiltração da água da chuva e, por outro, retarda o processo de saturação do solo após a chuva, consequentemente reduzindo o ES.

A PS foi fortemente explicada pelo ES (R<sup>2</sup> de 0,97), sendo que a cobertura não foi significativa nesse modelo (terceira equação). Por outro lado, na ausência do ES como variável independente, a cobertura tornou-se significativa (segunda equação). Ainda, a cobertura influenciou o ES, sendo que a área com capim apresentou menor ES. Isso implica em que a cobertura vegetal controla a PS por meio do controle do ES, mas não afeta a PS em função da chuva. Mingguo et al. (2007) observaram comportamento similar na escala de bacia hidrográfica, porém, na escala de parcela, a cobertura afetou a relação entre ES e PS. A falta de interação entre chuva e cobertura nos modelos deve-se provavelmente à pouca diferença de chuva entre as encostas, enquanto a interação entre chuva e declividade não faz sentido, já que cada encosta possuía somente um pluviômetro.

## 5. Conclusões

O escoamento superficial e a conseqüente perda de solo foram influenciados pela quantidade de chuva e cobertura vegetal. Por sua vez, somente o escoamento superficial explicou 97% da variância da perda de solo, havendo, portanto, possibilidade de suprimir a etapa de medição da perda de solo em laboratório. Contudo, essa possibilidade deve ser avaliada em outras áreas de estudo sob diferentes condições.

A declividade do terreno não teve influência significativa no escoamento superficial ou na perda de solo, provavelmente devido a outros fatores conflitantes, como porosidade do solo e grau de exposição ao sol da encosta. Portanto, a influência da declividade e de outros possíveis fatores sobre o ES e PS precisa ser melhor entendida na área de estudo

## 6. Referências

- Joshi, V.U.; Tambe, D.T. Estimation of infiltration rate, run-off and sediment yield under simulated rainfall experiments in upper Pravara Basin, India: Effect of slope angle and grass-cover. **Journal of Earth System Science**, v. 119, pp. 763-773, 2010.
- Lemes, W.M. **Análise dos solos, dos processos erosivos e do comportamento hidrológico em colinas dissecadas e morros rebaixados sob diferentes usos na sub-bacia Santo Antônio do Maratuã, Silva Jardim – RJ**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2011.
- Li, X.; Niu, J.; Xie, B. The effect of leaf litter cover on surface runoff and soil erosion in Northern China, **PLoS ONE**, v. 9, e107789, 2014.
- Mingguo, Z.; Qiangguo, C.; Hao, C. Effect of vegetation on runoff-sediment yield relationship at different spatial scales in hilly areas of the Loess Plateau, North China. **Acta Ecologica Sinica**, v. 27, p. 3572-3581, 2007.
- Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1978. (Agriculture Handbook, v. 537).