

PROCESSOS DENUDACIONAIS EM DOMÍNIOS DE CHAPADAS ARENÍTICAS NO CENTRO SUL DO MARANHÃO

Veruska Costa de **JESUS**

¹Mestranda em Geografia pela Universidade Federal do Maranhão

E-mail: veruska_geo@yahoo.com.br

Helen Nébias **BARRETO**

Prof^a. Dr^a.do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Maranhão

E-mail: helennebias@yahoo.com.br

Ediléa Dutra **PEREIRA**

Prof^a. Dr^a.do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Maranhão

Email: edileap@gmail.com

Resumo: O presente trabalho teve por objetivo investigar processos denudacionais na Serra do Itapecuru, centro-sul do estado do Maranhão, visando avaliar comparativamente a dinâmica de evolução do relevo na vertente sul (Bacia do rio Itapecuru) e norte (Bacia do rio Alpercatas) da serra. A metodologia do trabalho baseou-se na mensuração de taxas de denudação a partir da investigação da carga catiônica dissolvida de cursos d'água de quatorze bacias hidrográficas com substrato litológico predominantemente arenítico. Além disso, baseou-se na interpretação de imagens de satélite e em atividades de campo para o mapeamento de áreas sujeitas à erosão mecânica. As análises físico-químicas de águas superficiais foram utilizadas no cálculo da taxa de denudação que, de modo geral, apresentou-se baixa e semelhante em ambas porções da serra: (i) bacias do rio Alpercatas, com taxas médias de 0,43 ton/km²/sem no período seco e 0,92 ton/km²/sem no período chuvoso e; (ii) bacias do rio Itapecuru, com 0,49 ton/km²/sem no período seco e 0,87 ton/km²/sem no período chuvoso. A denudação química anual média da bacia do Alpercatas foi 1,35 ton/km²/ano e da bacia do rio Itapecuru foi de 1,36 ton/km²/ano. Os resultados do rebaixamento geoquímico médio anual foram de 0,575 m/Ma (Alpercatas) e 0,576 m/Ma (Itapecuru). Estes resultados indicam que os minerais cimentantes já foram bastante lixiviados, restando as areias quartzosas que são materiais mais resistentes e, intemperizados mais lentamente, por isso os baixos teores de íons dissolvidos na água dos rios. Portanto, a tendência natural na área de estudo é de que os processos erosivos mecânicos sejam mais agressivos e, atualmente, responsáveis pela morfogênese regional pois, o processo de denudação química já não é intenso.

Palavras-chave: Denudação química. Evolução do relevo. Serra do Itapecuru. Maranhão.

DENUDATIONAL PROCESSES IN SANDSTONES PLATEAUS IN THE SOUTH-CENTRAL OF MARANHÃO

Revista Equador (UFPI), Vol. 8, Nº 2, p.309 - 331

Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

Abstract: This study aims to investigate denudational processes in the Serra do Itapecuru, in the south-central of the state of Maranhão, in order to assess comparatively the dynamics of relief evolution in the southern (Itapecuru River Basin) and northern (Alpercatas River Basin) slopes. The methodology of work was based on the measurement of denudation rates from the geochemical investigation of watersheds of fourteen basins with sandstone lithology. In addition, it was based on the interpretation of satellite images and field work for the mapping of areas subject to mechanical erosion. Chemical analysis of water were used to calculate the denudation rates, which was generally showed low and similar in both portions of the mountain range: (i) Alpercatas basins, with mean rates of 0.43 ton/km² in the dry period and 0.92 ton/km² in the rainy season and; (ii) Itapecuru basins, with 0.49 ton/km² in the dry period and 0.87 ton/km² in the rainy season. The annual chemical denudation of the Alpercatas basin was 1.35 ton/km² and the Itapecuru river basin was 1.36 ton/km². The results of geochemical rates were 0.575 m/Ma (Alpercatas) and 0.576 m/Ma (Itapecuru). These results indicate that the cementitious minerals have already been heavily leached, leaving the quartz sands that are more resistant materials and, weathered more slowly, that is why the low levels of ions dissolved in the water of the rivers. Therefore, the natural tendency in the study area is that the mechanical erosive processes are more aggressive because the process of chemical denudation is no longer intense. Therefore, the natural tendency in the study area is that mechanical erosive processes are more aggressive and responsible for regional morphogenesis since the process of chemical denudation is no longer intense.

Keywords: Chemical Denudation. Relief Evolution. Serra do Itapecuru. Maranhão.

PROCESSUS DE DÉNUDATION DANS LE DOMAINE DES PLATEAUX GRÉSÉUX AU CENTRE-SUD DU MARANHÃO

Résumé: Ce travail présente une investigation sur les processus de dénudation dans la Serra do Itapecuru, située au centre-sud de l'État de Maranhão, pour évaluer comparativement la dynamique d'évolution du relief dans le sud (Bassin du Rivière Itapecuru) et le nord (Bassin du Rivière Alpercatas). La méthodologie est basée sur la mesure des taux de dénudation par les analyses de la charge dissoute dans les cours d'eau de quatorze bassins hydrographiques avec le substratum gréseux. En outre, il s'est basé sur l'interprétation d'images-satellites et des activités sur le terrain pour la cartographie des zones sous l'érosion mécanique. On a utilisé des analyses chimiques et physiques des eaux superficielles pour mesurer des taux de dénudation qui, en général, était faible et semblable dans les deux bassins versants de la zone d'étude: i) bassins versants d'Alpercatas, avec des taux moyens de 0,43 tonne/km² dans la période de sèche, et 0,92 tonne/km² dans la période des pluies et; (ii) bassins versants d'Itapecuru, avec 0,49 tonne/km² dans la période sèche et 0,87 tonne/km² dans la période des pluies. La dénudation chimique annuelle moyenne des bassins versants d'Alpercatas était de 1,35 tonne/km²/année et des bassins versants d'Itapecuru était de 1,36 tonne/km²/année. Les résultats des taux de dénudation moyens annuelle étaient 0,575 m/Ma (Alpercatas) et 0,576 m/Ma (Itapecuru). Ces résultats indiquent que les minéraux ont déjà été suffisamment arrosés et que les sables de quartz restants sont des matériaux plus résistants à l'érosion, en indiquant les faibles niveaux d'ions dissous dans l'eau des rivières. Par conséquent, la tendance naturelle dans la zone d'étude est que les processus physiques sont plus agressifs et actuellement responsable de la morphogénèse régionale, car le processus de la dénudation chimique n'est plus intense.

Mots clés: Dénudation Chimique. Évolution du relief. Serra do Itapecuru. Maranhão.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que entender o relevo é fator fundamental para o planejamento ambiental, e que as formas do globo evoluem através de uma complexidade de fatores que alavancam os mais diversos processos. Nesse contexto, o estudo dos processos modeladores da paisagem como, intemperismo, erosão e denudação, é utilizado como importante parâmetro de análise da evolução da paisagem e sua morfodinâmica, onde a abordagem quantitativa e qualitativa soma-se às interpretações do ambiente físico. Tendo em vista que a ciência geomorfológica estuda as formas e os processos que formam o relevo, e que entender esses processos não é tarefa fácil, várias técnicas de análises quantitativas vêm ganhando espaço ao longo dos anos. Esta abordagem tem seu valor, pois eleva a condição anterior de apenas caracterização por hipóteses dedutivas e, traz a luz fatos mais concretos, que são mais precisos para compreensão da dinâmica do relevo.

Dentre os estudos voltados à evolução do relevo em análise de paisagem (formas e processos), tem sido de grande importância a utilização de dados de denudação química mensurados a partir da carga de íons dissolvidos em águas superficiais, como os trabalhos realizados no sudeste do Brasil – Salgado *et al* (2003), no Quadrilátero Ferrífero (MG) e; Rezende *et al* (2010); Leão *et al* (2012) e Barreto *et al* (2012) – que investigaram a evolução da Serra do Espinhaço Meridional (MG). Outra metodologia bastante consagrada em estudo de paisagem, constitui a análise da morfometria fluvial das bacias hidrográficas, como mostram os estudos de Bertossi *et al* (2011); Oliveira *et al* (2010); Castro & Carvalho (2009); Reckziegel & Robaina (2006). A análise da rede de drenagem auxilia na compreensão de várias características geomorfológicas, uma vez que bacias hidrográficas constituem um dos agentes morfogenéticos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre (CHRISTOFOLETTI, 1980).

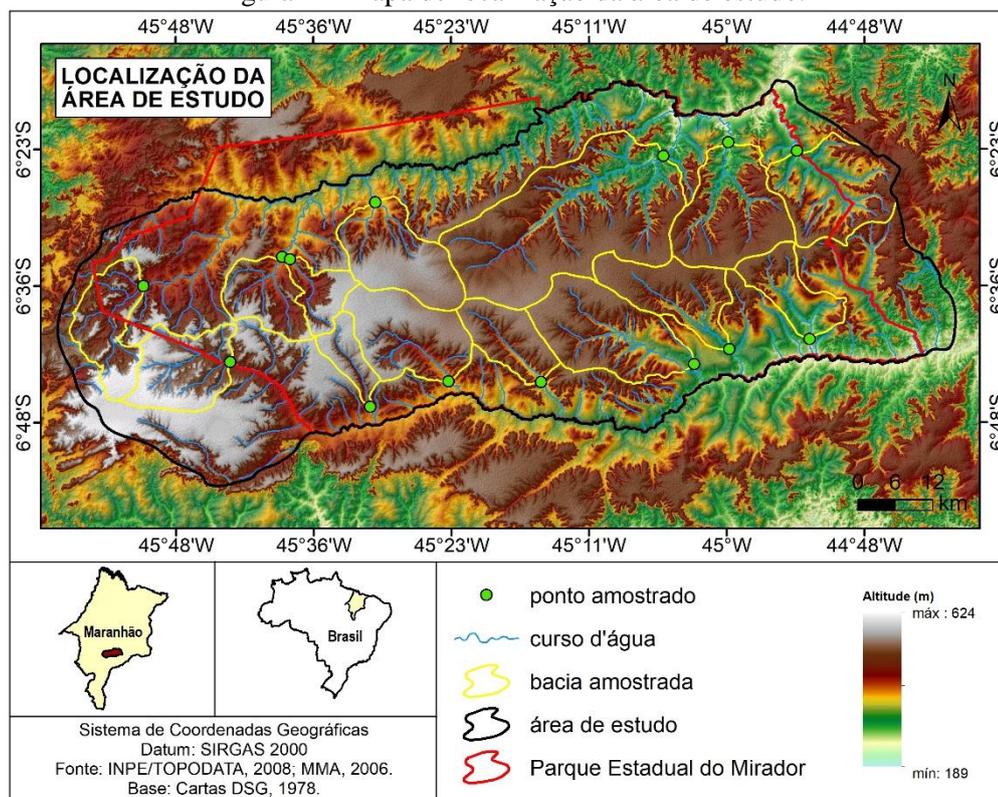
Partindo desta premissa, e tendo em vista a inexistência de trabalhos de cunho geomorfológico na área, o presente estudo tem por objetivo analisar e caracterizar a morfodinâmica das chapadas areníticas do centro-sul maranhense – a Serra do Itapecuru e a Chapada do Agreste – interposta entre as bacias hidrográficas dos rios Alpercatas e Itapecuru, no município de Mirador (MA), considerando seus aspectos geomorfológicos e geológicos com base na mensuração da denudação química atual e na análise morfométrica de sub-bacias que drenam a serra. Nesse contexto regional, considerou-se neste trabalho as seguintes questões: (i) Qual a intensidade da denudação química atual e o seu papel na evolução da Serra do Itapecuru?; (ii) É possível identificar diferença no comportamento denudacional

entre as vertentes norte e sul da serra? A intensidade da dissecação propaga-se de forma distinta nas bacias investigadas?

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na região centro-sul do estado do Maranhão (Figura 1), entre as coordenadas geográficas: 6°18'30''S e 6°48'45''S de latitude e, 45°58'32''W e 44°37'53''W de longitude. Perfaz uma área de aproximadamente 5.759,58 km², e compõe o divisor hidrográfico entre o rio Itapecuru, ao sul e; o seu principal afluente, o rio Alpercatas, ao norte.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.



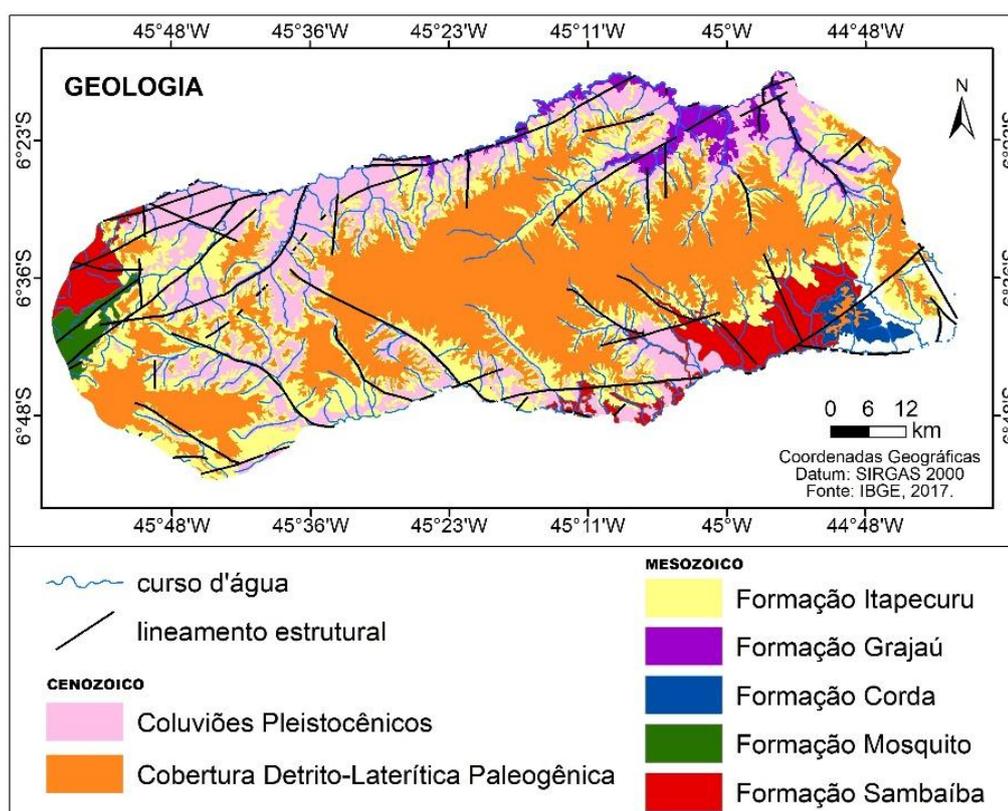
Fonte: Autoras (2018).

A região está sob o clima tropical sub-úmido seco (*Aw*), com duas estações bem definidas – seca e chuvosa. O período chuvoso se estende de outubro a maio, enquanto o período de estiagem ocorre entre junho e setembro. As temperaturas anuais variam de 25° a 26°C em média e a precipitação anual varia entre 800 a 1200 mm (FEITOSA & TROVÃO, 2006). A paisagem é marcada pelo bioma Cerrado e situa-se quase em sua totalidade na Unidade de Conservação, o Parque Estadual do Mirador.

De acordo com Silva (2003), a área insere-se na bacia sedimentar Alpercatas, descrita como uma bacia intracratônica assoreada com rochas sedimentares e massas de derrames e

outros materiais vulcânicos. Este compartimento é uma proposta de fragmentação da Província Parnaíba, proposto por Goés (1995). É uma zona transtensiva denominada Alto Itapecuru-Carolina e situa-se entre os sistemas transcorrentes Alto Arraias-Itapecuru e Carolina-Pedra Caída. Corresponde também, a uma bacia de afastamento simétrico, limitada por falhas normais NW-SE, onde aloja depósitos arenosos (COSTA *et al*, 1996). Os sedimentos desta região foram depositados entre o Mesozoico (251 Ma) e o Cenozoico (5,3 Ma), onde o pacote principal compõe-se de várias formações areníticas – Itapecuru (99,6 Ma), Grajaú (145,5 Ma), Corda (150 Ma) e Sambaíba (251Ma) – que apresentam cores e granulometrias variadas. Outras formações presentes na área são: as rochas capeadoras encontradas no topo das chapadas, denominada de Cobertura Detrito-Laterítica Paleogênica; os derrames basálticos da Formação Mosquito (199,6 Ma), que ocorrem pontualmente na região e; os depósitos coluvionares pleistocênicos (5,3 Ma), representados por sedimentos inconsolidados (Figura 2).

Figura 2 – Geologia da área de estudo.



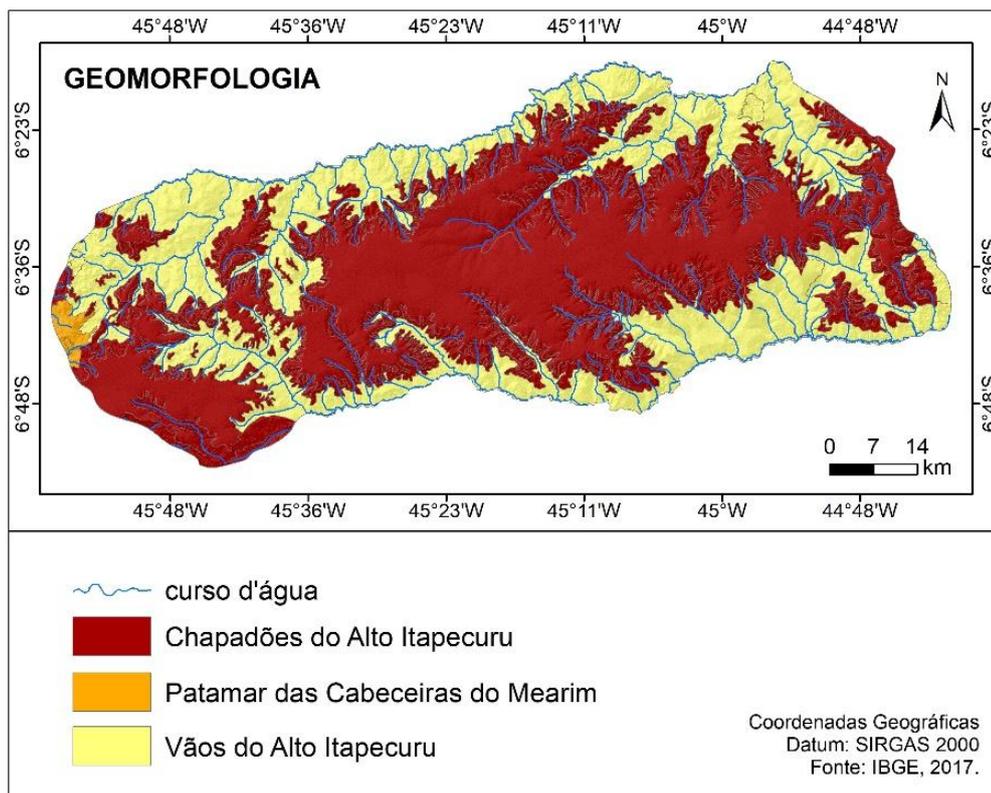
Fonte: Autoras (2018).

Estruturalmente, a região e seu entorno apresenta um conjunto de falhamentos de cisalhamento de direção ENE-WSW e NNE-SSW, onde atividades tectônicas ocorridas antes e durante formação da bacia do Parnaíba (GÓES, 1995). O registro destas atividades encontra-se impresso nas rochas da região, como demonstra a direção e forma da rede de

drenagem, que se configura principalmente no padrão retangular, coincidente com os lineamentos estruturais. Além disso, diversos pulsos magmáticos ocorreram nesta bacia, principalmente no Jurássico Inferior e Cretáceo Inferior (GÓES, 1995; CORDANI, *et al*, 2009).

As formas tabulares denominadas de chapadas tiveram sua gênese no soerguimento da bacia do Parnaíba durante o Cenozoico. Ao longo do tempo geológico, a grande superfície foi esculpida, individualizando compartimentos menores, como mesas e chapadas. Segundo classificação do RADAM (1973), SIVAM (2006) e IBGE (2017) as unidades morfoesculturais regionais são: (i) Chapadões do Alto Itapecuru; (ii) Vãos do Alto Itapecuru e; (iii) Patamares das Cabeceiras do Mearim (Figura 3).

Figura 3 – Geomorfologia da área de estudo



Fonte: Autoras (2018).

Os Chapadões do Alto Itapecuru (Figura 4) correspondem às cotas mais altas da área, caracterizadas por topos planos coincidentes com as camadas estruturais, mantidas por lateritas, cuja origem está ligada à alternância de climas secos e úmidos (RADAM, 1973). O caimento topográfico das escarpas limita a extensão desta unidade que tem variação altimétrica entre 587m e 300m. Os Vãos do Alto Itapecuru (150 a 300m) correspondem as áreas com vertentes areníticas escavadas pela rede de drenagem, onde se distinguem vales

encaixados, em processo de dissecação e; vales amplos, entulhados de sedimentos. No *front* das chapadas ocorrem depósitos de *tálus*. O Patamar das Cabeceiras do Mearim ocorre pontualmente na área de estudo, próximo à nascente do rio Alpercatas, e caracteriza-se por relevo colinoso, onde a erosão agiu sobre litologias menos resistentes associadas às influências estruturais.

A área de estudo é o divisor hidrográfico de duas grandes bacias – o rio Alpercatas e o rio Itapecuru. O rio Alpercatas possui 195km de extensão, sendo o principal rio de contribuição para a bacia do Itapecuru. Ambos nascem nas cotas mais elevadas da Serra do Itapecuru, e se encontram na cidade de Colinas. As vazões médias destes rios chegam a 28,4m³/s para o rio Alpercatas, no município de Fernando Falcão e; 18,8 m³/s para o rio Itapecuru, no município de Mirador (HidroWeb, 2007).

Figura 4 – Relevo tabular da Serra do Itapecuru no vale do rio Alpercatas.



Fonte: Autoras (2015).

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo envolveu atividades de gabinete, trabalhos de campo e análises laboratoriais. Dentre os principais documentos utilizados neste estudo, destacam-se: (i) a folha SB 23 TERESINA e parte da folha SB 24 JAGUARIBE do projeto RADAM (1973), com dados de geologia e geomorfologia, em escala de 1:1.000.000; (ii) o projeto Geodiversidade do Maranhão da CPRM (2013), com dados de geologia e geomorfologia, em escala 1:750.000; (iii) a base vetorial temática do projeto SIVAM, disponível no banco de dados do IBGE

(2006), em escala 1:250.000; (iv) imagens de satélite *RapidEye* dos anos 2011, 2012, 2013, 2014 e 2015 para análise de processos erosivos; (v) o banco de dados do projeto Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA), como os dados de vazão; (vi) artigos, teses e dissertações, como referencial bibliográfico.

A partir da revisão bibliográfica e da melhor compreensão da área de estudo por meio dos documentos cartográficos consultados, foram definidos os locais de amostragem, tendo como objetivo avaliar o recuo das cabeceiras nas duas vertentes da Serra de Itapecuru: (i) vertente sul, que drena para o vale do rio Itapecuru e; (ii) a vertente norte, que drena para o vale do rio Alpercatas. Neste sentido, foram analisados, a partir de bases espaciais em ambiente SIG (ArcGIS 10.3), os principais cursos d'água de ambas as vertentes, sendo escolhidas para amostragem quatorze bacias para compor os dados de denudação química: (i) seis sub-bacias que vertem para o norte (A2, A3, A4, A5, A6 e A7) e seis para o sul (I2, I3, I4, I5, I6 e I7) e, (ii) dois pontos (A1 e I1) localizados nas cabeceiras dos dois rios principais – Itapecuru e Alpercatas (Figura 1). Nesta etapa, ainda foi realizado trabalho de campo na área de estudo para o reconhecimento dos pontos e ajuste da rede de amostragem definida em gabinete.

Após a definição da rede de amostragem, foram realizados os trabalhos de campo para a coleta de amostras. A coleta de água objetivou a aquisição de material para a mensuração da carga catiônica dissolvida dos cursos fluviais e dividiu-se em duas campanhas: (i) a primeira, no período seco, entre os dias 17 a 22 de agosto de 2015, onde foram coletadas amostras de água nas 14 sub-bacias, e, (ii) a segunda, no período chuvoso, entre os dias 01 a 06 de fevereiro de 2016, onde foram coletadas amostras de água em apenas 13 sub-bacias, pois o acesso a um dos pontos de coleta foi obstruído. Portanto, as vinte e sete amostras coletadas completam um ano hidrológico, conforme os critérios adotados na literatura geomorfológica (SUMMERFIELD, 1991; SALGADO *et al*, 2003, 2004; BARRETO *et al*, 2012; LEÃO *et al*, 2012; CHEREM *et al*, 2012) para a mensuração das taxas de denudação química em bacias hidrográficas.

A coleta de amostra de água superficial (em profundidade de até 30cm) foi realizada no leito do rio com auxílio de seringa (60ml), homogeneizada *in loco* com a água do curso d'água, em trecho de água corrente. Em seguida, a amostra foi filtrada com membrana descartável de 0,45µm e, inserida em frasco de polietileno (25ml) de uso laboratorial. Este procedimento tem a finalidade de reter as partículas em suspensão da água, sendo o objeto da análise em laboratório apenas a carga catiônica dissolvida da água do curso d'água. Após a

filtragem, para a melhor conservação da amostra, foram adicionadas três gotas de ácido nítrico (HNO_3) em cada frasco de coleta. A amostra foi etiquetada de acordo com os códigos adotados para o estudo e mantida em refrigeração à 4°C, com ajuda de gelo e isopor, até a entrada em laboratório. Este procedimento foi repetido nas 14 sub bacias amostradas. Para fins de caracterização e localização da amostragem, foram anotadas também a localização (em coordenadas UTM) e altitude dos pontos de coleta, com auxílio do equipamento *GPS* modelo 76CSx *GARMIN*.

Para quantificação dos elementos maiores e menores da água nos cursos fluviais, como o Al, As, Ba, Ca, Cd, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, S, Si, Sr e Zn, as amostras de água coletadas foram encaminhadas ao Laboratório de Geoquímica da Universidade Federal de Ouro Preto, onde foram analisadas no equipamento Espectrofotômetro de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP OES) modelo Agilent/725 CCD, sob responsabilidade e supervisão da equipe técnica do laboratório, o Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior (coordenador) e a química Dra. Adriana Trópia de Abreu.

Em campo foram determinados também as variáveis necessárias para o cálculo da vazão dos cursos d'água, como: largura, seção e profundidade do curso d'água, assim como a velocidade, medida pelo método flutuador (CUNHA, 2010). A vazão foi calculada por meio da equação adaptada de Tucci (2002):

$$Q=L \times P \times V$$

Onde, Q é a vazão do curso d'água (m^3/s); L é a largura do rio, em metros; P é a profundidade média da seção do rio, em metros e; V é a velocidade média do rio numa determinada seção do rio (m/s).

A partir dos dados de vazão dos riachos e dos resultados laboratoriais dos sólidos totais dissolvidos (TDS) na água, foi determinada a taxa de denudação química das bacias. O cálculo da taxa foi obtido com base na equação adaptada de Thomas (1994):

$$D = \left(\frac{TDS_{chuvosa} \cdot V_{chuvosa}}{A} \cdot S_{chuvosa} \right) + \left(\frac{TDS_{seca} \cdot V_{seca}}{A} \cdot S_{seca} \right)$$

Onde, D é a taxa de denudação química anual (estação chuvosa e seca), dada em $\text{ton}/\text{km}^2/\text{ano}$; TDS são os sólidos totais dissolvidos na água (chuvosa e seca), dado em ton/m^3 ; V é a vazão medida em campo, dada em m^3/s ; S é o tempo medido em segundos do período amostrado por semestre (1,5778.107s); e A é a área da bacia hidrográfica, dada em km^2 . Segundo Cherem (2012), o cálculo da denudação química em várias bacias hidrográficas de

uma mesma unidade geomorfológica permite determinar a contribuição direta do processo denudacional químico para o rebaixamento médio do relevo.

A partir dos dados de denudação química das águas superficiais para os dois períodos climáticos, foram calculadas as taxas de rebaixamento geoquímico do relevo. O cálculo baseou-se na fórmula:

$$R = \frac{D}{\rho}$$

Sendo, R a taxa de rebaixamento do relevo que representa a perda vertical que uma paisagem sofre ao longo do tempo, D a taxa de denudação anual e, ρ a densidade da rocha. Neste estudo, adotou-se o valor ρ igual a 2,35 g/cm³ para o arenito (TELFORD *et al*, 1990), que é a principal rocha que engloba a região de estudo. A partir da taxa de denudação, pôde-se estimar o rebaixamento geoquímico do relevo que é expresso em metros por milhão de anos (m/Ma). Esse método foi proposto por (SUMMERFIELD, 1991; THOMAS, 1994; BANK & ANDERSON, 2001) que mostram que, caso 1 km² das superfícies das áreas continentais perca anualmente uma massa equivalente à densidade de sua rocha constituinte em toneladas, ao final de 1 milhão de anos, tal superfície terá sido rebaixada verticalmente em 1 metro. Logo, este é um parâmetro utilizado para compreensão do rebaixamento vertical do relevo, consequentemente da evolução de uma paisagem.

Para a caracterização das bacias amostradas foram mensurados os parâmetros morfométricos de cada bacia. A morfometria de bacias hidrográficas é realizada através da caracterização dos parâmetros físicos tais como: área, número de tributários, forma, comprimento dos canais, comprimento do canal principal, declividade da bacia, densidade de drenagem, entre outros. Logo, o conhecimento destes parâmetros, permite compreender vários processos que dizem respeito ao comportamento da bacia como um agente morfoesculturador (CHRISTOFOLETTI, 1980), como por exemplo, a competência em transportar material erodido ou depositar. Neste sentido, a morfometria de bacias é utilizada como forma de caracterizar as feições encontradas na paisagem, já que as drenagens são os principais agentes modeladores. Para a determinação dos parâmetros morfométricos foram adotadas algumas rotinas com ferramentas específicas do Sistema de Informação Geográfica *ArcGIS* 10.3 e do programa *Excel Microsoft Office*. A partir do uso destas ferramentas, foram extraídos e calculados os parâmetros morfométricos de análise linear, zonal e hipsométrica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises morfométricas

Os resultados dos parâmetros morfométricos encontram-se na Tabela 1. As bacias estudadas possuem declividade média suave ($4,3^\circ$), índice de rugosidade moderado (116,7) e, baixa densidade de drenagem ($0,48\text{km}/\text{km}^2$). A Serra do Itapecuru apresenta forma alongada, com cerca de 100 km de extensão na direção WSW – ENE e 45 km de largura. As bacias estudadas apresentam drenagem desenvolvida principalmente nos falhamentos que ocorrem na região.

Em comparação às duas vertentes da serra, os riachos que drenam para o Alpercatas (norte) somam 286 canais de 1ª ordem, enquanto que os riachos que drenam para o Itapecuru (sul) somam apenas 142 canais de 1ª ordem. Os canais de primeira ordem por terem maiores declividades são os de maior contribuição ao processo erosivo das bacias hidrográficas, logo, a vertente do Alpercatas apresenta maior tendência à erosão em virtude da quantidade superior de canais de primeira ordem.

Tabela1: Parâmetros morfométricos das bacias amostradas.

Código	Nome dos rios	Área (km ²)	Lt (km)	Hb (m)	Hc (m)	Ord.	Dc (°)	Dd (km/km ²)	Ir	Kf	
rio Alpercatas	A1	rio Alpercatas	166,0	86,0	210	178	3 ^a	5,3	0,52	108,77	0,43
	A2	riacho do Gato	129,2	63,2	204	136	3 ^a	5,7	0,49	99,81	0,53
	A3	riacho Estiva	77,2	24,0	198	175	2 ^a	4,6	0,31	61,54	0,84
	A4	riacho Baixa Verde	216,6	66,8	206	187	4 ^a	3,4	0,31	63,54	4,31
	A5	riacho Alpercatinha	652,0	413,9	262	233	5 ^a	4,1	0,63	166,33	0,30
	A6	ribeirão da Aranha	272,2	167,2	241	234	4 ^a	4,8	0,61	148,11	0,39
	A7	riacho do Mosquito	255,4	183,4	235	194	4 ^a	5,2	0,72	168,74	0,79
rio Itapecuru	I1	rio Itapecuru	180,6	76,2	161	95	3 ^a	4,1	0,42	67,92	0,62
	I2	riacho Vão da Onça	64,7	15,3	185	160	1 ^a	3,5	0,24	43,61	0,28
	I3	riacho do Sítio	225,5	88,3	204	116	3 ^a	3,1	0,39	79,92	0,85
	I4	riacho do Brejo Escuro	125,9	73,4	178	159	3 ^a	4,3	0,58	103,81	0,40
	I5	riacho dos Porcos	282,8	181,4	237	221	4 ^a	4,3	0,64	152,03	0,29
	I6	riacho do Brejo Seco	181,7	81,2	226	215	3 ^a	3,8	0,45	101,01	0,42
	I7	riacho Brejo da Cachoeira	124,4	57,0	240	245	3 ^a	4,1	0,46	109,92	0,40

Fonte: Autoras (2016).

As áreas das bacias variaram de $64,7\text{ km}^2$ (I2) a 652 km^2 (A5), o que representou média de $211,01\text{ km}^2$. A densidade média de drenagem é baixa, $0,48\text{ km}/\text{km}^2$, e o fator de forma também é baixo $0,77$, o que indica que as bacias não têm tendência a sofrer enchentes.

Contudo, na bacia do riacho Baixa Verde (A4) este fator se mostrou mais alto (4,31). Isso se deve ao fato desta bacia ter a forma mais circular com a ramificação da drenagem. Em comparação, as bacias que drenam o Alpercatas englobam uma área de 582,89 km² a mais que as bacias do rio Itapecuru (1.768,48 km² [Alpercatas]; 1.185,59 km² [Itapecuru]), o que pode explicar a maior densidade de drenagem nas bacias do Alpercatas (0,51km/km²) em relação às bacias do Itapecuru (0,45km/km²).

A amplitude das bacias apresentou a variação de 161m a 262 m, com média de 213m. Destaca-se que cerca de 70% das sub-bacias do rio Alpercatas tem maior desnível topográfico, uma vez que apresenta as maiores amplitudes altimétricas. Esses dados caracterizam o relevo regional com áreas suavizadas, apresentando topos planos e extensas superfícies de erosão na base das chapadas. A declividade e o índice de rugosidade das bacias foram baixos (4,3° e 116,7, em média). Cerca de 78% da serra possui área com declividade menor que 6°, apresentando as maiores declividades apenas nas bordas da chapada coincidentes com o entalhamento da drenagem. Além disso, em virtude do predomínio de maior desnível topográfico nas sub-bacias do Alpercatas, as mesmas apresentam os maiores valores de declividade (70%), com variação entre 3,4° e 5,7° e, um pouco maiores em comparação com as do rio Itapecuru (3,1° a 4,1°).

Denudação química e rebaixamento geoquímico

Na Tabela 2, encontram-se os resultados das análises laboratoriais para as amostras de água superficial coletadas nas estações seca e chuvosa, juntamente com os dados de vazão medidos em campo nos pontos de coleta. No total, doze elementos químicos foram identificados nas amostras de água fluvial coletadas, onde nota-se que em sete bacias (A1, A2, A3, A4, I2, I3 e I5), a concentração de sólidos totais dissolvidos é maior no período seco que no período chuvoso. Isto ocorre porque, quando há abastecimento acentuado do escoamento superficial (estação chuvosa), a concentração de sais dissolvidos por unidade de volume tende a ser menor devido ao efeito de diluição. Já nas épocas onde o abastecimento é mantido principalmente pela contribuição subterrânea (estação seca), a concentração de sais dissolvidos é maior (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Os sólidos totais dissolvidos das quatorze bacias variaram entre 4,993 mg/L e 9,557 mg/L na estação seca e 5,837 mg/L e 12,932 mg/L na estação chuvosa. Observa-se que os rios que apresentaram maiores taxas de STD na estação seca foram os riachos Mosquito (A7;

9,557mg/L) e Brejo Seco (I6; 9,053 mg/L). Na estação chuvosa, foram os riachos da Aranha (A6; 11,661 mg/L) e da Cachoeira (I7; 12,932 mg/L). Já os que apresentaram menores taxas foram o riacho do Gato (A2; 6,190mg/L) e o rio Itapecuru (I1; 4,993 mg/L) na estação seca e, riacho do Gato (A2; 5,837 mg/L) e o riacho do Sítio (I3; 5,861 mg/L) na chuvosa. Dos resultados de STD, os elementos mais expressivos foram os íons de silício (Si), sódio (Na) e ferro (Fe), com ocorrência em todas as bacias estudadas. Os íons de cálcio (Ca) e potássio (K) também apresentaram alguma expressividade nas bacias (A5, A6 e A7). Os íons encontrados corroboram com a litologia local (sobretudo arenitos) onde os íons mais expressivos (Fe, Na e Si) estão presentes em todas as formações geológicas da área.

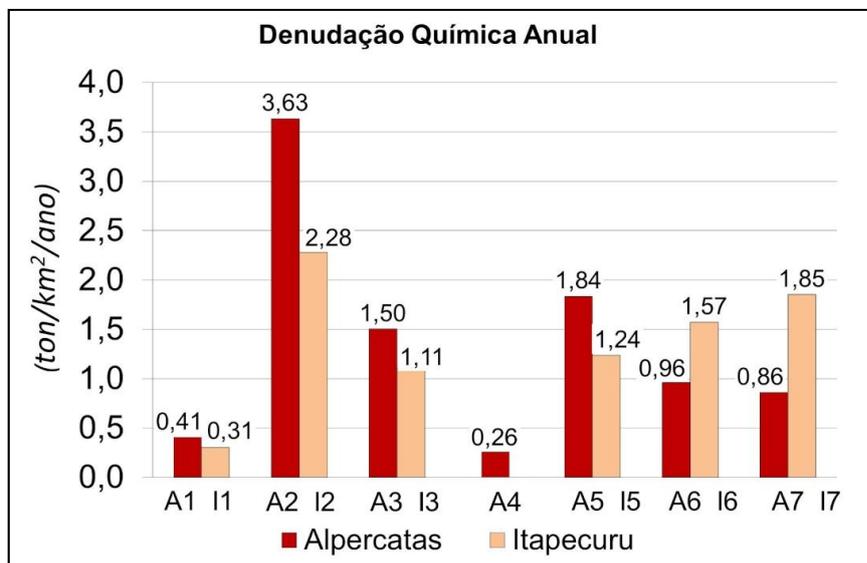
Os dados mostram também que há um aumento da vazão das bacias no período chuvoso, demonstrando a diferença do volume do rio nas duas estações. Por outro lado, a bacia I02 (riacho Vão da Onça) apresenta vazão inferior na estação chuvosa em relação à seca. Isto pode ter sido ocasionado pelo aumento do transporte de sedimento ocorrido no período chuvoso, embora neste período tem-se também o aumento do montante hídrico, conseqüentemente aumento da competência hídrica. No momento da precipitação, o transporte de sedimento é mais intenso, contudo, a drenagem da região é favorecida pela litologia arenítica que torna a região bem drenada, logo, o volume do rio sobe (durante a precipitação) mas volta ao estado natural muito rapidamente. Além disso, o acentuado processo de deposição com a presença de grandes bancos de areia no rio, tem influenciado na diminuição da capacidade de transporte pelo escoamento, tendo sua velocidade reduzida.

A taxa de denudação química das bacias que drenam para o rio Alpercatas foi de 0,43 ton/km²/sem (média) e 0,30 ton/km²/sem (mediana) no período seco; e no período chuvoso de 0,92 ton/km²/sem (média) e 0,75 ton/km²/sem (mediana). A taxa de denudação das bacias que drenam para o rio Itapecuru apresentou 0,49 ton/km²/sem (média) e 0,40 ton/km²/sem (mediana) no período seco. No período chuvoso as taxas de denudação foram de 0,87 ton/km²/sem (média) e 0,80 ton/km²/sem (mediana). A denudação química anual média da bacia do Alpercatas foi 1,35 ton/km² e da bacia do rio Itapecuru foi de 1,36 ton/km².

Os resultados mostram que o processo de denudação é muito semelhante em ambas as vertentes da Serra do Itapecuru, com pequena tendência à maior denudação dos afluentes diretos do rio Itapecuru, que drenam na vertente sul. Estes resultados mostram o comportamento denudacional de cada vertente, sendo que o total denudado quimicamente foi de 6,45 ton/km²/sem no período seco e, 11,62 ton/km²/sem no período chuvoso, somando um

total de 18,07 ton/km²/ano. Os resultados da denudação química da vertente sul e norte são apresentados comparativamente na Figura 5.

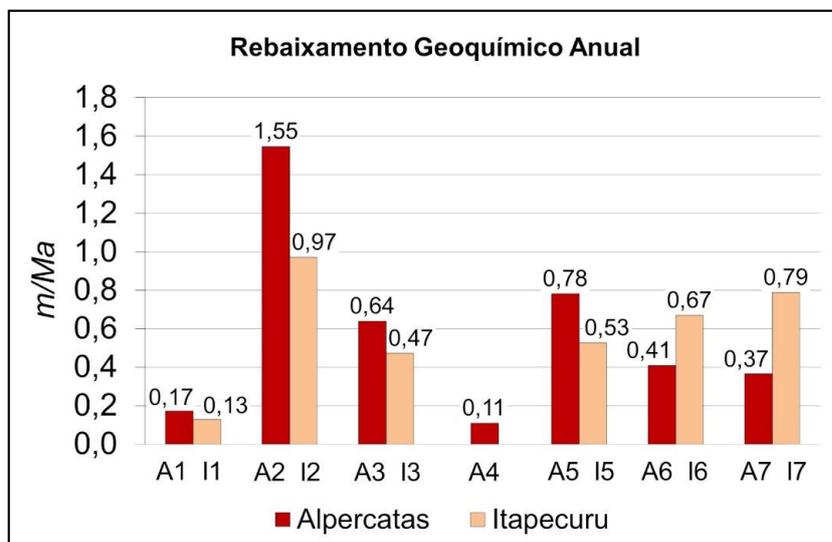
Figura 5 – Gráfico da Denudação Química Atual.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2016).

O rebaixamento geoquímico é maior nos rios onde os resultados da taxa de denudação também é maior como os pontos A2 e I2, que apresentam taxa de rebaixamento de 1,54m/Ma e 0,97m/Ma, respectivamente. Com isso, pode-se afirmar que, tanto a taxa de denudação química como a taxa de rebaixamento geoquímico são maiores nas bacias de menor área (A2 e I2). Isto é explicado por Leão (2011), que observou que bacias de cabeceiras, por terem maiores declividades e menores áreas, apresentam comportamento mais agressivo no processo denudacional. A taxa de rebaixamento geoquímico apresentou-se semelhante entre a vertente norte (0,575m/Ma) e a vertente sul (0,593m/Ma) (Figura 6).

Figura 6 – Gráfico do Rebaixamento Químico Atual.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2016).

Tabela 2: Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e taxa de denudação das bacias hidrográficas.

BACIA	Código	Estação do Ano	Vazão	Ba	Sr	Zn	Al	Fe	Mn	Ca	K	Na	P	S	Si	STD	Denudação
			m ³ /s	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
rio Alpercatas	A01	seca	0,138	0,0030	0,0008	<LQ	<LQ	0,0355	<LQ	<LQ	<LQ	0,8189	<LQ	<LQ	5,4716	6,330	0,083
		chuvosa	0,538	0,0038	0,0010	<LQ	0,0381	0,2115	0,0108	0,0440	<LQ	0,9795	<LQ	<LQ	5,0108	6,299	0,322
	A02	seca	1,705	0,0020	0,0009	<LQ	<LQ	0,0158	<LQ	<LQ	<LQ	0,7979	<LQ	<LQ	5,3736	6,190	1,289
		chuvosa	3,292	0,0016	0,0004	<LQ	0,0136	0,0506	<LQ	<LQ	<LQ	0,8409	<LQ	0,1172	4,8129	5,837	2,346
	A03	seca	0,318	0,0022	0,0008	0,0083	<LQ	0,0291	<LQ	<LQ	<LQ	0,8780	0,0666	<LQ	5,4588	6,444	0,419
		chuvosa	0,861	0,0023	0,0006	<LQ	0,0489	0,1747	<LQ	<LQ	<LQ	0,9572	<LQ	<LQ	4,9647	6,149	1,083
	A04	seca	0,274	0,0038	0,0010	0,0476	<LQ	0,0901	<LQ	<LQ	<LQ	0,9279	0,0713	<LQ	5,1277	6,269	0,125
		chuvosa	0,310	0,0009	<LQ ²	<LQ	<LQ	0,1381	<LQ	<LQ	<LQ	1,2368	<LQ	<LQ	4,5045	5,880	0,133
	A05	seca	3,266	0,0047	0,0018	<LQ	<LQ	0,0125	<LQ	0,1150	<LQ	1,9143	0,0666	<LQ	5,5377	7,653	0,605
		chuvosa	5,868	0,0065	0,0040	<LQ	0,0190	0,3166	0,0059	0,2299	0,3517	2,0898	<LQ	0,1305	5,5118	8,666	1,231
	A06	seca	0,402	0,0070	0,0020	<LQ	<LQ	0,0307	<LQ	0,0375	0,3979	2,3790	0,0732	<LQ	6,2720	9,199	0,214
		chuvosa	1,103	0,0094	0,0027	<LQ	0,0165	0,5479	0,0072	0,1326	0,9868	<LQ	3,3719	<LQ	6,5865	11,661	0,746
	A07	seca	0,505	0,0053	0,0031	0,0071	<LQ	0,0537	0,0026	0,2147	0,3103	2,6515	0,0665	0,1648	6,0773	9,557	0,298
		chuvosa	0,810	0,0043	0,0023	<LQ	0,0275	0,3199	0,0053	0,1459	0,6954	3,5953	<LQ	0,1811	6,2473	11,224	0,562
rio Itapecuru	I01	seca	0,096	0,0018	0,0011	0,0081	<LQ	0,0905	0,0051	0,1529	<LQ	0,4048	0,0725	<LQ	4,2558	4,993	0,042
		chuvosa	0,250	0,0017	0,0006	0,0094	0,0430	0,3493	<LQ	0,0737	<LQ	2,1302	<LQ	0,1349	9,3279	12,071	0,263
	I02	seca	0,948	0,0035	0,0012	0,0169	<LQ	0,0173	<LQ	<LQ	<LQ	0,9551	0,0655	<LQ	5,5068	6,566	1,517
		chuvosa	0,528	0,0023	0,0007	<LQ	<LQ	0,0288	<LQ	0,0304	<LQ	0,9106	<LQ	<LQ	4,9646	5,937	0,764
	I03	seca	1,076	0,0060	0,0010	0,1077	<LQ	0,0121	<LQ	<LQ	<LQ	0,9285	<LQ	<LQ	5,3217	6,377	0,480
		chuvosa	1,530	0,0023	0,0006	0,0000	<LQ	0,0268	<LQ	<LQ	<LQ	0,9503	<LQ	<LQ	4,8806	5,861	0,628
	I04	seca	0,296	0,0111	0,0010	0,1915	<LQ	0,0733	<LQ	<LQ	<LQ	1,4547	<LQ	<LQ	5,1590	6,891	0,255
		chuvosa	x ¹	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	I05	seca	0,928	0,0040	0,0014	<LQ	<LQ	0,0133	<LQ	0,0485	<LQ	1,7643	<LQ	<LQ	5,9684	7,800	0,404
		chuvosa	2,043	0,0036	0,0009	<LQ	<LQ	0,0456	<LQ	0,0401	<LQ	1,8624	<LQ	<LQ	5,3462	7,299	0,832
	I06	seca	0,367	0,0696	0,0028	0,5177	0,0306	0,0459	0,0024	<LQ	<LQ	2,2335	<LQ	0,2314	5,9188	9,053	0,288
		chuvosa	1,376	0,0088	0,0023	<LQ	0,0231	0,7259	0,0095	0,0854	0,3398	3,3710	<LQ	0,1258	6,0622	10,754	1,285
	I07	seca	0,418	0,0035	0,0014	<LQ	<LQ	0,0344	<LQ	0,0298	<LQ	2,0252	<LQ	<LQ	6,0011	8,096	0,429
		chuvosa	0,867	0,0099	0,0030	<LQ	0,0909	1,0618	0,0090	0,2139	0,9633	3,4385	<LQ	0,1519	6,9902	12,932	1,422

Fonte: Elaborado pelas autoras (2016).

1: Não foi possível coletar dados dessa bacia no período chuvoso em virtude de problemas de acesso ao ponto de coleta.

2: <LQ: valor inferior ao limite de quantificação do equipamento Espectrofotômetro de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP OES) modelo Agilent/725 CCD.

Geologia e denudação química

As formações que ocorrem na área das bacias estão na Figura 2. Observa-se que em todas as bacias predominam arenitos; com exceção da Cobertura Detrito-Laterítica Paleogênica, composta de lateritas ferruginosas compactas e; a Formação Mosquito, formada por sucessão de derrames basálticos com intercalações de camadas sedimentares. As formações de maior ocorrência nas bacias são a Itapecuru, a Cobertura Detrito-laterítica Paleogênica e os Coluviões Pleistocênicos (ausência nas bacias I6 e I7). Já as outras formações ocorrem em menor proporção e exclusivamente em algumas bacias, como: a Formação Sambaíba, nas bacias I5, I6, I7 e A1; a Formação Grajaú, nas bacias A5, A6 e A7; a Formação Mosquito, exclusivamente na bacia A1; e a Formação Corda, somente na bacia I7.

Os íons mais presentes nas amostras de água corroboram com o substrato geológico da região: (i) os íons de ferros, provenientes principalmente da extensa Cobertura Laterítica Paleogênica, que cobre o topo da Serra, onde há presença significativa do mineral hematita (Fe_2O_3) e; (ii) os íons de silício, muito abundantes nos grãos de quartzo (SiO_2), presente nas formações areníticas, em especial na Formação Itapecuru, que é um quartzo-arenito cuja composição mineralógica atinge cerca de 80% de quartzo, com 15% de fragmentos líticos (quartzito) e caulinita (NASCIMENTO & GÓES, 2007). E, em algumas camadas, a Formação Itapecuru intercala ainda leitos de siltitos e folhelhos que normalmente são compostos por argilominerais como a caulinita, calcita, pirita e clorita, e feldspato-K. Característica também, presente na Cobertura Detrito-Laterítica Neogênica que possui em sua camada superior presença de solo argilo-arenoso (GALDINO & PELLEGRIN, 2003).

Estes resultados indicam que a dinâmica natural da ciclagem das rochas, passa pela fase onde os minerais mais solúveis da rocha, ou seja, os minerais cimentantes (carbonato de cálcio, óxidos de ferro, sílica, entre outros) já foram bastante lixiviados, restando as areias quartzosas que são materiais mais resistentes e, intemperizadas mais lentamente, por isso os baixos teores de íons dissolvidos na água dos rios.

Evidências de processos erosivos mecânicos

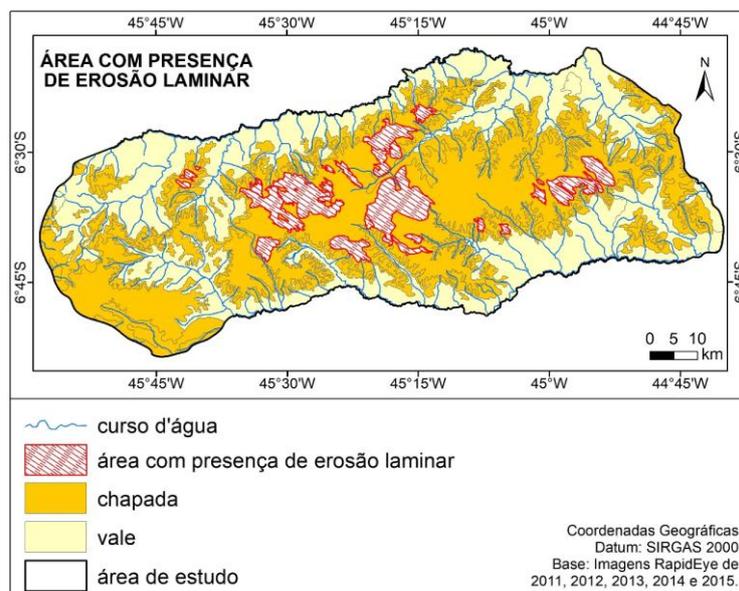
As taxas encontradas revelaram que a intensidade da denudação química é baixa. Isto representa para o estudo da evolução de uma paisagem, o momento atual da dinâmica geomorfológica, chegando-se à conclusão de que, se a denudação química está baixa, significa que a denudação mecânica está atuando de maneira mais expressiva. Sobre isto,

Suguio (1980) afirma que os processos de intemperismo dão origem a duas frações constituintes: os solutos e os resíduos. Os solutos tendem a ser lixiviados do perfil de intemperismo, e os resíduos correspondem a parte mais resistente à dissolução em água, sendo composto principalmente de quartzo. A partir dos resultados, conclui-se que a tendência natural na área de estudo é que atualmente, os processos erosivos mecânicos sejam mais expressivos, ou seja, existem condições para o processo de denudação mecânica se instale e seja mais agressivo pois, o processo de denudação química já não é intenso.

Isto é explicado também, pelo condicionante estrutural que é muito forte no desenvolvimento dos processos denudacionais onde, foi constatado na região um alto grau de intemperismo indicado pela presença do argilo-mineral caulinita e pela alta lixiviação dos minerais cimentantes das rochas, o que é refletido nas baixas taxas denudacionais químicas. Observa-se ainda que o processo de erosão é muito ativo nas rochas areníticas da Formação Itapecuru nas altas e médias vertentes da região e, nos topos onde ocorrem marcas de erosão laminar (Figura 7), que mostra a predominância de processo denudacional mecânico tanto no topo como nas vertentes, associado às zonas de instabilidades provocadas pelos falhamentos e litologias friáveis, que são superfícies muito susceptíveis ao desenvolvimento dos processos erosivos na área.

Sendo assim, a dinâmica da paisagem da região se mostra bastante ativa, comprovada pela tendência atual de predominância de processos de denudação mecânica em detrimento da denudação química. O que contribui para retardar estes processos naturais é a presença da vegetação de Cerrado, porém, mesmo sendo uma área protegida, a presença de queimadas na região é recorrente.

Figura 7 – Erosão Laminar na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As baixas taxas de denudação química atual e o do rebaixamento geoquímico indicaram uma evolução lenta do relevo da Serra do Itapecuru do ponto de vista geoquímico. As vertentes sul e norte apresentaram taxas de denudação semelhantes. Contudo, observou-se a tendência das sub-bacias do rio Alpercatas apresentarem maior potencial erosivo em relação às sub-bacias do rio Itapecuru. Isto devido ao maior grau de entalhamento das drenagens do Alpercatas, associados à ocorrência de fenômenos de captura fluvial ao longo do divisor hidrográfico.

A presença de areias quartzosas e o baixo os baixos teores de íons dissolvidos na água dos rios evidenciam que, atualmente, a morfogênese regional, tem sido influenciada pelos processos erosivos mecânicos, por meio da erosão laminar, presente no topo, e dos sulcos que se formam nas escarpas da serra. Outros fatores que corroboram com a evolução do relevo da serra estão associados ao arcabouço estrutural e litológico, com forte controle dos falhamentos sobre a rede drenagem e à presença de litologias friáveis na área.

Nesse contexto, o processo de erosão remontante continuará atuando nas cabeceiras, promovendo o desenvolvimento de novas capturas fluviais. Esse cenário aponta para um processo evolutivo de segmentação da Serra do Itapecuru em blocos menores, impulsionado pela erosão mecânica, como tem sido a tendência evolutiva regional, a exemplo da Serra das Alpercatas, Serra da Croeira e Serra Vermelha.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMA pelo auxílio financeiro no projeto de pesquisa e aos professores Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior e Dra. Adriana Trópia de Abreu da Universidade Federal de Ouro Preto pelas análises laboratoriais.

Trabalho enviado em março de 2019

Trabalho aceito em agosto de 2019

REFERÊNCIAS

BARRETO, H. N; VARAJÃO, C. A. C; SALGADO, A. A. R; VARAJÃO, A. F. D. C; NALINI JÚNIOR, H. A. Estudo das taxas de denudação química da Serra do Espinhaço Meridional (MG), com base na carga catiônica dissolvida. In: **Geociências**, v. 31, n. 4, p. 534-552. São Paulo, UNESP, 2012.

BERTOSSI, A. P. A; KLIPPEL, V. H; PELUZIO, T. M. O; MENEZES, J. P. C; CECÍLIO, R. A. Análise Morfométrica da Sub-Bacia do Córrego Horizonte, Alegre-Es, utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG). In: **Nucleus**, v.8, n.2, nov.2011.

BURBANK, D.W. Anderson R.S.. **Tectonic Geomorphology**. EUA: Blackwell. 2001. 274p.

CASTRO, S. B. & CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: **SCIENTIA PLENA VOL. 5, NUM. 2. 2009. ISSN: 1808-2793.**

CHEREM, L. F. S; VARAJÃO. C. A. C. SALGADO, A. A. R; VARAJÃO, A. F. D. C; BRAUCHER, R; BOURLÉS, D; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P; NALINI JÚNIOR, H. A. Denudação química e rebaixamento do relevo em Bordas interplanálticas com substrato granítico: dois exemplos no SE de Minas Gerais. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia - v. 13, nº 1 – 2012.**

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia Fluvial: Vol I o canal fluvial**. São Paulo: Blucher, 1981.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CORDANI, Umberto G.; NEVES, Benjamim Bley de Brito; THOMAZ FILHO, Antonio. Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras (Atualização) In: **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 205-219, 2009.

COSTA, J.B.S., BEMERGUY, R.L., HASUI, Y., BORGES, M.S., FERREIRA JÚNIOR, C.R.P., BEZERRA, P.E.L., COSTA, M.L. & FERNANDES, J.M.G. Neotectônica da Região Amazônica: Aspectos Tectônicos, Geomorfológicos e Depositionais. In: **Geonomos**, 4 (2): 23-44, 1996.

CPRM. **Geodiversidade do estado do Maranhão**. BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento (Org.) – Teresina: Programa Geologia do Brasil, CDD 551.098121. 2013.

CUNHA, S. B. Capítulo 5: Geomorfologia Fluvial. In: CUNHA, S. B; GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. – 4ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

FEITOSA, A. C & TROVÃO, J R. **Atlas escolar do Maranhão: espaço geo-histórico e cultural**. João Pessoa: Grafset, 2006.

GALDINO, S; PELLEGRIN, L. A. **Diagnostico e Diretrizes do PCBAP relativos à Erosão na Bacia do Alto Taquari**. EMBRAPA. Corumbá – MS. 2003.

GÓES, Ana Maria. **A formação Poti (Carbonífero Inferior) da Bacia do Parnaíba**. (Tese) Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar. USP – São Paulo. 1995.

IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Sistematização das Informações sobre Recursos Naturais**. 2017.

LEÃO, M. R; REZENDE, E. A; SALGADO, A. A. R; NALINI JÚNIOR, H. A. Erosão, Denudação e Evolução do Relevo da Média Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.2, (Abr-Jun) p.113-124, 2012.

LEÃO, Maria Ribeiro. **Desnudação Geoquímica e Evolução do Relevo nas Vertentes Leste e Oeste da Serra do Espinhaço Meridional-MG**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal De Minas Gerais – UFMG, Programa de Pós-graduação em Geografia. – Belo Horizonte, 2011.

NASCIMENTO, M. S; GÓES, A. M. Petrografia de arenitos e minerais pesados de depósitos cretáceos (Grupo Itapecuru), Bacia de São Luís-Grajaú, norte do Brasil. In: **Revista Brasileira de Geociências**. 37(1): 50-63, 2007.

OLIVEIRA, P. T. S; SOBRINHO, T. A; STEFFEN, J. L; RODRIGUES, D. B. B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.8, p.819–825, 2010. ISSN. 1807-1929.

RADAM. **FOLHA SB.23 Teresina e Parte da Folha SB.24 Jaguaribe**. Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. 1973.

RECKZIEGEL, E. W; ROBAINA, L. E. de S. Estudo de Parâmetros Morfométricos do Relevo e da Rede de Drenagem da Área Situada Entre os Rios Jaguari e Ibicuí no Município de São Vicente do Sul – RS. In: **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia – Geomorfologia Tropical e Subtropical: processos, métodos e técnicas**. Goiânia, 6 a 10 de setembro de 2006.

REZENDE, E. A; LEÃO, M. R; SALGADO, A. A. R; OLIVEIRA, C. K. R; NALINI JÚNIOR, H. A. A Influência Litológica Nas Taxas De Denudação Geoquímica Do Médio Espinhaço Meridional – Mg. In: **Sociedade & Natureza – Uberlândia**, 22 (3): 503-514pg. 2010.

SALGADO, A. A. R; VALADÃO, R. C. Contribuição da Desnudação Geoquímica na Evolução da Erosão Diferencial no Espinhaço Meridional – MG. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 4, Nº 2 (2003) 31-40pg.

SUGUIO, Kenitiro. **Rochas Sedimentares: propriedades, gênese e importância econômica**. São Paulo: Edgard Blucher. Ed. da Universidade de São Paulo. 1980.

SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology: an introduction to the study of landforms**. New York: Longman Scientific & Technical, 1991.

TELFORD, W. M., GELDNART L. P., SHERIFF R. E. **Applied Geophysics**. Cambridge, University Press. 1990.

THOMAS, M. F. **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. West Essex, Jonh Wiley & Sons. 1994. 460p.

TUCCI C. E. M. **Hidrologia aplicada: ciência e aplicação**. Porto Alegre, Editora da UFRGS. 2002.