

ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS DA PROVÍNCIA ESTRUTURAL PARNAÍBA

GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL ASPECTS OF THE STRUCTURAL PROVINCE OF THE BASIN OF PARNAÍBA RIVER

Filipe Silva Passos

Licenciado em Geografia. Universidade
Federal do Piauí (UFPI)
E-mail: fpassosufpi@hotmail.com

RESUMO

A pesquisa tem como objetivo central evidenciar os aspectos geológicos e geomorfológicos da Província Estrutural Parnaíba. Abordando a evolução, embasamento e características da natureza das rochas, no caso, as sedimentares, que predominam na província em estudo, além de demonstrar o panorama geral do relevo constituinte da Província Parnaíba. O referencial teórico expõe o conceito e os tipos de bacias sedimentares predominantes no Brasil, em seguida, são feitas concepções a respeito dos tipos de relevo predominantes em estruturas sedimentares (chapadas, mesas, cuestas, morros-testemunho etc.) e nas zonas de contato (depressões periféricas). Ênfase ao conceito de Província Estrutural no exterior e sua repercussão no Brasil e a posterior implantação merecem destaque. A Província Estrutural Parnaíba composta por quatro bacias sedimentares (Parnaíba, Alpercatas, Grajaú e Espigão Mestre) é estudada nos preceitos da Carta Litoestratigráfica. Ademais, a geomorfologia é exibida pelas Unidades de Relevo, delimitadas e classificadas através do mapeamento feito pelo Projeto RADAMBRASIL. A metodologia consiste numa revisão bibliográfica, compondo trabalhos recentes desenvolvidos por órgãos como CPRM e PETROBRÁS (Boletim de Geociências), além do uso de geotecnologias para o mapeamento geomorfológico. É válido adicionar as leituras feitas com base na literatura compreendida durante o curso Geografia. Portanto, os aspectos geológico-geomorfológicos da Província Parnaíba apresentam uma forte variabilidade, tanto no conjunto das formas de relevo quanto na composição geológica, contudo, merece ser acentuadamente estudada para fins científicos, com o objetivo de esclarecer dúvidas e oferecer subsídios aos zoneamentos ecológico-econômicos.

Palavras-chave: Geologia; Geomorfologia; província estrutural; Parnaíba; carta litoestratigráfica; mapeamento geomorfológico.

ABSTRACT

The main objective of this research is to highlight the geological and geomorphological aspects of the Structural Province of the Parnaíba River Basin. Addressing the evolution, foundation and characteristics of the nature of the rocks, in this case, the sedimentary ones, which predominate in the province of the case study, in addition to demonstrating the general panorama of the constituent relief of the Parnaíba River's Province. The theoretical framework exposes the concept and types of sedimentary basins predominant in the Brazil, then conceptions are made regarding the predominant types of relief in sedimentary structures (plateaus, mesa, cuevas, testimonies, etc.) and in contact zones (peripheral depressions). Emphasis on the concept of Structural Province abroad and its repercussion in Brazil and the subsequent implementation are worth mentioning. The Parnaíba River's Structural Province is composed of four sedimentary basins (Parnaíba, Alpercatas, Grajaú and Espigão Mestre) and studied according to the precepts of the Lithostratigraphic Chart. Furthermore, the geomorphology is displayed by the Relief Units, delimited and classified through the mapping done by the RADAMBRASIL Project. The methodology consists of a bibliographic review, composing recent works developed by important companies such as CPRM and PETROBRÁS (Geosciences Bulletin), in addition to the use of geotechnologies for geomorphological mapping. It is valid to add the readings made based on the literature understood during the geography degree course. Therefore, the geological-geomorphological aspects of the Parnaíba River's Province present a strong variability, both in the set of relief forms and in the geological composition, however, it deserves to be sharply studied for scientific purposes, with the objective of clarifying doubts and offering subsidies to ecological-economical zoning.

Keywords: Geology; Geomorphology; Parnaíba river's structural province; lithostratigraphic charts; geomorphological mapping.

INTRODUÇÃO

Este trabalho é parte de uma Monografia desenvolvida originalmente durante a disciplina de Prática de Campo em Geografia, requisito para obtenção do título de Graduado em Licenciatura em Geografia, pela UFPI.

Intitulado "Aspectos Geológicos e Geomorfológicos da Província Estrutural Parnaíba", este trabalho justifica-se pelos questionamentos adquiridos no decorrer do Curso de Geografia, atribuídos a bibliografia do referido tema que se encontrava dispersa – artigos, monografias, dissertações etc. - e não oferecia um esclarecimento de forma didática para maioria dos graduandos, obrigando-os a buscarem diversas fontes para então elucidação das dúvidas sobre diversos assuntos que desencadeavam em mais descobertas e interrogações.

O objetivo geral consiste em exibir o panorama das características geológicas e geomorfológicas da Província Parnaíba. Aos aspectos geológicos, os pontos abordados abrangem o conceito de bacia sedimentar e os principais tipos existentes no Brasil, outro ponto se refere ao conceito de Província Estrutural no Brasil, além da análise da estrutura geológica através da interpretação da Carta Litoestratigráfica das bacias constituintes da Província Parnaíba. Quanto aos aspectos geomorfológicos, conceitos fundamentais são expostos neste trabalho no que concerne o tipo de relevo em bacias sedimentares, tais como mesas, chapadas, morros-testemunho, cuevas etc. Ademais, a hidrografia é ilustrada através dos mapas e mantém relação intrínseca com as feições de relevo em virtude do seu papel erosivo capaz de moldar a paisagem geomorfológica.

As técnicas de mapeamento geomorfológico adotadas pelo Projeto RADAMBRASIL são evidenciadas neste trabalho, destacando conceitos-chave como Tipos de Modelado, Unidades Geomorfológicas, Região Geomorfológica e Domínio Morfoestrutural, com o intuito de explicar como foi possível a classificação geomorfológica de toda a Província Parnaíba até então nomeada de Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão ou Meio-Norte.

A metodologia consiste numa revisão bibliográfica sobre os referidos assuntos abordados na monografia, compondo trabalhos recentes desenvolvidos por órgãos como CPRM e PETROBRÁS (Boletim de Geociências),

além do uso de geotecnologias para o mapeamento geomorfológico, a exemplo do software ArcGis 9.3.

REFERENCIAL TEÓRICO

Formação de Bacias Sedimentares

Definição

A definição de bacia sedimentar geralmente está associada à deposição intensa de sedimentos numa depressão dada, com extensão territorial acima de dezenas de quilômetros quadrados (km²), sedimentação essa proveniente de ambientes continentais e/ou marinhos. Os sedimentos advindos de áreas continentais resultam em boa parte dos processos intempéricos que atuam sobre a superfície terrestre. A sedimentação marinha é resultante das flutuações climáticas que proporcionaram a instabilidade no nível dos oceanos através movimentos eustáticos que ocasionaram nas transgressões e regressões marinhas, estas que transportaram e depositaram a matéria orgânica (fósseis) e inorgânica (sedimentos).

Os estudos de paleoeventos (formação dos continentes, paleoambientes, paleoclimas etc.) e de sedimentologia evoluíram junto à tecnologia, que proporcionaram maior debate sobre as questões que envolvem a complexa formação de bacias sedimentares e seus diversos tipos e origens.

Em termos de definição, afirmar que bacia sedimentar é uma depressão ocupada por detritos carregados das áreas circundantes (GUERRA, 2009) é estar excluindo um dos princípios do estudo geomorfológico, o da causalidade (explicação), pois o tempo geológico e os movimentos eustáticos principalmente refutam tal afirmação. Portanto, bacia sedimentar é uma porção deprimida do escudo que foi recoberta pelos sedimentos

provenientes dos oceanos em seguida exodados (expostos), possuindo uma disposição estrutural calma horizontal ou suavemente inclinada (PENTEADO, 1983).

É válido observar as definições dadas acima, referem-se às estruturas de acamamento intracratônico, porém, existem outros tipos de bacia que são diferenciadas segundo o seu arcabouço tectônico, ou melhor, relacionado à origem e formação do embasamento litológico no qual a cobertura sedimentar se organizou.

Identificação e Classificação de Bacias Sedimentares

Existem diversos tipos de bacias sedimentares que seguem uma gama de classificações, porém, podemos identificá-las através da sua forma tectônica, como a exemplo da proposta de POPP (1998) e que abrange três parâmetros:

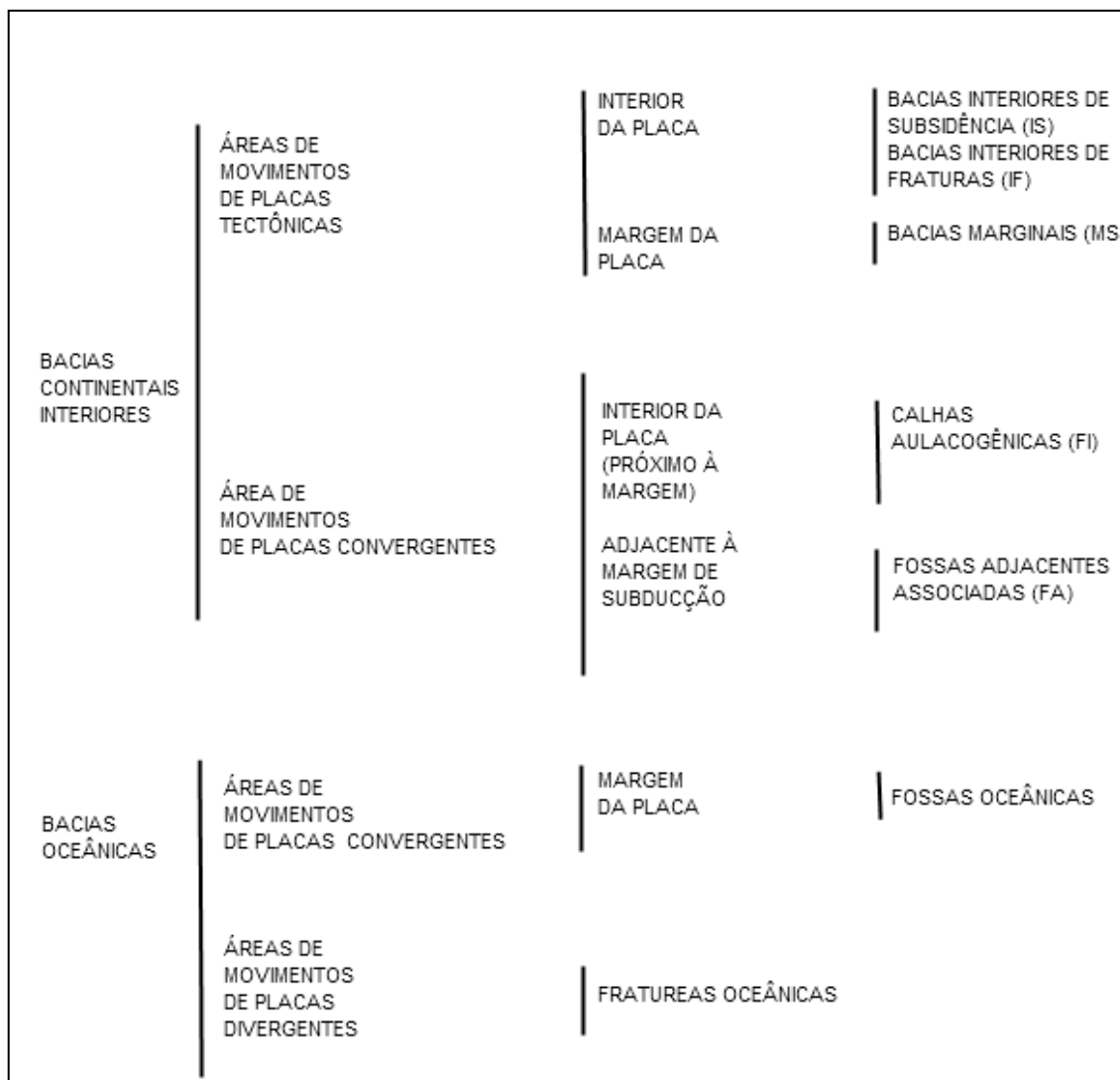
- a) a composição da crosta subjacente da bacia que poderá ser a crosta continental ou oceânica;
- b) a identificação do tipo de movimento de placa que ocorreu durante a formação da bacia, fundamentalmente ocorre dois de movimentos de placas que afetam a formação da bacia: divergente e convergente;

Os movimentos orogênicos afetam as margens ativas das placas em colisões frontais e quando intensas transmitem vibrações para o interior das placas cratônicas afetando as áreas maiores produzindo fraturamentos e modificando as bacias interiores. As margens convergentes ou divergentes encontram-se tanto em crostas continentais quanto oceânicas.

- c) posição da bacia em relação às placas: intraplaca ou marginal. Este parâmetro é baseado na posição que a bacia ocupa na placa (intraplaca ou marginal) e na presença ou ausência de estruturas tectônicas (basculamentos*, afundamentos, falhas normais, transcorrentes ou de cavalgamento*).

Identificada a origem do arcabouço litológico das bacias, o próximo passo consiste em classificá-las. Foram criadas diversas classificações de variados autores no decorrer das décadas, porém, a ênfase é dada à classificação de KINGSTON (citado pelo IBGE, 1998) que resume bem o objetivo do estudo, pois sua priorização está no princípio da tectônica de placas e torna mais didática a compreensão deste tema tão complexo (Quadro 1).

Quadro 1- Classificação das Bacias (Kingston et al, 1983 citado por IBGE, 1998)



Fonte: IBGE (1998).

Apesar de serem encontradas quase todos os tipos de bacias sedimentares na placa sul-americana, serão restringidas as Bacias Interiores de Subsidiência (IS) e as Bacias Interiores de Fratura (IF), pois correspondem ao tema do trabalho, no sentido de que a Província Estrutural Parnaíba apresenta estes dois tipos de bacias sedimentares.

As IS são encontradas no interior de massas continentais e apresentam formas circulares e ovais, causada por movimentos verticais, com a formação de depocentros* e soerguimento das bordas.

Sobre IF, estão presentes na crosta continental no interior das placas atuais ou ainda em margens crustais de antigas placas continentais. São geradas a partir de esforços divergentes e tensões que ocorrem dentro da placa continental. Temos predominância de falhamentos, horsts* e grabens* associados à subsidiência*.

Tipos de desenvolvimento de Bacias Continentais Interiores ou Bacias Sedimentares Intracratônicas

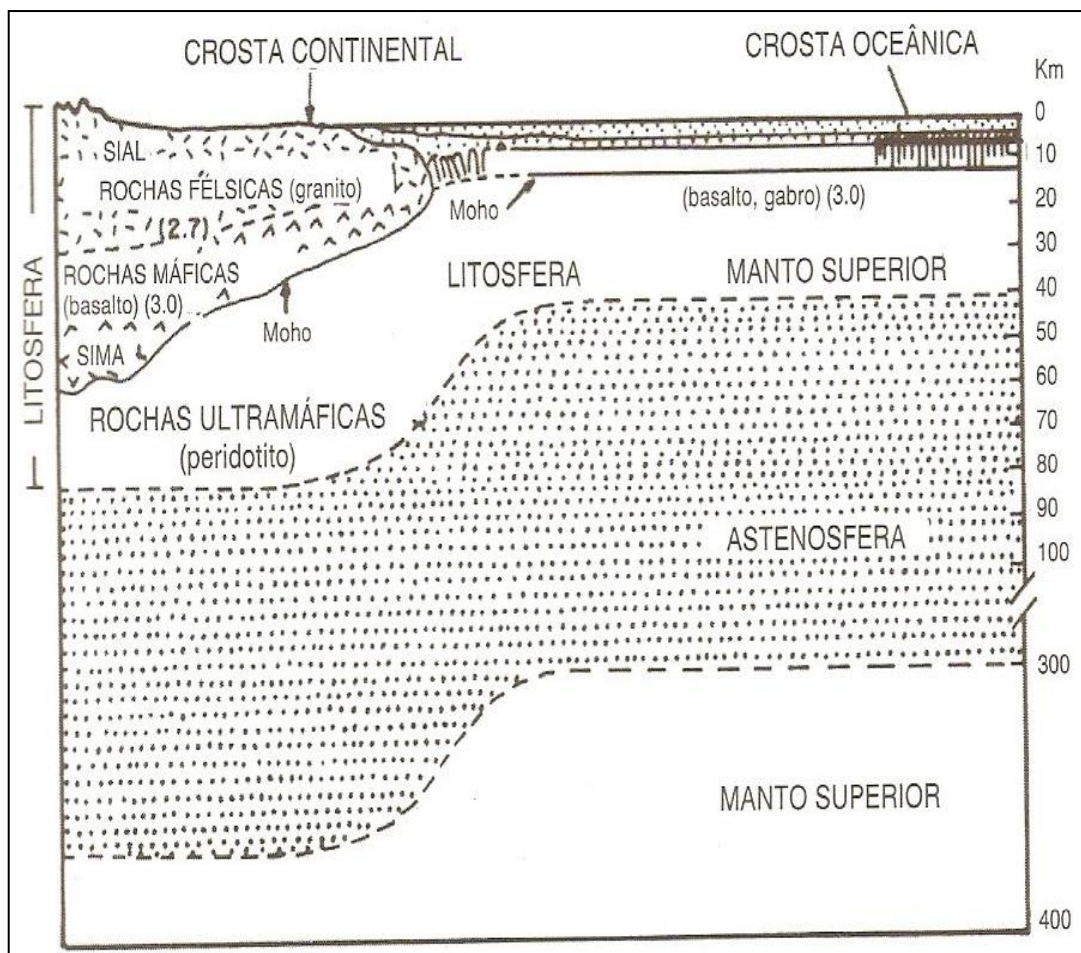
De início, é preciso que seja feito o esclarecimento a respeito dos conceitos de: crosta da terra, com sinônimos de crosta terrestre e litosfera; crosta continental e crosta oceânica; e astenosfera. Termos que comumente causam confusão e equívocos entre os geógrafos.

Antônio José Teixeira Guerra no Dicionário Geológico-Geomorfológico (2009) conceitua crosta terrestre como a parte sólida do globo terrestre também chamada de litosfera (esfera de pedra) com espessura que é avaliada em 60 a 120 quilômetros. Acentua que não se deve restringir apenas às terras emersas, mas também as imersas. Ou seja, as terras emersas correspondem à crosta continental, que são compostas por silicatos de

alumínio (SIAL) - rochas félsicas* como o granito - e as imersas constituem-se de silicatos de magnésio (SIMA) - rochas máficas* a exemplo do basalto.

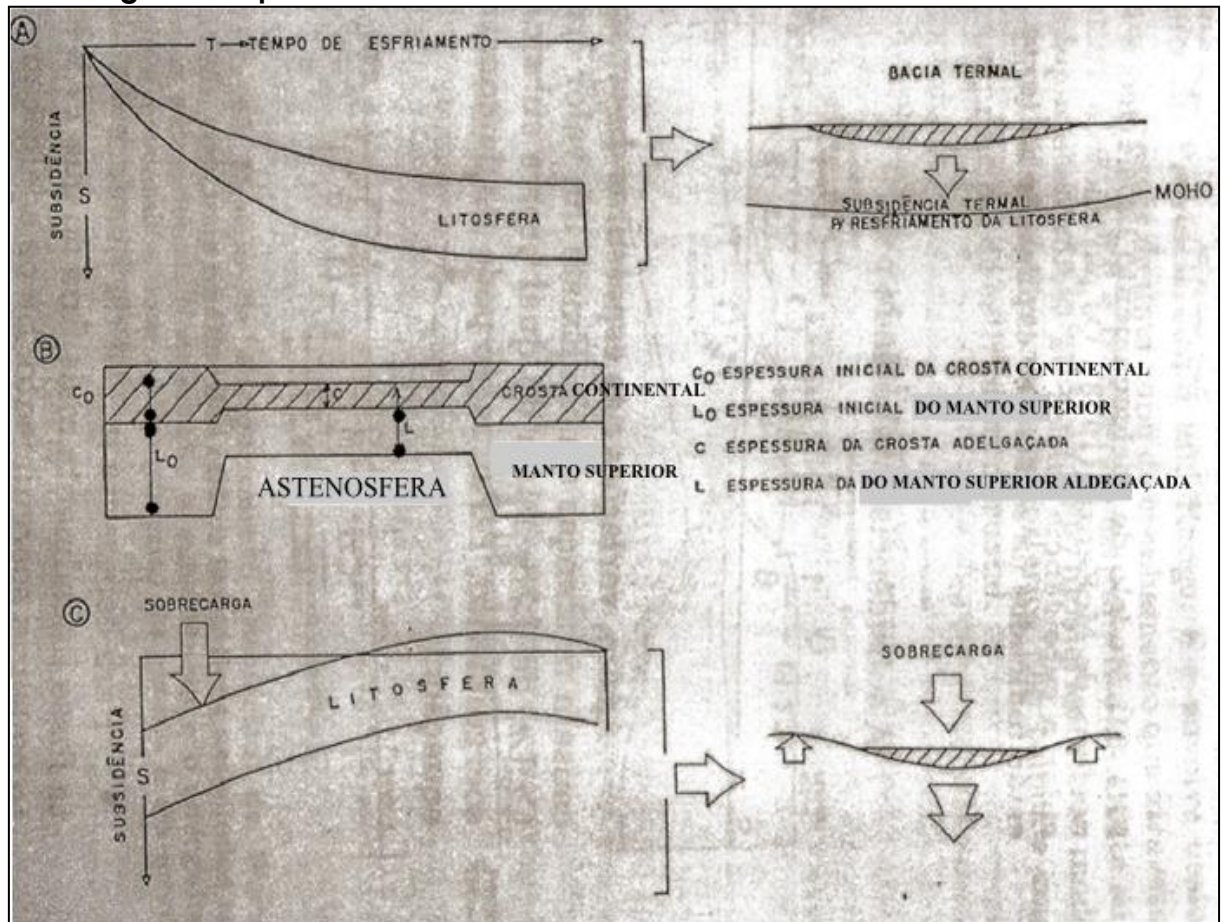
Astenosfera segundo Guerra (2010) é a denominação dada à zona ligeiramente mais plástica que está sob a crosta rígida, isto é, a litosfera. Para Winge (2010) é a geosfera situada entre 60-100 a 250-400 quilômetros da superfície da Terra. Faz parte do manto superior, tem características geológicas plásticas distintas da litosfera acima que é rígida e rúptil e dela está separada pela zona de baixa velocidade sísmica onde se verifica um salto no gradiente térmico ($>1.000^{\circ}\text{C}$) (Figura 1).

Figura 1 - Perfil esquemático da litosfera. Densidades médias nos parênteses



Fonte: Guerra (2009).

Figura 2 - Tipos de desenvolvimento de Bacias Interiores de Subsidiência



Fonte: Costa (1992). Modificado pelo autor.

Segundo Costa (1992) o desenvolvimento de bacias sedimentares interiores ou vulcano-sedimentares, geram-se a partir (Figura 2):

a) da subsidência tectônica associada ao arrefecimento (resfriamento) litosférico: neste tipo de desenvolvimento, o resfriamento da crosta terrestre dá-se com a progressão do tempo geológico, com isso, há um adensamento e aumento da espessura litosférica;

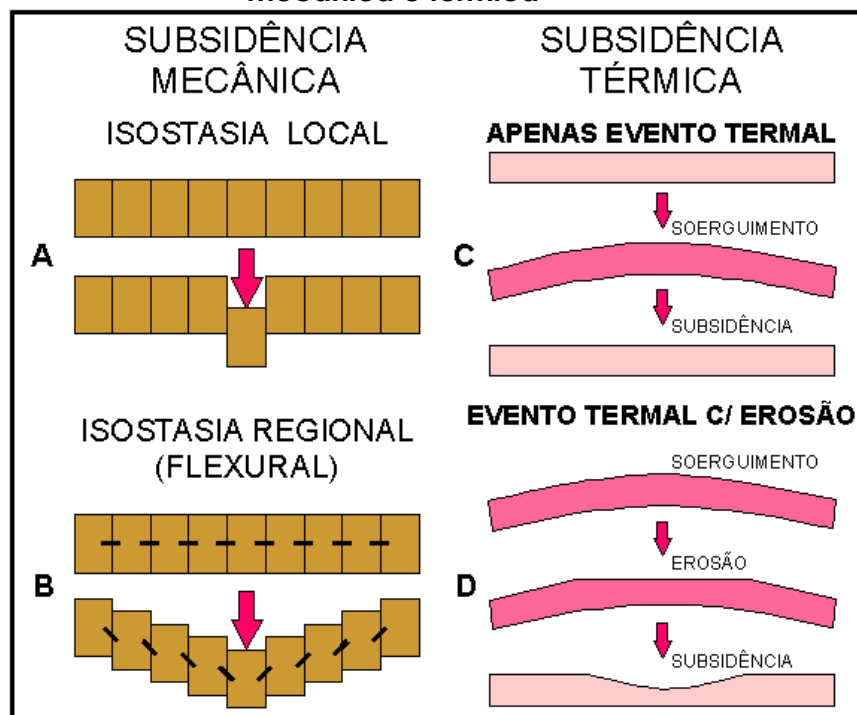
b) do estiramento litosférico: é resultado da instabilidade resultante dos eventos distintos no manto litosférico, a exemplo das plumas térmicas (hot-spot). Com o aumento da temperatura na porção superior em virtude das

altas temperaturas presentes nos hot spots, a crosta é afetada e sua espessura é adelgadaçada devida a alta potência termal que alcança a astenosfera*.

c) do efeito da carga de sedimentos: a sobrecarga de sedimentos através do aumento do nível de acumulação, portanto, o resultado será a subsidência tectônica.

Quanto ao fenômeno de subsidência, ele pode ser de caráter local, quando causada pela distensão e ruptura da litosfera, ou regional, quando causada por mecanismos de manutenção do equilíbrio isostático (Figura 3).

Figura 3 - Representação esquemática dos processos de subsidência mecânica e térmica



No caso de subsidência mecânica local (A), apenas um bloco é submetido à carga e subsidência, ao passo que na regional (B) uma grande área sofre flexão. Nos eventos térmicos apenas (C), a quantidade de subsidência que ocorre por resfriamento é igual à quantidade de soerguimento relacionada ao aquecimento da crosta. Para que uma bacia seja criada por processos térmicos é necessário então que outros processos (D) atuem em conjunto (Exemplo a erosão, afinamento da crosta, etc.).

Fonte: Lima e Hamsi Junior (2003).

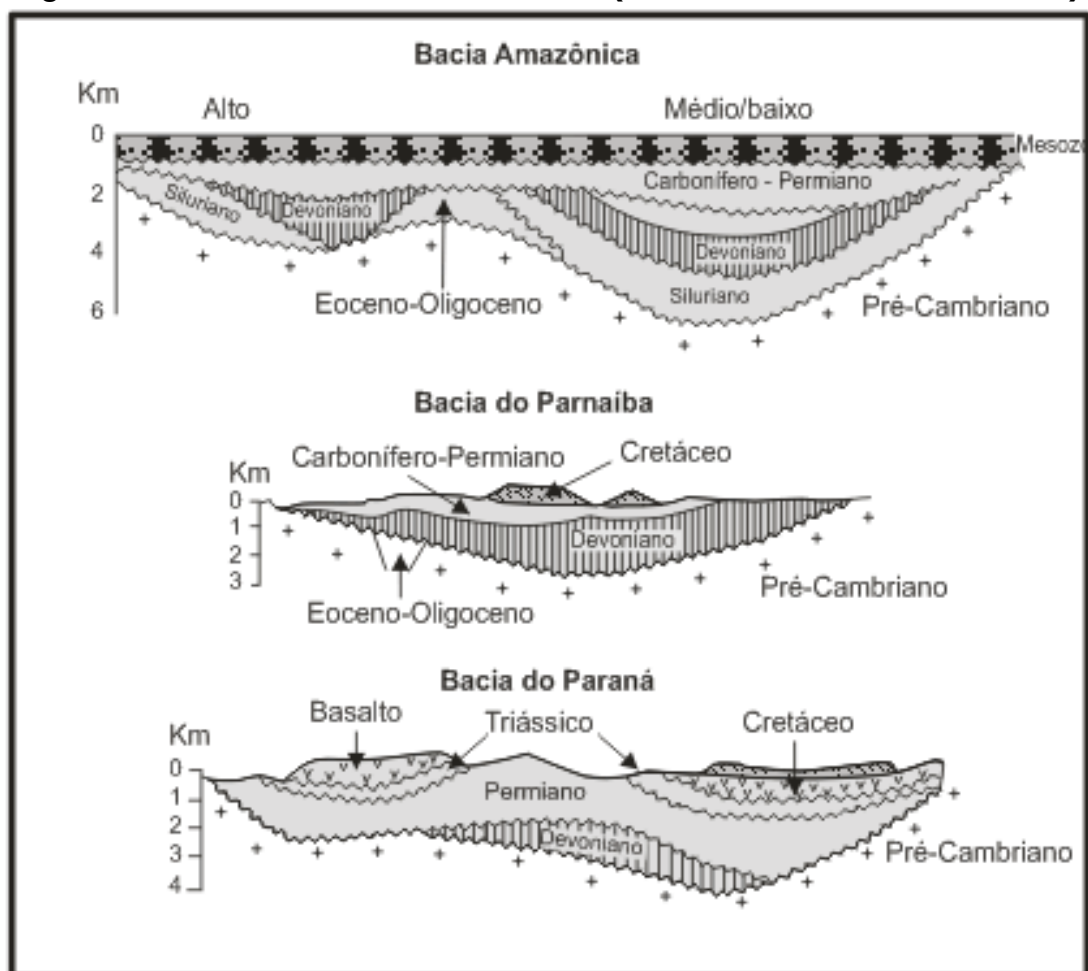
A placa litosférica deriva sobre o substrato mais fluido do manto, a astenosfera. Quando, por algum motivo, uma carga é acrescida à superfície da placa – transgressões e regressões marinhas advindas dos movimentos eustáticos - ela sofre subsidência por flexura* para readquirir o equilíbrio através da isostasia*. Uma das consequências do efeito isostático é o soerguimento regional, por outro lado, a isostasia pode causar soerguimento regional quando uma carga é retirada ou pode causar soerguimento nas bordas das áreas afundadas flexuralmente, como um efeito secundário (ombreiras flexurais). A subsidência pode ser classificada como mecânica, quando é resultante da deformação ou ruptura crustal, ou térmica, quando é resultado da alteração do estado térmico da litosfera (Avegine; Paola Citado Por, Lima; Hamsi Junior, 2003).

A subsidência térmica resulta também do processo de compensação isostática. A distensão de uma placa litosférica leva ao seu afinamento, que se dá pela ascensão do topo da astenosfera. O topo da astenosfera é definido pelo limite térmico abaixo do qual ocorre a fusão parcial das rochas do manto. A ascensão da astenosfera também pode ser causada pela atuação de uma pluma mantélica (*hot spot*). Estas plumas são anomalias térmicas oriundas provavelmente do contato entre o manto e o núcleo que, ao atingirem a placa, enfraquecem a litosfera circundante e causam vulcanismo na superfície. Após a ruptura de uma placa litosférica, ela tende a se resfriar e retornar à situação original. Isso se dá pelo rebaixamento do topo da astenosfera em virtude do esfriamento e adensamento das rochas do manto. Tal adensamento corresponde a uma carga que induz à subsidência flexural da placa, por isostasia (Lima; Hamsi Junior, 2003).

Um exemplo típico são as três principais bacias sedimentares brasileiras que se formaram nas faixas intracratônicas (Figura 4), apresentam-se ligeiramente falhadas e o entulhamento intenso de sedimentos favoreceu o fenômeno de subsidência resultando na compensação isostática, que

ocasionou soerguimento marginal (bordas) de boa parte das bacias sedimentares e a formação do depocentro*.

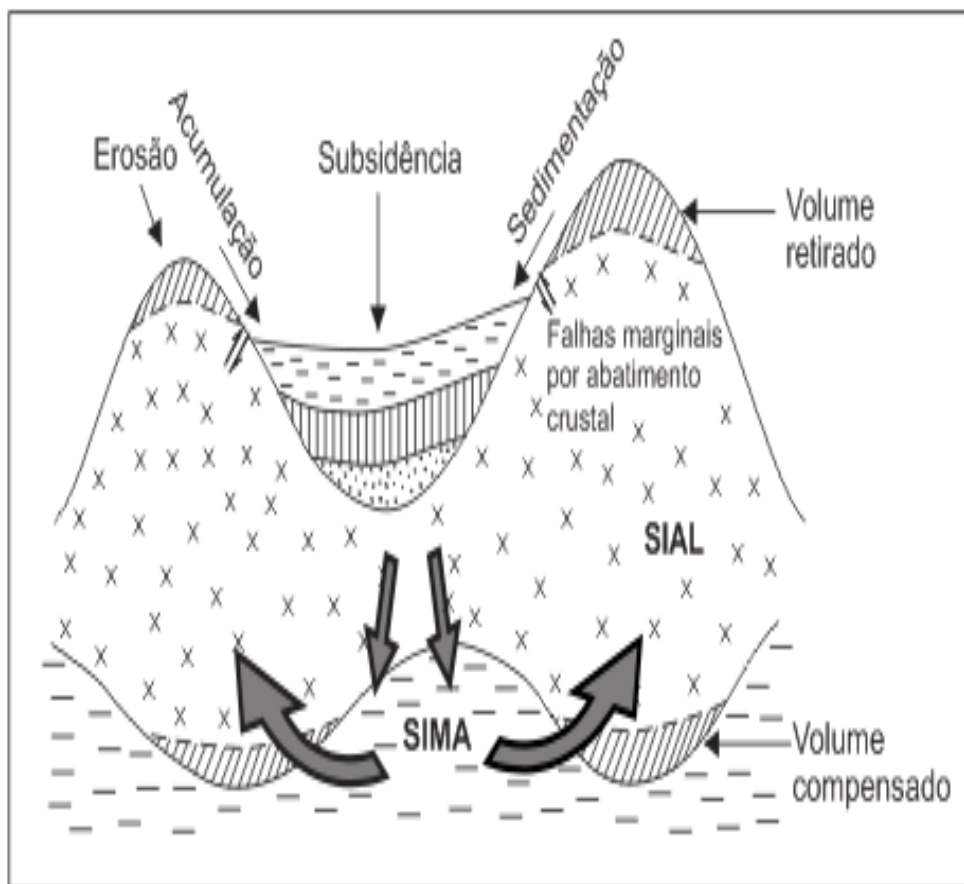
Figura 4 - Bacias Sedimentares Brasileiras (Amazônica, Parnaíba e Paraná).



Fonte: Caseti (2006).

A erosão nas bordas passivas no decorrer do tempo geológico proporcionou a desagregação de detritos, o volume retirado converge para o ponto mais baixo formando o depocentro. Este ao passe que vai se acumulando exerce pressão sobre a crosta terrestre, ou seja, quando o silicato de alumínio (SIAL) pressiona o silicato de magnésio (SIMA) a astenosfera é ativada e entra o processo de compensação isostática (Figura 5).

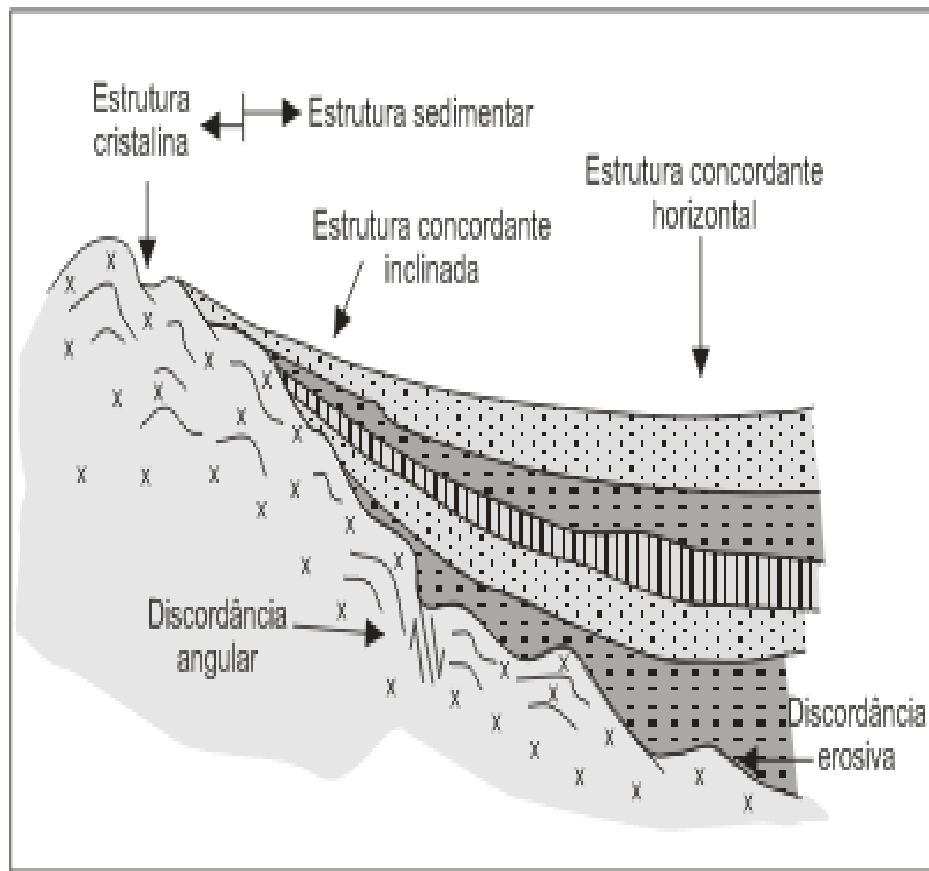
Figura 5 - Subsidiência e compensação isostática



Fonte: Casseti (2006).

Em geral as sequências sedimentares das bacias brasileiras dispõem-se através das sinéclises (Figura 6). Entendemos por sinéclise como uma estrutura geológica desenvolvida em plataforma continental, com amplitude regional de dezenas de milhares de quilômetros quadrados, na forma de ampla bacia com mergulhos muito fracos e convergentes de pacote, geralmente espesso, de camadas sedimentares, é produzida por lento abaulamento negativo da crosta ao longo de vários períodos geológicos (Winge, 2001).

Figura 6 - Disposição das camadas nas sequências sedimentares



Fonte: Caseti (2006).

A disposição das camadas estratificadas ao longo das bacias sedimentares apresenta diferenciações na arquitetura do relevo, ou seja, compartimentação morfoestrutural, com predominância de relevos cuestiformes e tabuliformes que serão discutidos agora.

Relevos Derivados em Estruturas Sedimentares

Escala de Estuo e Relevo predominante

No decorrer do tempo geológico, o planeta sofreu influências endógenas e exógenas. Os endógenos são os movimentos orogenéticos e epirogenéticos. Os orogenéticos correspondem a um conjunto de processos geológicos que resultam na formação de uma cadeia de montanhas e

relacionado com a tectônica de compressão das placas tectônicas (colisão). Os Epirogenéticos são movimentos verticais, positivos ou negativos da crosta terrestre geralmente lentos e abrangem uma ampla região, em decorrência de reações isostáticas atuantes em áreas cratônicas e, também, em áreas oceânicas, menos perceptíveis (Winge, 2010). Quanto aos exógenos a principal interferência é através do clima e dos seus agentes intempéricos, seja de origem fluvial, eólica, precipitação pluviométrica etc. Portanto, estes diversos fatores foram imprescindíveis para a diferenciação da paisagem física global.

Distintas formas de relevo compõem a superfície do planeta, a variabilidade na maioria das vezes é em virtude da origem da natureza das rochas no qual estão sustentadas, a exemplo das grandes unidades de relevo relacionadas a eventos tectônicos tais como os escudos antigos e dobramentos modernos.

O relevo a ser discutido no trabalho baseia-se na Escala de Grandeza do Estudo Geomorfológico, proposto por Tricart (1965 *apud* Penteado, 1983), no qual o terceiro táxon compreende o nível de análise.

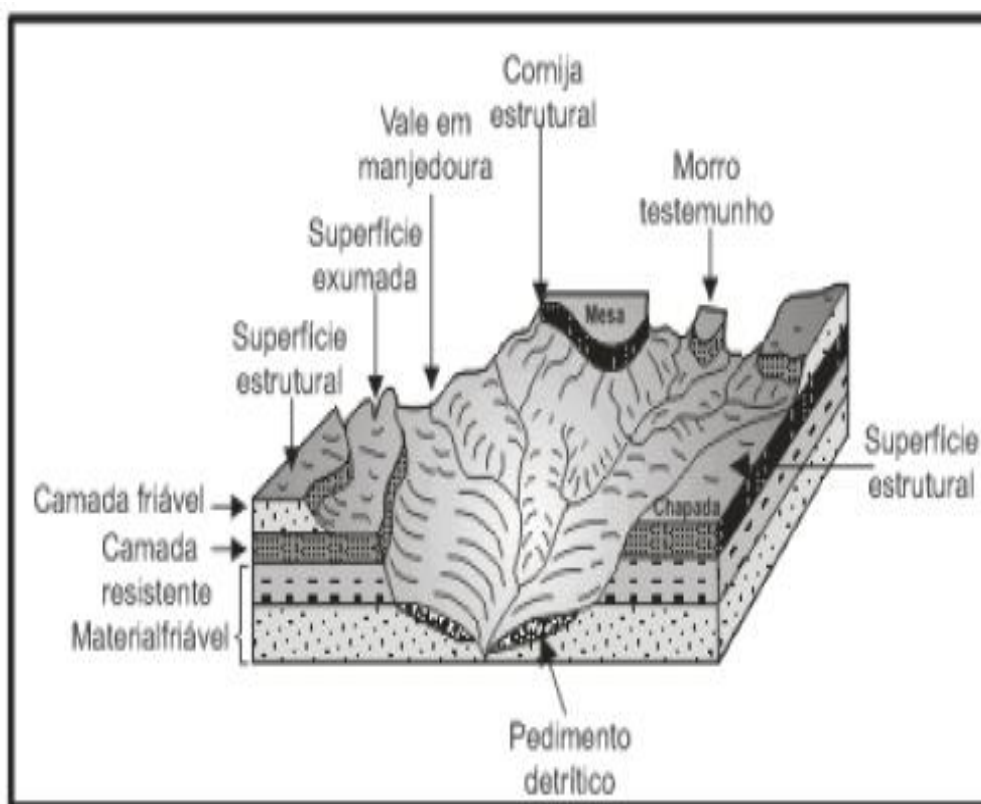
A Terceira Ordem de Grandeza corresponde às unidades menores, com dezenas de milhares de quilômetros quadrados. A paisagem é estudada do ponto de vista de sua evolução, com ênfase nos estágios de desnudação. As pequenas unidades estruturais são focalizadas nesse tipo de abordagem a exemplo das bacias sedimentares brasileiras.

Outra referência a ser dada é ao Manual Técnico de Gemorfologia (IBGE, 1996) que baseado no Projeto RADAMBRASIL criou um sistema de classificação de relevo. As formas de relevo situadas sobre estruturas sedimentares está alocada no primeiro táxon, que ficou conhecido como Domínios Morfoestruturais que são grandes unidades morfológicas que se destacam tipos de relevo específicos daquelas áreas, na tentativa de correlacionar forças endógenas e exógenas na esculturação do relevo.

As morfoestruturas sedimentares apresentam uma estrutura calma, pouco falhada, com forte horizontalidade e disposição de suas camadas estratificadas que indicam discordâncias ou não (Penteado, 1983).

O relevo esculpido sobre as coberturas sedimentares é basicamente do tipo tabular e cuestiforme, tais como: planícies estruturais, depressões periféricas, planaltos tabulares e cuestas (Figura 7).

Figura 7 - Visão geral das feições geomorfológicas em estrutural horizontal



Fonte: Caseti (2006).

Tipos de Estruturas em Bacias Sedimentares

Segundo Margarida Penteado (1983), uma bacia sedimentar comporta basicamente três tipos de estruturas, que se arranjam de acordo com a disposição das camadas estratigráficas, portanto, temos:

a) concordante horizontal: Constituída de camadas horizontais ou quase horizontais empilhadas. Como as mesas, chapadas, morros-testemunho etc.;

b) concordante inclina, monoclinal ou homoclinal: Constituída de camadas superpostas, levemente inclinadas (2° a 10°), numa direção constante. As estruturas monoclinais são relevos subtabulares, dissimétricos (cuestas);

c) discordante: Plano estratigráfico é interrompido por uma linha de corte, resultando na descontinuidade do plano horizontal homogêneo.

As estruturas que serão enfatizadas no trabalho são as do tipo concordante horizontal e inclinada, em sua soma, tabuliformes e cuestiformes.

Relevo em estrutura concordante horizontal: Tabuliforme

Trata-se de formas estruturais caracterizadas por sequências sedimentares horizontais que ocorrem com frequência no interior das bacias sedimentares. As formas mais comuns nas estruturas concordantes são chapadões, chapadas e mesas (Cassetti, 2006). A Figura 8 mostra uma visão geral das feições geomorfológicas presentes em estruturas horizontais sedimentares.

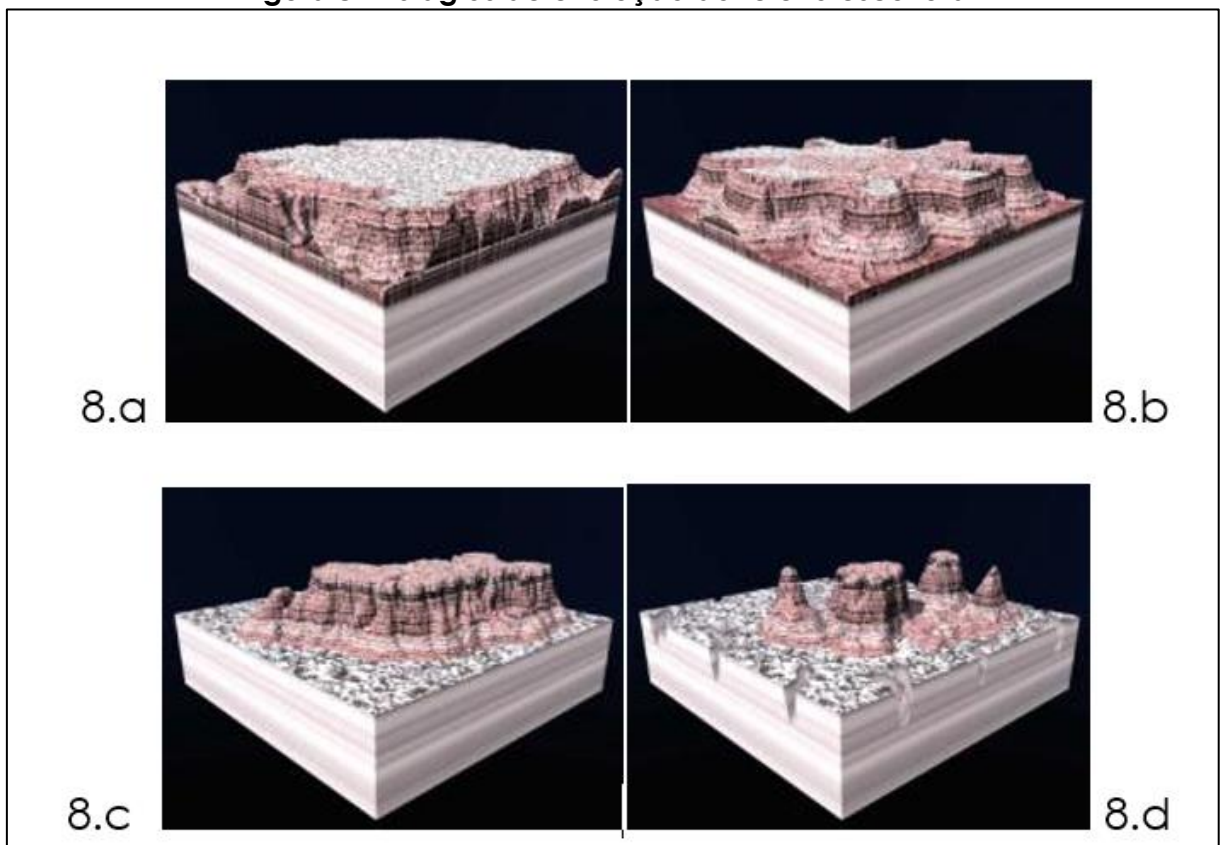
As chapadas de modo geral são caracterizadas por topos planos horizontais, resultantes ou não de aplainamentos erosivos, coincidentes com a disposição estrutural, muitas vezes sustentado por bancadas ferruginosas que oferecem resistência ao recuo das vertentes. As mesas são remanescentes de uma antiga superfície, cujos terrenos ao redor foram escavados e retirados pela erosão. O morro-testemunho é uma colina de topo plano situado adiante de uma escarpa de cuesta, mantido pela camada mais resistente.

Sobre os efeitos dos agentes intempéricos, as estruturas entram no trabalho de esculturação, a partir da remoção ou lixiviação dos sedimentos friáveis, contudo, as porções resistentes ficam em evidência e o material

transportado constrói os vales em manjedoura. A superfície estrutural mais resistente é exposta sob a camada mais tenra que foi retirada pelo processo erosivo intenso, portanto, dizemos que temos a superfície estrutural é exumada (Penteado, 1983).

Com a evolução dos processos erosivos sobre as camadas sedimentares horizontais, o resultado será a formação de relevos do tipo escultural como: mesas (a), mesetas (b), pilares (c) e pináculos (d). A erosão regressiva que atua sobre as encostas (cornijas) resulta numa paisagem final desgastada onde se sobressaem as feições que têm a camada mais resistente (Figuras 8a, 8b, 8c, 8d).

Figura 8 - Estágios de evolução do relevo escultural



Fonte:

http://www.ufrgs.br/geociencias/cporcher/Atividades%20Didaticas_arquivos/Geo02001/geomorfologia.htm

Relevo em estrutura homoclinal inclinada: Cuestiforme

O termo homoclinal é referente ao conjunto de camadas que possuem um mergulho regular e na mesma direção. O relevo disposto em cuevas são seções caracterizadas por camadas litoestratigráficas inclinadas, razão pela qual comumente aparecem nas bordas das bacias sedimentares, mergulhando em direção ao seu centro (Cassetti, 2006).

As condições ideais para o desenvolvimento do relevo de cuevas são (Penteado, 1983):

- 1º - A existência de camadas inclinadas (estrutura homoclinal);
- 2º - Alternância de camadas de resistência diferente: duras e tenras;
- 3º - Ataque por erosão, à medida que se processa a epirogênese positiva das bordas da bacia

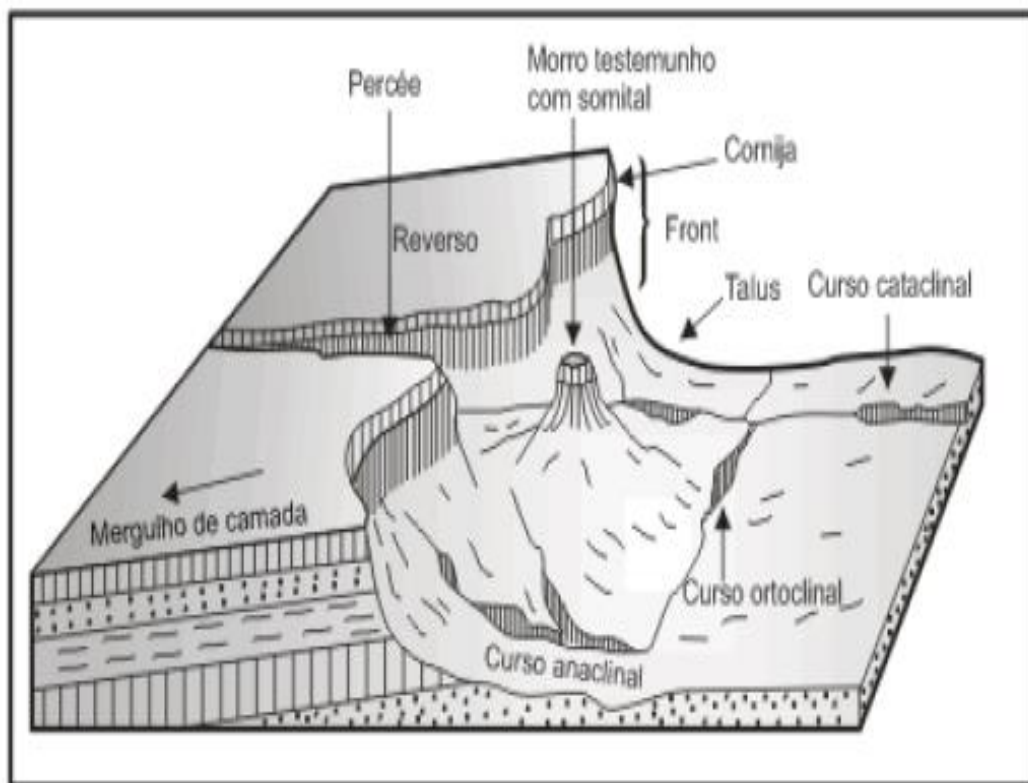
Sua morfologia é basicamente dissimétrica, fracamente inclinada (declive < 30°), constituída de um lado por um perfil côncavo em declive íngreme (front), delineado pela cornija e tálus em sua porção frontal e lado oposto por um planalto suavemente inclinado (reverso).

A cornija é a parte superior do front sustentada pela camada resistente e o tálus é a inclinação abaixo da cornija, a partir da linha de contato da camada resistente com a tenra.

Nas proximidades da cuesta temos os morros-testemunho, que representam um fragmento do reverso, pois releva a antiga posição da cuesta. Atacada pela erosão por todos os lados, com influência direta dos cursos hídricos de procedência cataclinal, ortoclinal e anaclinal, respectivamente são (Figura 9):

- a) conseqüente: corre segundo o mergulho das camadas;
- b) subseqüente: corre segundo as camadas perpendiculares a um rio;
- c) obseqüente: corre no sentido contrário ao mergulho das camadas, perpendicular às camadas e pela encosta mais abrupta.

Figura 9 - Identificação dos elementos que caracterizam uma cuesta.

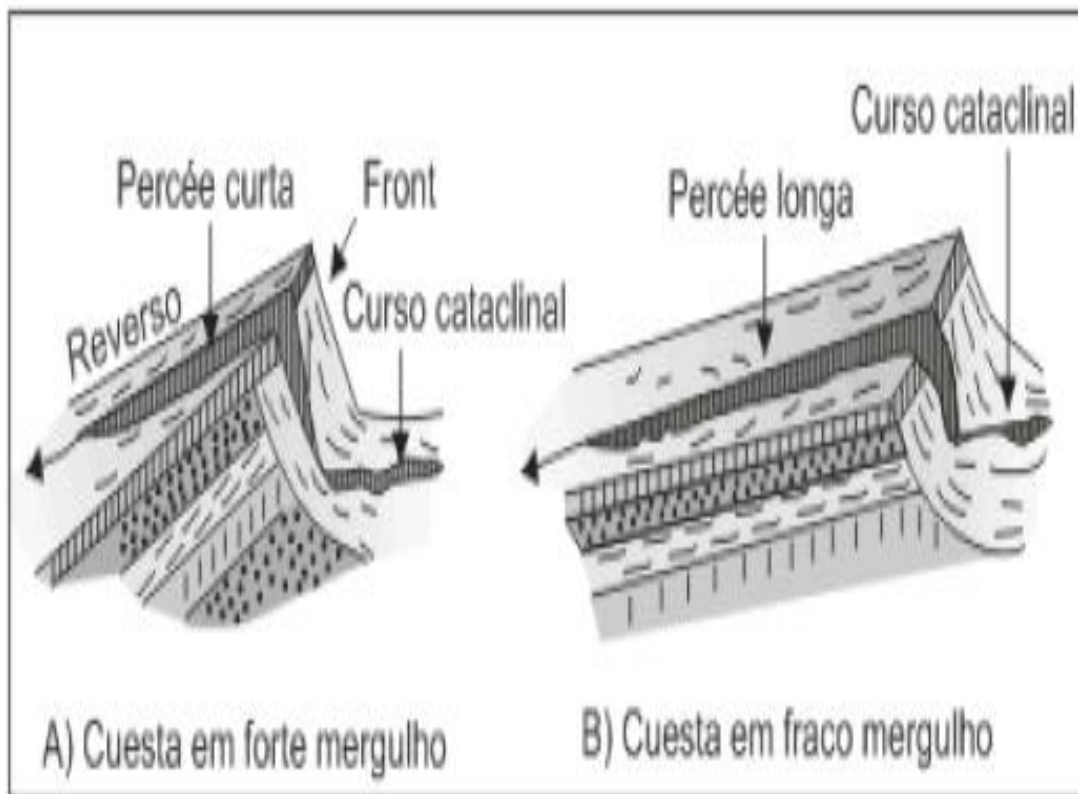


Fonte: Caseti (2006).

A depressão ortoclinal é a área embutida ou deprimida, a partir do front da cuesta, resultante de processo de desnudação* comandado pela drenagem ortoclinal (cursos subseqüentes). No caso de cuestras relacionadas a contato estrutural (cristalino-sedimentar), geralmente as depressões encontram-se "abertas" em direção às rochas mais antigas, suporte das seqüências sedimentares, e deprimidas em direção ao front.

Ainda deve-se considerar a possibilidade de percées, que são boqueirões escavados no front da cuesta por superimposição de cursos cataclinais, ante os esforços epirogenéticos. A extensão das percées depende do mergulho da camada, ou, mais especificamente, da extensão do próprio reverso (Figura 10). Assim, quanto menor o mergulho da camada, maior a extensão do reverso e maior a amplitude das percées (Caseti, 2006).

Figura 10 - Mergulho das camadas e a proporção da extensão dos percées



Fonte: Casseti (2006).

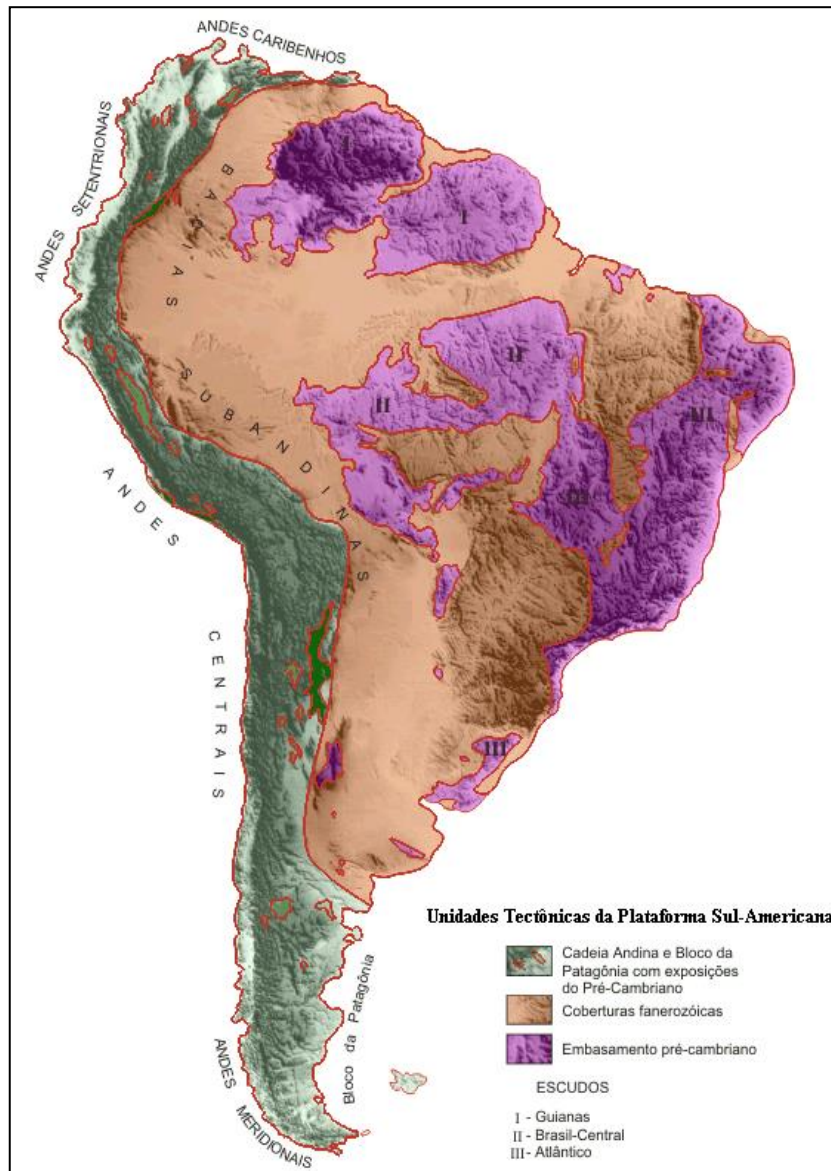
PROVÍNCIAS ESTRUTURAIS BRASILEIRAS

Geologia Sul-Americana

Ao tratarmos sobre geologia do Brasil, precisamos antes de tudo situá-la no contexto sul-americano para entendermos o arranjo estrutural atual, resultante de atividades orogenéticas e epirogenéticas no decorrer do tempo geológico.

Durante décadas os mapas geológicos confeccionados classificavam a geologia sul-americana em dois grandes arranjos tectônicos estruturais, incluindo também a área de instabilidade tectônica dos Andes (Figura 11).

Figura 11 - Porção Continental da Placa Sul-Americana



Fonte: BIZZI *et al.*, 2003. Modificado pelo autor.

A respeito da análise da Figura 11, alguns termos precisam ser lembrados para que a compreensão seja eficiente, tais como: plataforma, orógenos, cráton, faixas móveis e Plataforma Sul-Americana. As definições a seguir foram extraídas de Cunha e Guerra (2006) - organizadores – no qual, através das palavras do geólogo Fernando Roberto Mendes Pires afirma que:

a) plataforma: a definição mais simples consiste em cráton de estrutura sílica ou, ainda, entidade constituída de núcleos cratônicos estáveis

e mais antigos, circundados por orógenos proterozóicos já consolidados. Portanto, conceitos de idade e/ou tempo geológico são necessários em sua definição;

b) orógenos: representam resultados do processo de interação de placas litosféricas num período de tempo específico, figuradamente verdadeiras cicatrizes em processo de consolidação ou cratonização;

c) cráton: tem sido definido como parte relativamente estável de um continente por longo tempo geológico, entretanto, deve ser entendido que a edificação de uma plataforma deve ter passado a pelo menos, inicialmente, por estágios de grande instabilidade;

d) faixas móveis (mobile belts): zonas tectonicamente ativas que se distribuem em faixas que circundam blocos cratônicos estáveis pré-existentes. Situam-se em zonas de colisão continental e representam importante etapa na amalgamação de fragmentos cratônicos circunvizinhos. Com a evolução crustal, podem formar parte integrante do cráton e sofrer reativações tectônicas e magmáticas posteriores.

e) plataforma Sul-Americana: antiga ortoplataforma de longa duração constituída a partir da consolidação que sobreveio ao ciclo tecto-orogénico Brasileiro*. O território brasileiro acha-se todo compreendido nessa grande ortoplataforma que se estende além de nossas fronteiras para constituir quase toda a América do Sul. Portanto, o continente Sul-americano está subdividido em três unidades tectônicas: Plataforma Sul-americana (em substituição a Plataforma Brasileira); Plataforma ou Bloco da Patagônia; Faixa de Dobramentos dos Andes.

Feita esta explanação, o próximo assunto a ser tratado é quanto ao conceito de província estrutural e sua implantação no Brasil.

O Conceito de Província Estrutural e as Províncias Estruturais do Brasil

Antes de ser abordada a descrição da área de estudo do trabalho, é importante o esclarecimento do conceito de província estrutural, termo muito utilizado na geologia para designar áreas com similitudes cronoestratigráficas que exibem extensão territorial continental.

Almeida *et al.* (1977), objetivando expor o cenário geológico do Brasil, aplicou para o país o conceito de províncias estruturais, tendo como modelo, experiências adotadas em países de extensão territorial continental semelhantes ao Brasil, como a Austrália e o Canadá.

Portanto, consideramos províncias estruturais como largas regiões geológicas naturais que mostram/apresentam feições estratigráficas, tectônicas, magmáticas e metamórficas próprias e diferentes das apresentadas pelas províncias confinantes (Bizzi *et al.*, 2003).

Adotando este método, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Bizzi *et al.*, 2003) aplicou basicamente dois critérios para classificação estrutural brasileira que foram:

- Limite de caráter geologicamente bem definido (falhas e zonas de falha, frentes metamórficas, zonas de antepaís*, limites erosionais de áreas sedimentares);
- Limites arbitrários e convencionais (limites mal definidos geologicamente devido à falta de conhecimento adequado no então estágio de conhecimento, etc.).

Nas duas últimas décadas o avanço tecnológico proporcionou a intensificação nas pesquisas e o aumento no nível de detalhamento e conhecimento do estudo geológico no Brasil, como nas áreas de petrologia, geotectônica, geodésia etc.

O conceito é de extrema importância e nos últimos anos tem sido utilizado com frequência pelos profissionais de geologia, permitindo disponibilizar e organizar dados que abrangem extensas feições com similitudes estruturais, litoestratigráficas e cronogeológicas consideradas mais

evidentes, mas também tendo em conta a distribuição delas no espaço geográfico-geológico do Brasil.

A geologia brasileira foi dividida pela CPRM (2003) em 16 províncias estruturais, compondo duas grandes estruturas: os escudos pré-cambrianos e as estruturas e coberturas de idades fanerozóicas. A seguir, o Quadro 2 demonstra esta classificação e as características gerais de cada província:

Quadro 2 - Províncias estruturais brasileiras (embasamento)

<p>1. TRANSAMAZONAS 2. CARAJÁS 3. AMAZÔNIA CENTRAL 4. TAPAJÓS-PARIMA 5. RONDÔNIA-JURUENA 6. RIO NEGRO 7. SUNSÁS</p> <p style="text-align: right;">} CRÁTON AMAZONAS</p> <p>8. CRÁTON SÃO FRANCISCO</p>	<p>a. Embasamento composto por núcleos microcontinentais arqueanos e faixas móveis paleoproterozóicas e mesoproterozóicas.</p> <p>b. Predomínio de estruturas pré-Brasilianas.</p> <p>c. Vários ciclos de coberturas sedimentares e vulcanossedimentares com plutonismo anorogénico associado, do Arqueano ao Eo-Neoproterozóico, pelo menos.</p> <p>d. Comportamento de núcleos continentais estáveis e antepaíses para os sistemas de dobramentos brasilianos que os circunscrevem, sendo submetidos aos vetores compressoriais desses sistemas.</p> <p>e. Recobertos parcialmente por supracrustais das faixas brasilianas, em domínios de antefossas e mesmo além delas.</p> <p>h. Em função dos eventos deformacionais sobrepostos, todos estes crátons admitem zoneamento tectónico, com identificação de domínios orto (<i>full cratonic</i>) e paraplataformais.</p>
<p>9. BORBOREMA</p> <p>Domínio Setentrional Domínio Central (Zona transversal) Domínio Meridional (Perifranciscano)</p> <p>10. TOCANTINS (BRASIL CENTRAL)</p> <p>Faixa Paraguai-Tocantins Arco de Goiás Maciço Central Goiás Faixa Brasília</p>	<p>a. Constituem <i>branching systems of orogens</i> desenvolvidos no ciclo global entre a fissão de Rodínia e a fusão de Gondwana Ocidental, no Neoproterozóico. Posição intercrátons é característica.</p> <p>b. Todas elas têm equivalentes/continuidade na plataforma continental e no continente africano. O Tocantins tem continuidade sul para o Sistema Pampeano Oriental na Argentina.</p> <p>c. Há conexões físicas nitidas entre Borborema e Tocantins e entre Tocantins e Mantiqueira (ao sul do Cráton São Francisco). Todas têm extensões importantes no embasamento das sinéclises.</p> <p>d. Todas apresentam embasamento complexo, com predomínio de faixas móveis paleoproterozóicas (com <i>seed nuclei</i> arqueanos) e mesoproterozóicas, intensamente retrabalhadas no Brasiliano. Este embasamento aflora com frequência, em diversas circunstâncias tectônicas e/ou erosionais.</p> <p>e. Os contextos de supracrustais são variados de: riftes, margens continentais passivas e ativas, incluindo vulcanismo-plutonismo de arco e restos ofiolíticos.</p> <p>f. Algumas faixas supracrustais (localmente) são constituídas de coberturas paleo e mesoproterozóicas após uma história cratônica de centenas de milhões de anos.</p> <p>g. Apresentam domínios ricos em supracrustais e alguns domínios "vestigiais", com alguns esparsos <i>schist belts</i>, devido a ação local combinada de tectônica e ciclos erosionais fanerozóicos.</p> <p>h. As faixas "marginais", derivadas de margens passivas, apresentam secção basal de depósitos glaciais (sturtianos, 760-700 Ma), a maior parte e uma secção superior de carbonatos. Estas secções estratigráficas se estendem às coberturas do cráton adjacente.</p>
<p>11. MANTIQUEIRA</p> <p>Sistema Araçuaí Sist. Mantiqueira Norte Sist. Mantiqueira Central (Ribeira) -Cráton Luís Alves- Sistema Dom Feliciano</p>	<p>i. A evolução orogénica é nitidamente diacrónica, de faixa a faixa, de província para província. Orógenos acrescionários e colisionais são identificados do Toniano (<i>ca.</i> 930 Ma) ao Eo-Ordoviciano (<i>ca.</i> 500-480 Ma).</p> <p>j. Todas apresentam um diversificado cenário final de bacias tardiorogénicas a pós-orogénicas que consubstanciam um estágio de transição (tectónica, sedimentação, magmatismo) às condições plataformais a advir.</p> <p>k. Na estruturação brasiliana final destaca-se o papel de várias <i>shear belts</i>, produto da tectónica extrusional. Estes lineamentos mostraram-se importantes foco de ativação tectónica por todo o fanerozóico, influenciando decisivamente todas as bacias sedimentares.</p> <p>l. A tectónica dúctil e rúptil destas faixas brasiliana atingiu de modo diversificado as margens dos crátons (regenerando-as), assim como suas coberturas e mesmo o embasamento, em alguns corredores especiais.</p>

Fonte: Bizzi *et al.* (2003).

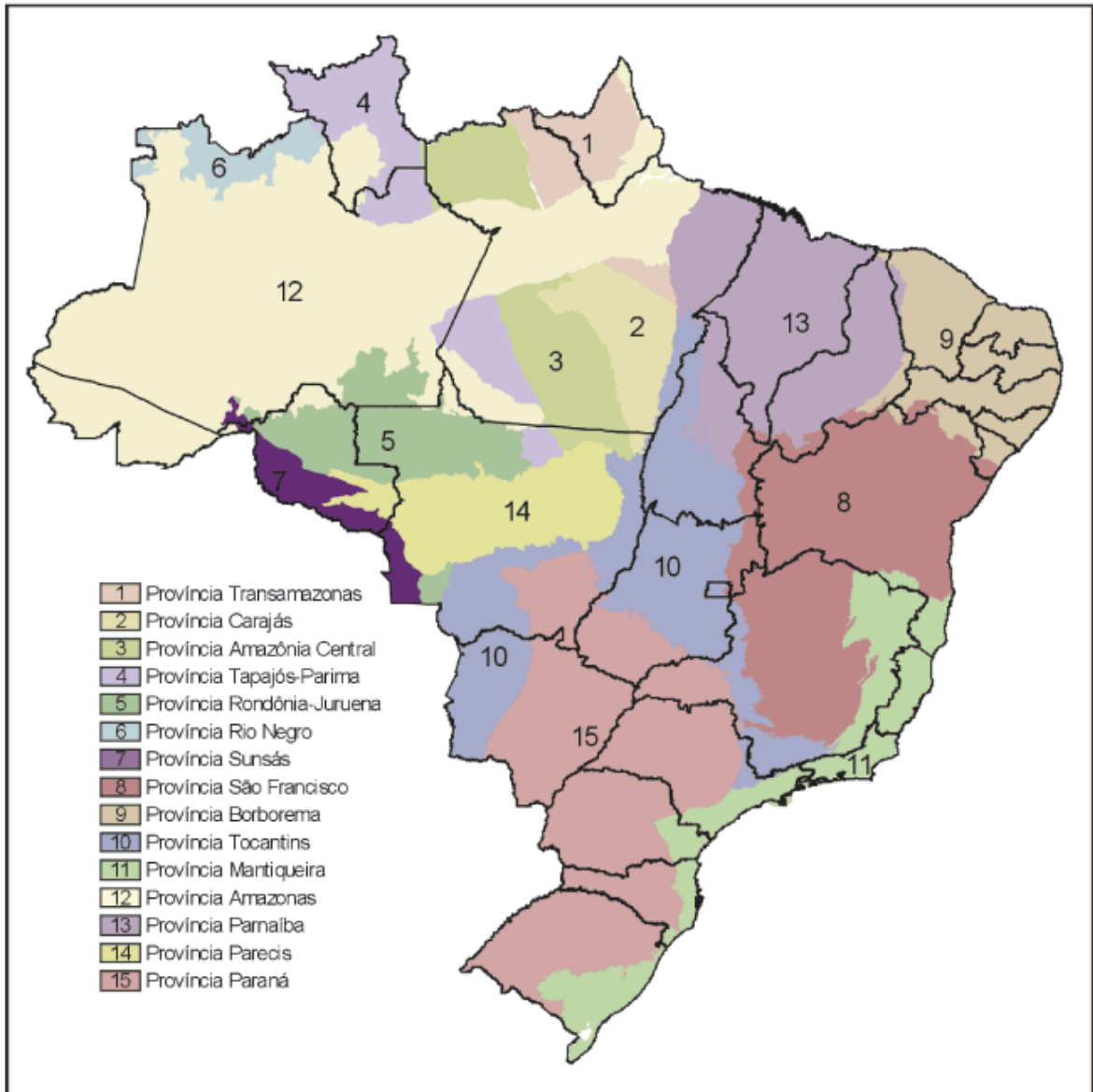
Quadro 3 - Províncias estruturais brasileiras (coberturas)

<p>12. AMAZONAS Acre Solimões Médio e Baixo Amazonas, Marajó</p> <p>13. PARNAÍBA Araticum–Tianguá Tianguá–Gilbués</p> <p>14. PARECIS</p> <p>15. PARANÁ N. Paraná S. Paraná Chaco</p>	<p>a. Apresentam subdivisões internas primárias (antéclises) e secundárias (arcos, domos), criados nos processos tectônicos pós-carboníferos.</p> <p>b. A história sedimentar pode ser sintetizada em 6 estágios tectônico-estratigráficos maiores, o primeiro deles da passagem Proterozóico–Neoproterozóico, do epílogo do Brasiliano, que têm nas sinéclises as maiores possanças.</p> <p>c. A evolução Ordoviciano–Triássica é de sinéclise, de tectônica ortoplataformal, sedimentação matura, marinha e continental, consoantes três seqüências sedimentares cratônicas (“slossianas”).</p> <p>d. Importante estágio de ativação tectônica, diacrônico, do Permiano ao Eo-Cretáceo. Com instabilidade tectônica (rifes), sedimentação imatura e magmatismo básico.</p> <p>e. A partir da parte média do Cretáceo voltaram as condições de estabilidade, com sedimentação matura independentemente da sedimentação das estruturas anteriores e ultrapassando os limites das sinéclises.</p> <p>f. Por toda história paleozóica, a sedimentação das sinéclises fez parte de um contexto mais amplo, supercontinental. Há vários tipos de registros de paleo-conexões com bacias interiores e costeiras.</p>
<p>16. PLANÍCIE COSTEIRA</p> <p>E</p> <p>MARGEM CONTINENTAL</p> <p>Atlântico Equatorial Atlântico Central Atlântico Austral</p>	<p>a. A mais nova de todas as províncias (meso-cenozóica) faz contato com todas as outras, sob as quais foi instalada e desenvolvida.</p> <p>b. Sua tectônica formadora é a do <i>breakup</i> do Pangea, em diversos estágios de tempo, em diferentes condições no processo de dispersão – extensão simples e transformância.</p> <p>c. Longitudinalmente, a província apresenta uma série de elementos morfológicos e estruturais que a subdividem em várias bacias (e sub-bacias).</p> <p>d. O preenchimento sedimentar das bacias pode ser esquematizado em três seqüências maiores (rifte/lago, proto-oceânica/golfo, marinho franco) que retratam os estágios sucessivos/evolutivos de uma deriva continental.</p> <p>e. Algumas bacias apresentam desenvolvimento absolutamente <i>offshore</i>, mas a maioria delas tem expressiva parte exposta na zona costeira</p>

Fonte: Bizzi *et al.* (2003).

A Figura 12 mostra a distribuição das províncias estruturais brasileiras no espaço geográfico-geológico do país.

Figura 12 - Províncias Estruturais Brasileiras



Fonte: Bizzi et al. (2003).

No Brasil, os principais tipos de bacias fanerozóicas presentes: Intracratônica, Strike-Slip, Antepaís e Riftes-Abortados (Aulacógenos). O quadro 4 representa esquematicamente estas bacias:

Dentre os quatro tipos de bacias sedimentares existentes no Brasil, serão destacadas as do tipo Intracratônica, com ênfase, na Província Parnaíba, seguindo as suas subdivisões nas bacias do Parnaíba, bacia das

Alpercatas, bacia do Grajaú e a bacia do Espigão-Mestre, pois compreendem a área de estudo do trabalho (Figura 13).



Fonte: Bizzi *et al.* (2003).

ÁREA DE ESTUDO

Localização

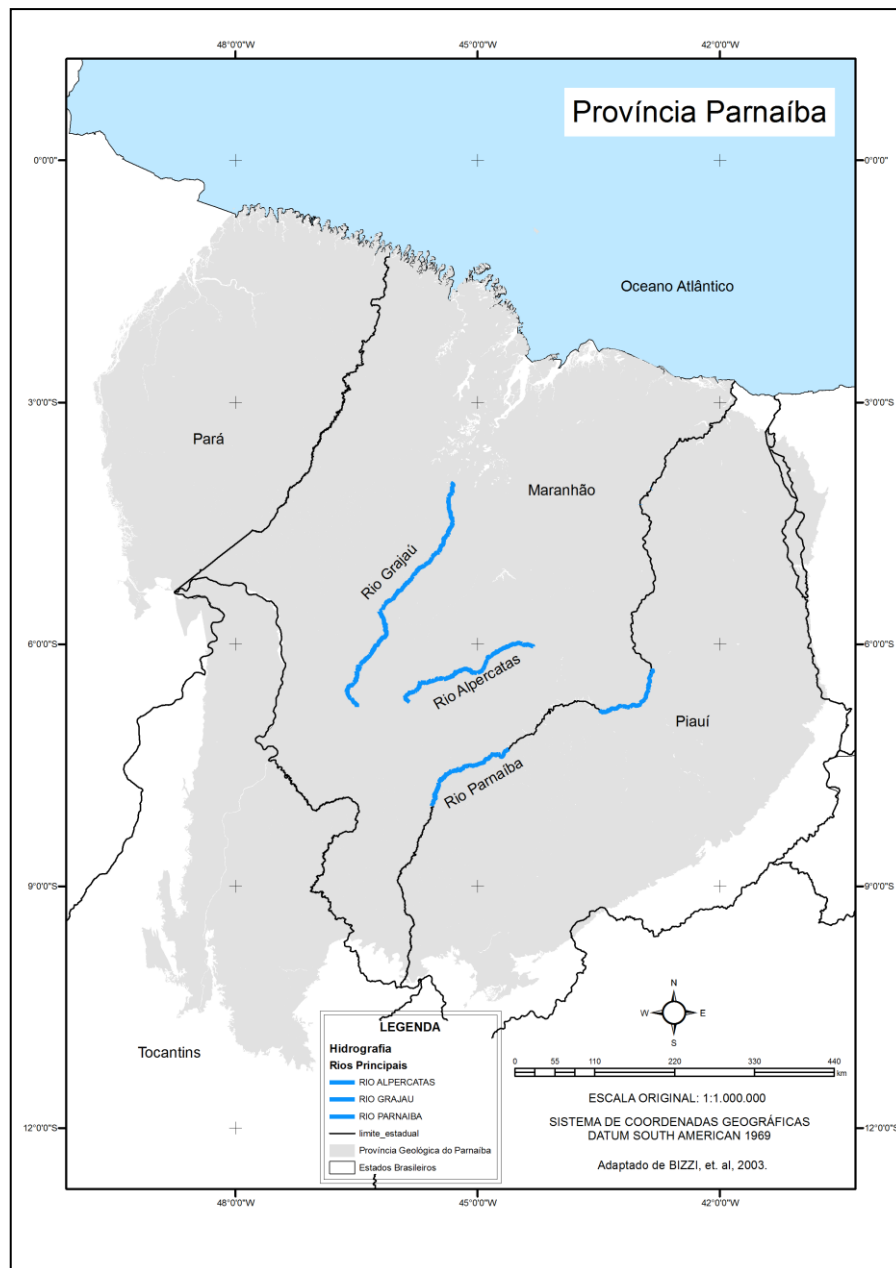
A área de estudo é correspondente a Província Parnaíba (Figura 14), que se localiza na porção setentrional do Brasil, na faixa ocidental do nordeste, abrangendo principalmente os estados do Piauí e Maranhão,

porém, com extensão nos estados do Ceará (oeste), Bahia (noroeste), Pará (leste) e boa parte do Tocantins (norte e nordeste). A província delimita-se entre as:

Latitudes: 0° 31' 24,249" S e 11°17'55,078" S

Longitudes: 40°40'32,712" W e 49°45'28,093" W.

Figura 14 - Província Parnaíba



Fonte: Bizzi et al. (2003).

Geologia da Província Parnaíba

Introdução

A Província do Parnaíba é formada por bacias de caráter intracratônico, confinada numa grande sinuosidade tectônica sinclinal denominada sinéclise* do Parnaíba, como uma espécie de grande fossa tectônica. Possui cobertura sedimentar de aproximadamente 600.000 km², apresentando uma forma oval com espessura sedimentar próxima de 3400 m na porção central (ABREU, 2002).

A estabilidade da placa Sul-Americana e os sucessivos movimentos eustáticos possibilitaram o acúmulo intenso de sedimentos nestas regiões mais baixas e o acamamento destes resultou em grandes estruturas estratificadas e sem fortes interferências tectônicas, porém, em alguns setores da província foram constatadas a presença de estruturas grabeniformes*, resultantes de movimentos epirogenéticos a exemplo dos riftes*.

A borda sul da Província Parnaíba é delimitada pelo Arco de São Francisco. As bordas leste e oeste estão delimitadas por rochas da orogenia Brasileira. A borda noroeste da bacia é delimitada pelo arco de Tocantins, que separa esta bacia da bacia do Amazonas. Ao norte existem duas bacias costeiras (bacias de São Luiz e de Barreirinhas), que são separadas da Província do Parnaíba pelo Arco Ferrer-Urbano Santos.

Existem diversas hipóteses quanto à origem da província, porém, a menos controversa afirma que a mesma surgiu de uma contração térmica e adensamento litosférico no final da Orogênese Brasileira, provocando fragmentação do supercontinente Gondwana no Neoproterozóico, caracterizado pelo surgimento (abertura) do Oceano Atlântico.

Ana Maria Góes (1995) constatou a dificuldade em considerar a província como uma bacia única devido ao seu caráter policíclico,

característica pertinente de bacias sedimentares intracratônicas, pois a província está compartimentada em bacias com gêneses, estilos tectônicos, preenchimento sedimentar e idades distintas.

Sítios Depositionais e Tectônica formadora

A divisão da província consiste em quatro sítios deposicionais (bacias) separados por “discordâncias”, que coincidem com as supersequências que a delimitam, ou seja, são ciclos deposicionais correlacionáveis aos ciclos tectônicos de caráter global, em que Góes e Feijó classificaram da Bacia do Parnaíba (1994). Estes dividiram as rochas sedimentares da então chamada Bacia do Parnaíba, no qual adotaremos aqui como Província Parnaíba, em cinco ciclos deposicionais: Sequencia Siluriana, Devoniana, Carbonífero-Triássica, Jurássica e Cretácea (Quadro 4).

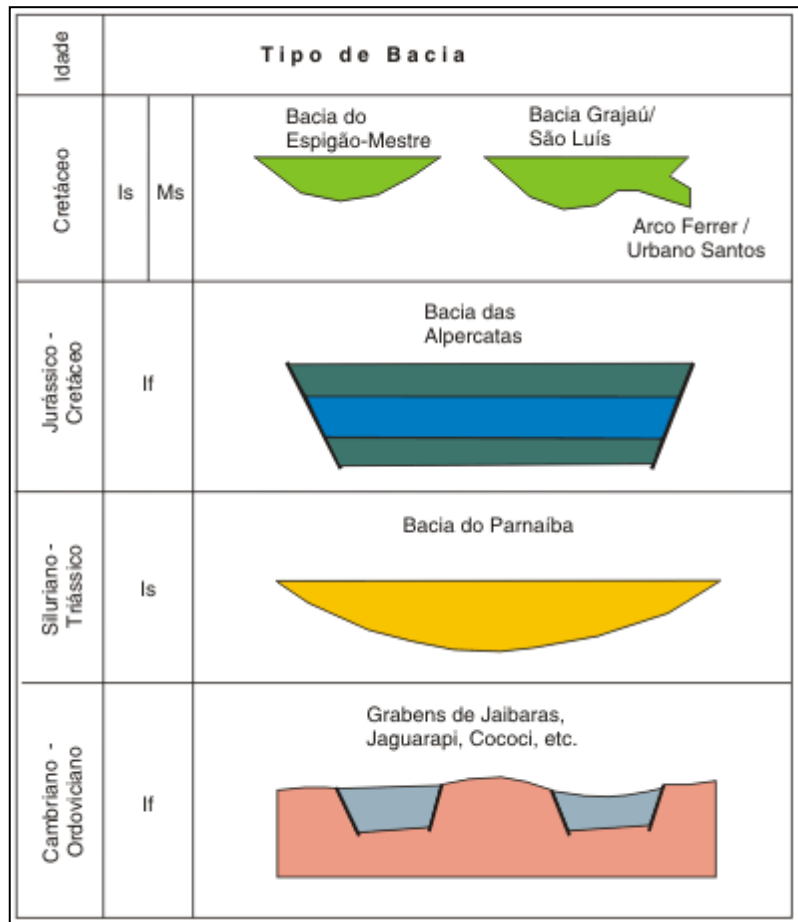
Quadro 4 - Sítios deposicionais e sua origem tectônica

NOME DA BACIA	TECTÔNICA FORMADORA	SUPERSEQUENCIA
Bacia do Parnaíba	IF/IS (Fratura Interior/Depressão Interior),	Siluriana, Deviniiana, Carbonífera
Bacia das Alpercatas	IF (Fratura Interior)	Jurássica
Bacia do Grajaú	MS (Depressão Marginal)	Cretácea
Bacia do Espigão-Mestre	IS (Depressão Interior).	Cretácea

Fonte: Organizado pelo autor.

As do tipo IS são encontradas no interior de massas continentais com formas circulares e ovais geralmente não acolhendo grandes espessuras de sedimentos. São formadas pela simples subsidência da crosta continental (sinéclise) e se originaram em sua maioria no Paleozóico (Figura 15)

Figura 15 - Evolução Tectônica da Província Parnaíba



Fonte: Bizzi *et al.* (2003).

Do tipo IF estão presentes na crosta continental no interior das placas atuais ou ainda nas margens crustais de antigas placas continentais. As fraturas interiores são causadas por esforços divergentes e tensões que ocorrem dentro do bloco continental. As feições dominantes são os falhamentos horsts* e grabens* associados à subsidência.

Bacias do tipo MS ocorrem nas margens dos blocos da crosta continental em áreas de movimentos divergentes sendo que seus eixos estão depositados paralelamente aos limites da crosta oceânica e crosta continental, traduzindo, uma de suas margens se abre rumo ao mar.

Embasamento

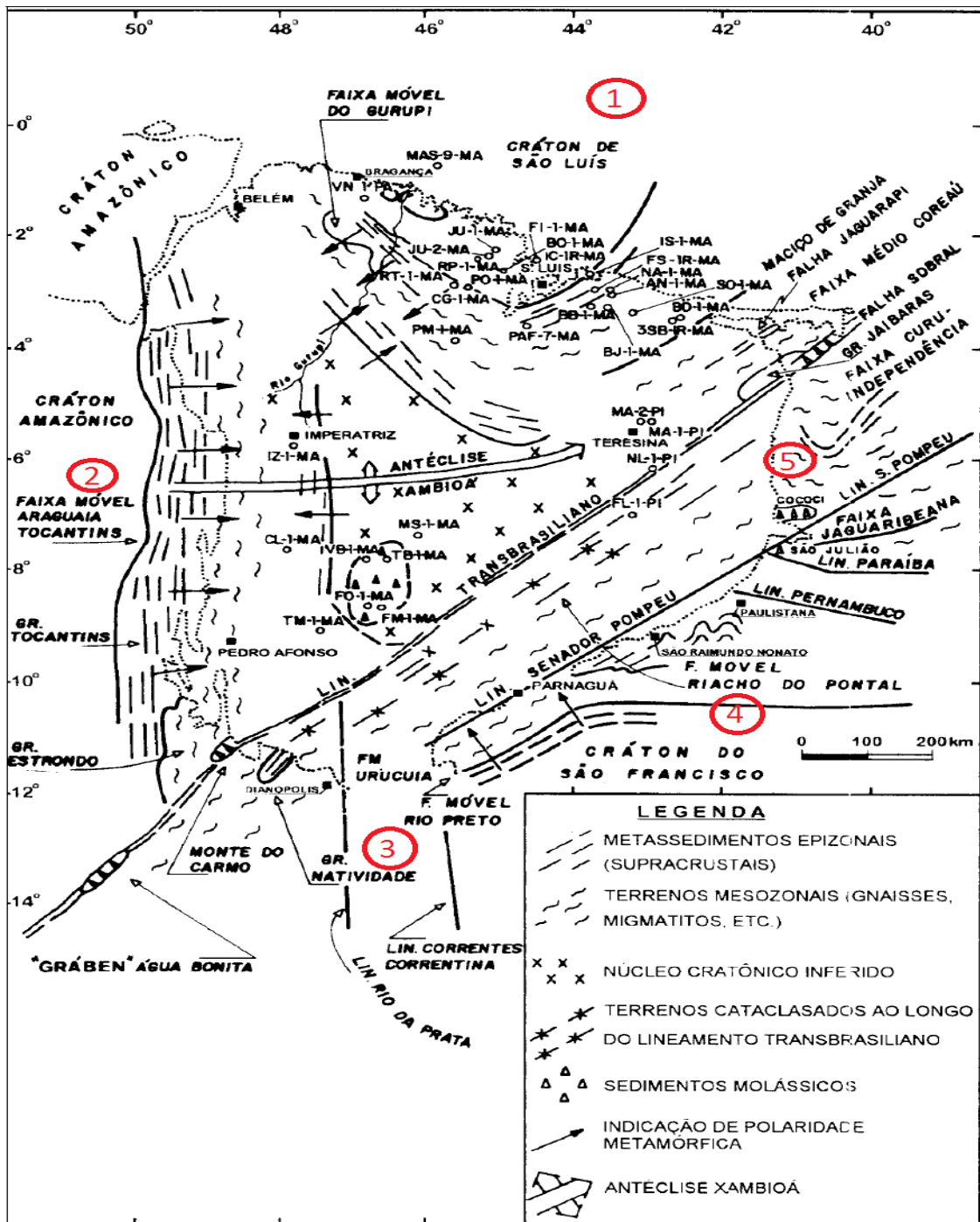
A província do Parnaíba está confinada sobre um embasamento que se formou aproximadamente durante o ciclo brasileiro com a consolidação da placa sul-americana entre o final do Proterozóico e o início do Fanerozóico (700-450 Ma). O Quadro 5 mostra as dimensões da província quanto à seu embasamento:

Quadro 5 - Limites basais da província Parnaíba

LIMITES	COMPOSIÇÃO
Norte (1)	Arco Ferrer Urbano-Santos
Oeste (2)	O embasamento é composto pela faixa móvel Araguaia-Tocantins com lineamentos N-S. Uma unidade geotectônica do Proterozóico Superior, com deformações intensas ocorridas entre 1000 a 500 Ma, as últimas relativas ao ciclo Brasileiro. Ela é composta por duas unidades litoestratigráficas: o Grupo Estrondo e Grupo Tocantins. A faixa móvel Araguaia-Tocantins termina junto ao lineamento Transbrasiliano
Sul (3)	A bacia desaparece por baixo de rochas mesozóicas da Formação Uruçuia. A região apresenta intensa deformação cataclástica*, com os principais falhamentos de direção NE-SW. Apresenta ainda metassedimentos do Grupo Natividade.
Sudeste (4)	Encontra-se a Faixa Móvel Riacho do Pontal, limitada a sul e sudeste pelo cráton do São Francisco e ao norte pelo Lineamento de Pernambuco.
Leste (5)	Entre o lineamento de Pernambuco e a costa atlântica encontra-se à província estrutural da Borborema. Sua estruturação principal foi formada no ciclo Brasileiro. As principais estruturas estão orientadas NE-SW, são transversais à borda da bacia e provavelmente adentram por baixo da bacia.

Fonte: Modificado de Abreu (2002).

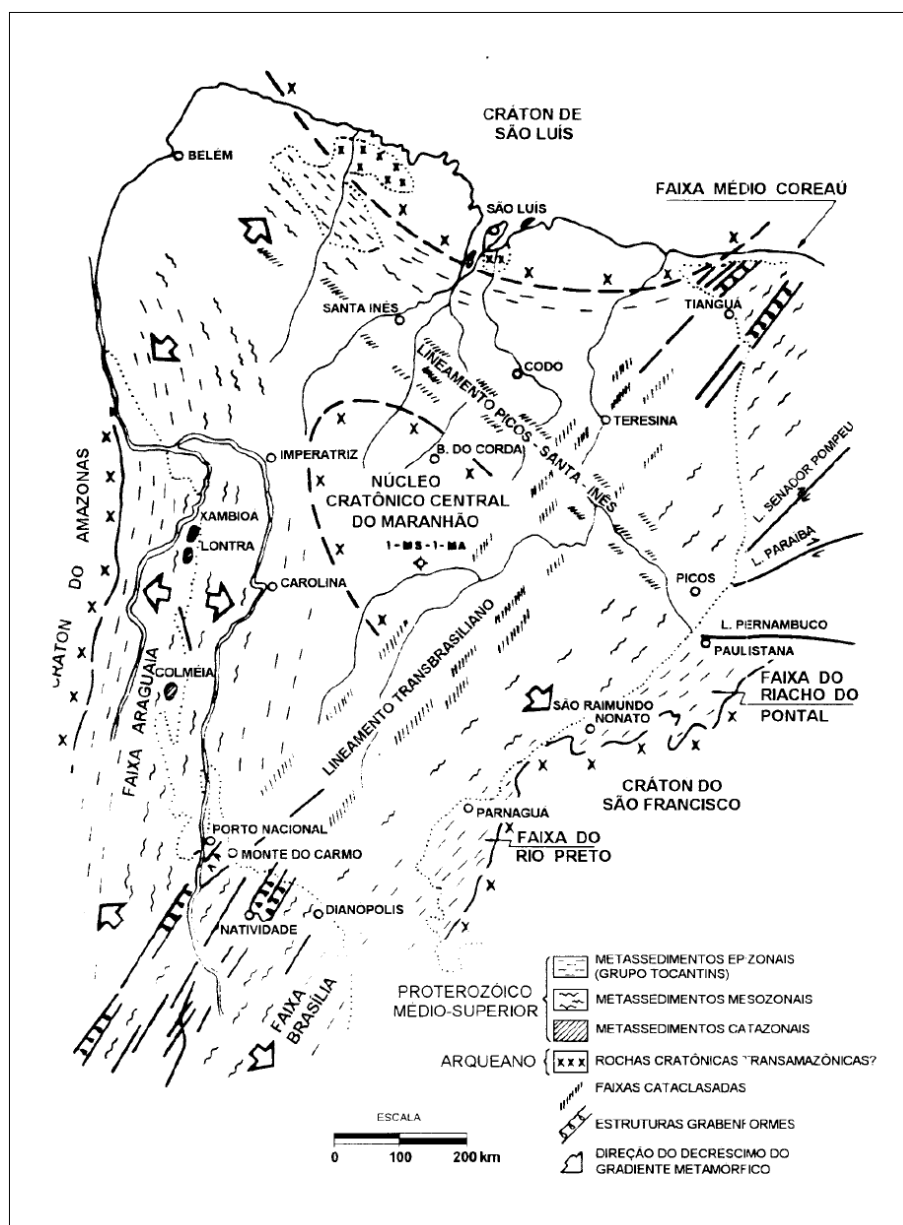
Figura 16 - Mapa esquemático do embasamento geológico da Província Parnaíba



Fonte: Cordani et al.. In: Abreu (2002).

De acordo com a Figura 17, podemos destacar duas grandes estruturas que compõem o embasamento da Província Parnaíba, como uma espécie de esqueleto que sustenta (confina) toda cobertura sedimentar, temos: o lineamento Transbrasiliiano e o lineamento Picos-Santa Inês.

Figura 17 - Distribuição das falhas, diques e alinhamentos morfológicos que definem os lineamentos



Fonte: Cunha (1986). In: Abreu (2002).

Com cerca de 9700 km de extensão, o lineamento Transbrasiliano representa uma enorme feição isolada com orientação NE-SW, cruzando o Brasil desde o Ceará ao Mato Grosso, prosseguindo até o sudoeste da América do Sul alcançando países como Uruguai e Argentina (Schobbenhaus Filho *et al.*, 1975 *apud* Abreu, 2002).

O lineamento Picos-Santa Inês constitui uma faixa cataclástica, ou seja, as rochas passaram por intenso processo de deformação devido aos fraturamentos, porém, com recristalização (metamorfismo) quase inexistente de seus constituintes minerais. Com orientação NW-SE, sua disposição reflete na morfologia atual, pois exerceu uma grande influência no desenvolvimento da bacia do Parnaíba, controlando importantes eixos deposicionais, que correspondem às estruturas grabeniformes do embasamento da Província Parnaíba no sentido NW (Cunha, 1986 *apud* Abreu, 2002).

A Figura 18 contém as principais estruturas grabeniformes da província resultantes dos dois lineamentos mencionados e o período geológico indicado na legenda no qual foram preenchidas com sedimentos que constituem todas as bacias.

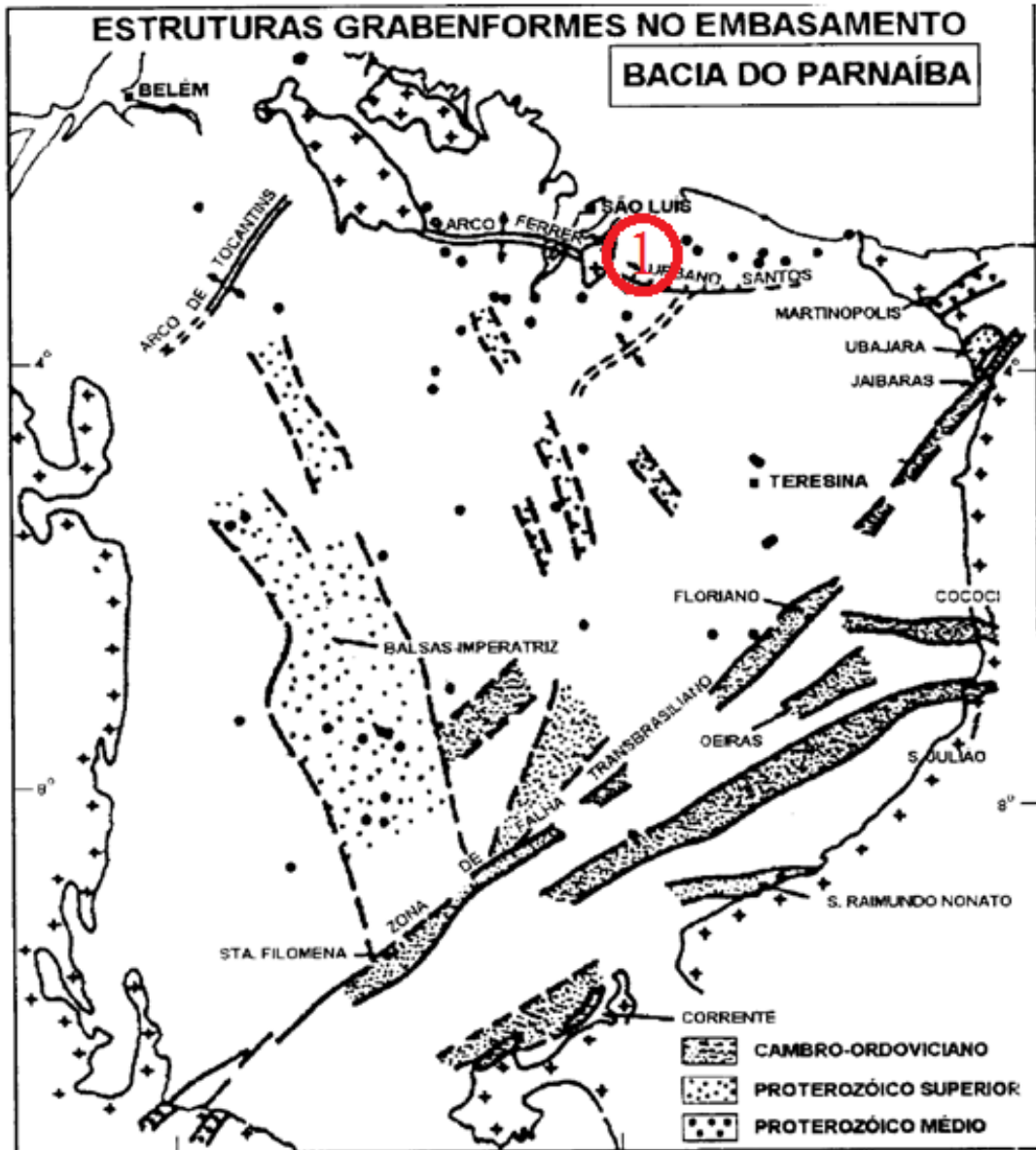
Estratigrafia da Província Parnaíba

A estratigrafia é o estudo da gênese, da sucessão, no tempo e no espaço, e da representatividade areal e vertical das camadas e sequências de rochas de uma região, buscando-se determinar os eventos, processos e ambientes geológicos associados, o que inclui, entre outros, a determinação de fases de erosão ou de ausências de deposição (Winge, M. *et al.*, 2001)

Conhecer como estão constituídas as bacias sedimentares quanto à sua disposição camadas é de extrema importância para entendermos como se deu a evolução geológica através das eras, e a partir daí, entender por que as feições de relevo estão diretamente ligadas às estruturas litológicas, sobretudo, o seu comportamento em bacias sedimentares, sendo que esta

associação entre litologia, estrutura e geomorfologia é evidente e foi explicada no capítulo 1.

Figura 18 - Estruturas grabeniformes presentes no embasamento da Província Parnaíba



Fonte: Góes e Travassos (1992). In: Abreu (2002).

Em quase todas as rochas sedimentares a estratificação corresponde a sua estrutura primária. Muitos usam o termo rocha estratificada como

sinônimo de rochas sedimentares, porém, existem alguns sedimentos sem estratificação.

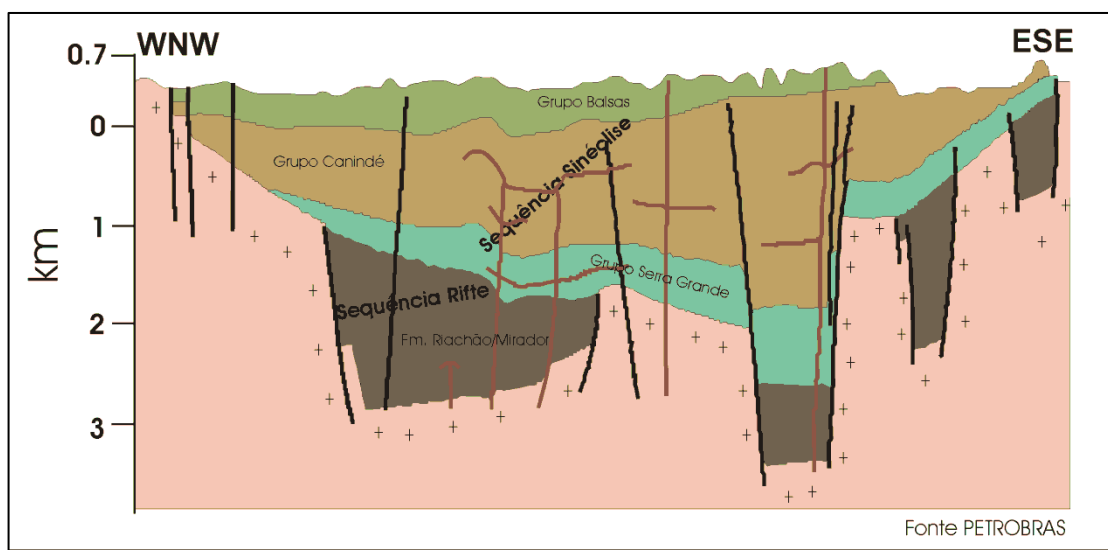
A estratificação se manifesta pelas unidades de rocha geralmente de forma tabular, possuindo certa uniformidade litológica ou estrutural. Desta maneira é possível fazer uma distinção entre diversas camadas. As unidades variam no tamanho, como: “formação”, uma unidade mapeável de extensão e espessura considerável; “membro”, subdivisão da formação; até “camada” e “lâmina”, as unidades menores reconhecíveis (Mabesoone, 1968). Deve ser inserida a categoria “grupo” que é imediatamente superior à “formação”, pois é composto por duas ou mais formações.

O conhecimento estratigráfico da província advém da análise dos afloramentos rochosos traduzidos em diversos trabalhos publicados a partir do início do século XX, além de estudos realizados em subsuperfície comandados pela PETROBRÁS que perfurou 36 poços para pesquisa de petróleo e registrou quase 8000 km de linhas sísmicas de reflexão (GÓES e FEIJÓ, 1994).

Para entendermos como se procedeu a estratificação dos sedimentos que compõem o conjunto de bacias da Província Parnaíba, é preciso que saibamos fazer a leitura da carta litoestratigráfica, pois é o modo mais didático para a compreensão da sucessão de camadas através das eras geológicas.

Antes da análise da carta litoestratigráfica, a Figura 19 uma seção geológica esquemática simples da bacia e que serve como ilustração para interpretação da carta. As estruturas grabeniformes estão com a cor marrom escura e correspondem as mais antigas formações presente na província que são Riachão e Mirador, ambas que superpõem os riftes de Jaíbaras, Cococi, São Julião e São Raimundo Nonato.

Figura 19 - Seção Geológica Esquemática da Bacia do Parnaíba



Fonte: Petrobrás, 1995. In: Bizzi, 2003.

A maior cota registrada em termos de profundidade na Província Parnaíba é de aproximadamente de 3400m e seu perfil de sinéclise foi favorável para a superposição das coberturas sedimentares que em seguida resultaram na subsidência tectônica, que com a compensação isostática ocasionou o soerguimento das bordas da bacia, sobretudo na porção leste, onde encontramos a grande cuesta da Ibiapaba.

Com esta figura generalista sobre o arcabouço tectônico da Província, o próximo passo é interpretar a carta litoestratigráfica publicada por Góes e Feijó (1994), que se basearam na interpretação de Melo et al. (1992) que publicou um trabalho referente a bioestratigrafia da Bacia Parnaíba, posteriormente, a atual carta foi completada por estes dois autores através da análise e compilação de trabalhos que envolveram a temática litológica da Bacia Parnaíba, agora com nomenclatura Província Parnaíba.

Subdivida em cinco grupos, a coluna sedimentar da Província desenvolveu-se entre os períodos do Siluriano ao Cretáceo (450~100 milhões de anos). Tendo como a principal natureza de sedimentação de caráter siliciclástico*, ocorrendo calcário, anidrita e sílex, além de diabásio e basalto,

resultantes de eventos magmáticos datados do Neotriássico ao Eocretáceo (Góes e Feijó, 1994).

Os grupos com suas respectivas formações que compõem a província se dispersam nas quatro bacias aqui classificadas e representam um conjunto de sedimentos depositados em diferentes períodos geológicos, tais características que vão destacar a evolução de cada bacia.

A carta estratigráfica a seguir comporta sucintamente os elementos: Geocronologia – períodos e épocas geológicas no qual ocorreu a sedimentação; Litoestratigrafia – com os cinco principais grupos e sua composição sedimentar representadas pelas formações. Evolução Tectônica – os principais eventos tectônico-magnéticos no qual a litosfera terrestre passava naquele período de sedimentação, como as orogenias, rifteamentos crustais etc; Ambientes Depositionais – os diferentes ambientes terrestres presentes naquele período.

Os grupos que integram a Província Parnaíba segundo a classificação de Góes e Feijó (1994) são: Grupo Serra Grande, Grupo Canindé, Grupo Balsas, Grupo Mearim e Formações Grajaú, Codó, Itapecuru, Urucua (Grupo com Sedimentação Recente), além da Bacia de Barreirinhas que fica na porção setentrional, que apesar de não ser teoricamente da Província atua como bacia marginal com depósitos sedimentares do quaternário.

Com a alteração da terminologia Bacia Parnaíba para Província Parnaíba, a subdivisão ficou composta em quatro bacias constituintes e permitiu ajustar os grupos formadores em cada bacia de acordo com sua evolução, por exemplo, a Bacia Parnaíba abrange os Grupos Serra Grande, Canindé e Balsas. O Grupo Mearim está contido na Bacia das Alpercatas, a Bacia do Grajaú compõe o Grupo com Sedimentação Recente, exceto a formação Urucua que está inserida na Bacia San-Franciscana e funciona como área de discordância entre as Províncias Parnaíba e do São Francisco.

Os tópicos a seguir caracterizam cada bacia de acordo com as formações sedimentares, portanto, a interpretação da carta litoestratigráfica (Figura 20) é imprescindível para compreensão das informações contidas.

Bacia Parnaíba

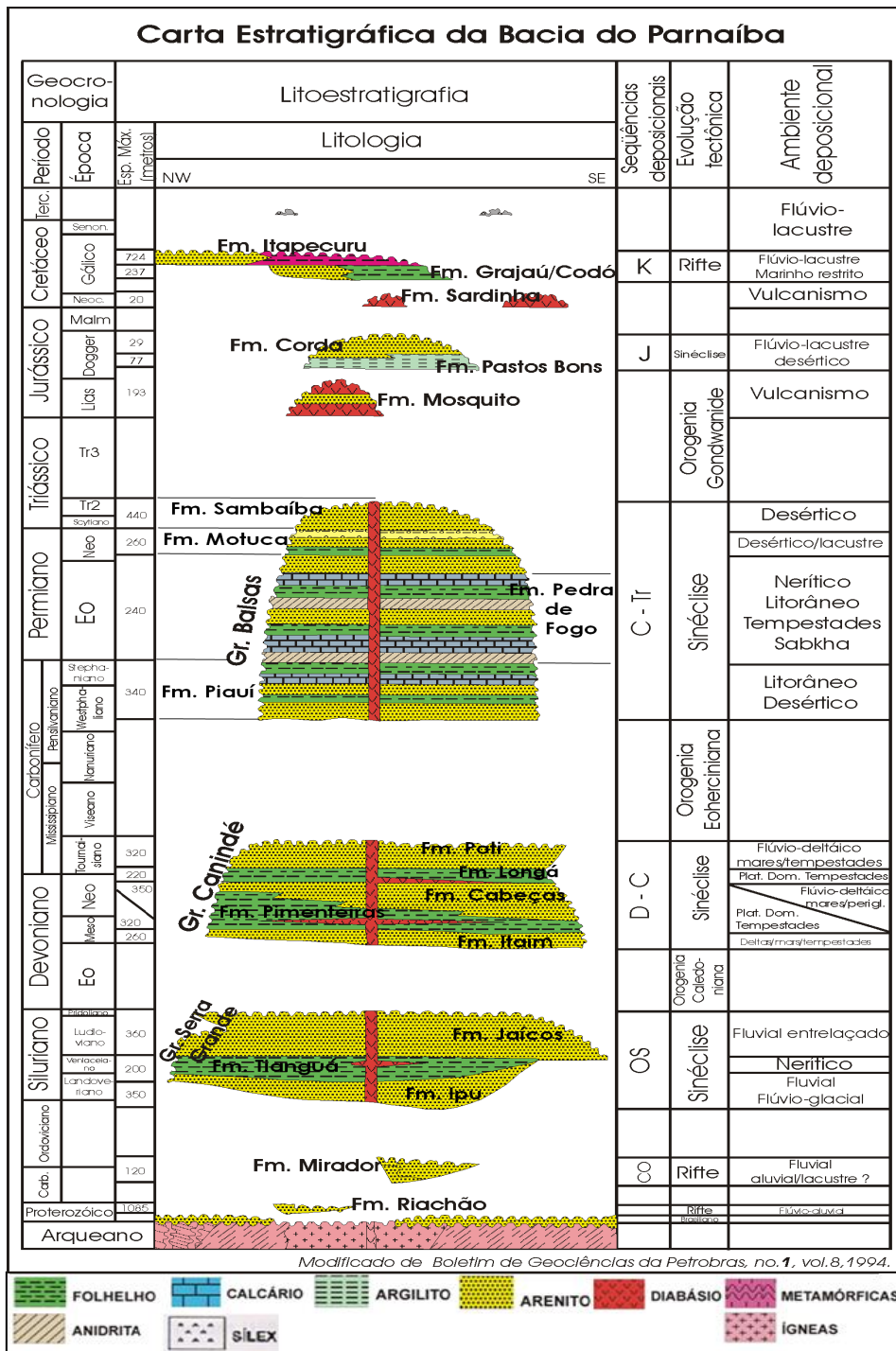
Ocupa praticamente metade da província Bacia Parnaíba, foi implantada sobre os riftes cambro-ordovicianos de Jaibaras, Jaguarapi, Cococi/Rio Jucá, São Julião e São Raimundo Nonato, compreendendo as supersequências Siluriana (Grupo Serra Grande), Devoniana (Grupo Canindé) e Carbonífero-Triássica (Grupo Balsas) de Góes e Feijó (1994).

As formações que compõem o Grupo Serra Grande são Ipu, Tianguá e Jaícos. A Formação Ipu é composta principalmente por arenito de origem fluvial anastomasada com influência periglacial época Landoveriana. A Formação Tianguá contém folhelos depositados em ambiente nerítico* no período Venlockiano. A Formação Jaicós engloba arenito médio/grosso depositados por sistemas fluviais no Neosiluriano (vide carta estratigráfica).

O Grupo Canindé é composto pelas formações Itaim, Pimenteiras, Cabeças e Poti. A Formação Itaim consiste-se de arenitos e folhelhos de ambiente de plataforma rasa, depositados em ambientes deltaicos e plataformais, em processos de marés e de tempestades, no Eifeliano. A Formação Pimenteiras é composta por espessas camadas de folhelho, também depositadas nas mesmas condições da Formação Itaim, porém nas épocas Meso e Eo-Devonianas. A Formação Cabeças também das épocas Meso e Eo-Devonianas consiste arenito fino, bem selecionado, depositado em ambiente nerítico plataformal sob a ação predominante de correntes induzidas por processos de marés ou por correntes oceânicas e eventual influência periglacial. A Formação Longá consiste de arenitos finos e siltitos com característica de depósitos plataformais dominados por tempestades no período Neo-Devoniano. A Formação Poti é composta por arenito,

intercalado com lâminas de folhelho e siltito depositado em ambiente flúvio-deltaico sobre influência de tempestades, condições de aridez e marés no Eo-Carbonífero.

Figura 20 - Carta Estratigráfica da Bacia Parnaíba (Góes e Feijó, 1994).



Fonte: Bizzi et al., 2003. Modificado pelo autor.

Para o Grupo Balsas, este foi sobreposto em discordância ao Grupo Canindé e é constituído pelas formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba, passando pelos períodos Carbonífero, Permiano e Triássico. A Formação Piauí denomina arenito fino a médio bem selecionado, eventualmente conglomerático depositados nas idades Stephaniano e no Morrowano. Tais rochas foram depositadas em ambiente continental e litorâneo, sob severas condições de aridez (desértico). A Formação Pedra de Fogo caracterizada pela presença de sílex e calcário, intercalado com arenito fino-médio, folhelho e anidrita datados do Eo-Permiano. Nesta formação há forte presença de troncos petrificados e ambiente de sedimentação é nerítico raso a litorâneo, sob eventual influência de tempestades, com planícies de sabkha*. A Formação Motuca compõe-se de siltito, arenito fino e médio, anidrita e raros calcários, depositados em ambiente continental desértico, controlado por sistemas lacustres, no Neo-Permiano. A Formação Sambaíba apresenta estratificação cruzada com arenito depositado por sistemas eólicos em ambiente desértico com idade Eo-Triássica.

Bacia das Alpercatas

Ana Maria Góes dissertando sobre a Formação Poti (1995) denomina a Bacia das Alpercatas como do tipo anfíclise, "uma bacia intracratônica assoreada com rochas sedimentares e massas de derrames, tufo e outros materiais vulcânicos, trazidos à superfície através de falhas e formando pilhas".

O seu nome é baseado na expressão geomorfológica da serra das Alpercatas, situada na região centro-sudeste do estado do Maranhão, com cerca de 70.000 km² com pequenos riffs preenchidos pela Supersequência Jurássica, composta pelo Grupo Mearim (BIZZI et al., 2003).

O Grupo Mearim engloba as formações Pastos Bons e Corda, compreendida entre as intrusões basálticas das formações Mosquito e

Sardinha. A Formação Mosquito é composta por basalto preto com arenitos intercalados que datam do Lias-Jurássico, com ambiente deposicional vulcânico. A Formação Pastos Bons é constituída de siltito e folhelho/argilito com grãos de quartizo inclusos e arenitos depositados em ambientes fluvial-lacustre e eólico-desértico que datam do Dogger-Jurássico. A Formação Corda se caracteriza por arenito e raros níveis de sílex, o seu ambiente de deposição é caracterizado como desértico. A Formação Sardinha, que recobre a anterior é composta por basaltos pretos que foram depositados em ambiente vulcânico que datam do Neoc-Cretáceo.

Bacia do Grajaú

Localiza-se ao norte da Bacia das Alpercatas e delimita-se a partir do Arco Ferrer-Urbano Santos no qual se “separa” da Bacia de São Luís. A Bacia do Grajaú foi preenchida pela Supersequencia Cretácea, que compreende as formações Codó, Grajaú e Itapecuru. A Formação Codó consiste de folhelhos, calcários, evaporitos* e está em contato direto com a Formação Grajaú esta de ambiente costeiro. Na Formação Itapecuru as litologias predominantes são arenitos depositados em ambiente deposicional relacionado a deltas, marés e tempestades.

Bacia do Espigão-Mestre

Esta bacia é preenchida por arenitos de origem eólica, discordante sobre a Bacia do Parnaíba. Corresponde à extremidade norte da Sub-bacia Urucuia, domínio setentrional da Bacia Sanfranciscana. As duas bacias são separadas entre si pelo Alto do São Francisco (Bizzi *et al.*, 2003). A Formação Urucuia é composta de arenito fino, com raras intercalações de sílex, depositada em ambiente continental, controlado por sistemas fluviais e sujeito

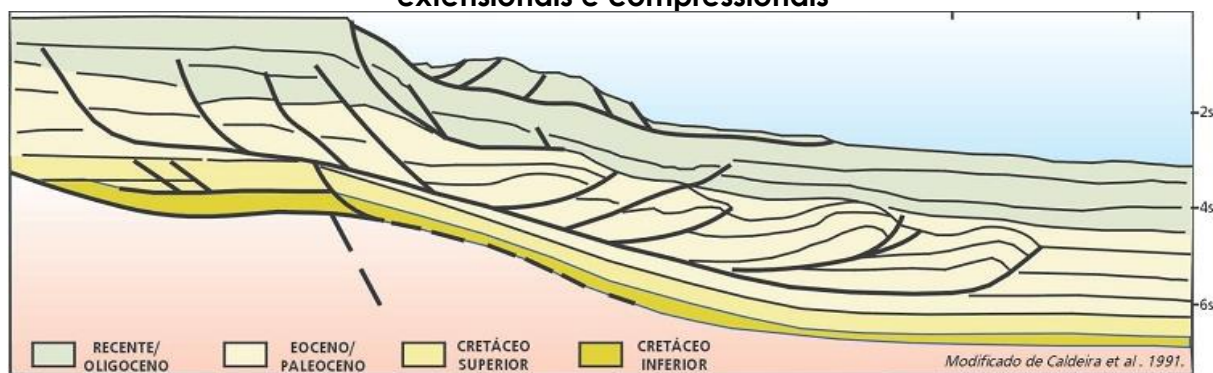
a retrabalhamento eólico, corresponde à parte da Chapada das Mangabeiras.

Bacia de Barreirinhas

É válido destacar a importância desta bacia, pois se limita a fração marginal norte da província, ou seja, basicamente na porção litorânea, trata-se de uma depressão limitada, a noroeste, pela Plataforma de Ilha de Santana, e a leste pelo Alto de Tutóia. Sua área total é de aproximadamente 40.000 km², sendo 10.000 km² de área terrestre e 30.000 km² de área marítima (Bizzi *et al.*, 2003).

As Figuras 21 mostra a seção geológica esquemática na Bacia de Barreirinhas, caracterizado por notável cinturão de dobramentos na região além do talude, associado à tectônica gravitacional (Caldeira *et al.* 1991).

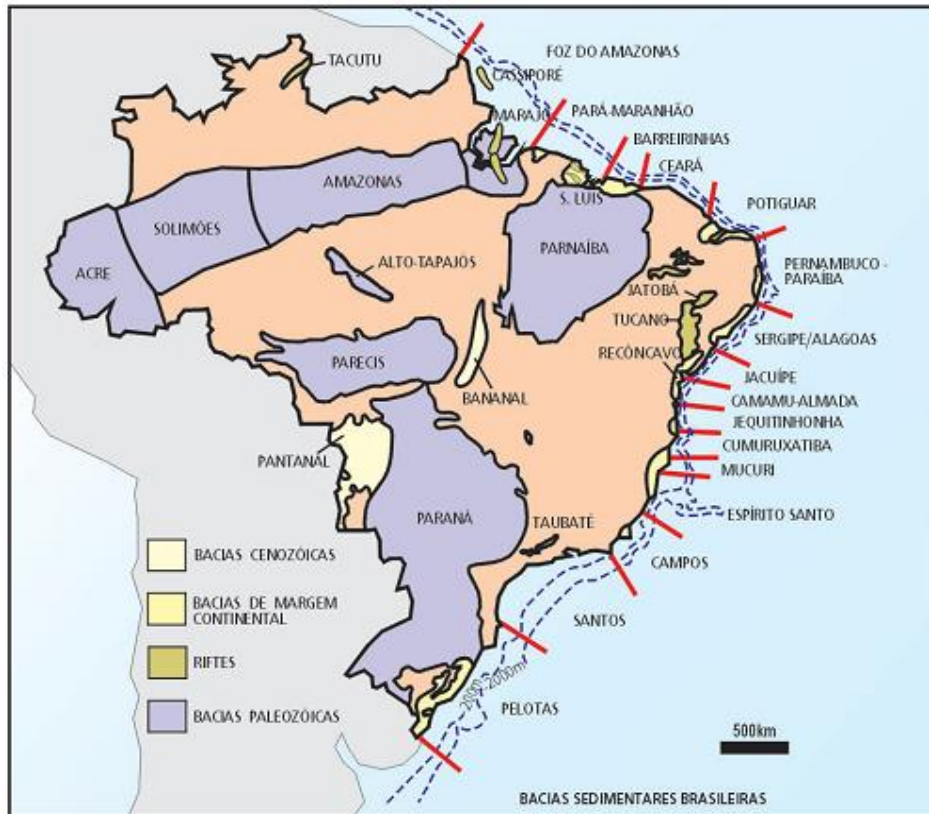
Figura 21 - Seção geosísmica da Bacia de Barreirinhas, mostrando as falhas extensionais e compressionais



Fonte: Caldeira *et al.* (1991). In: Bizzi *et al.*, (2003). Modificado pelo autor.

A Figura 22 mostra a localização da Bacia de Barreirinhas na porção setentrional do Brasil, acima da Província Parnaíba. Esta bacia é caracterizada por grande espessura sedimentar e presença de feições vulcânicas além da quebra do talude, ou seja, indicam que a espessura sedimentar pode atingir mais de uma dezena de quilômetros na direção da quebra da plataforma (Azevedo, 1991).

Figura 22 - Mapa simplificado com as bacias sedimentares brasileiras observe Barreirinhas

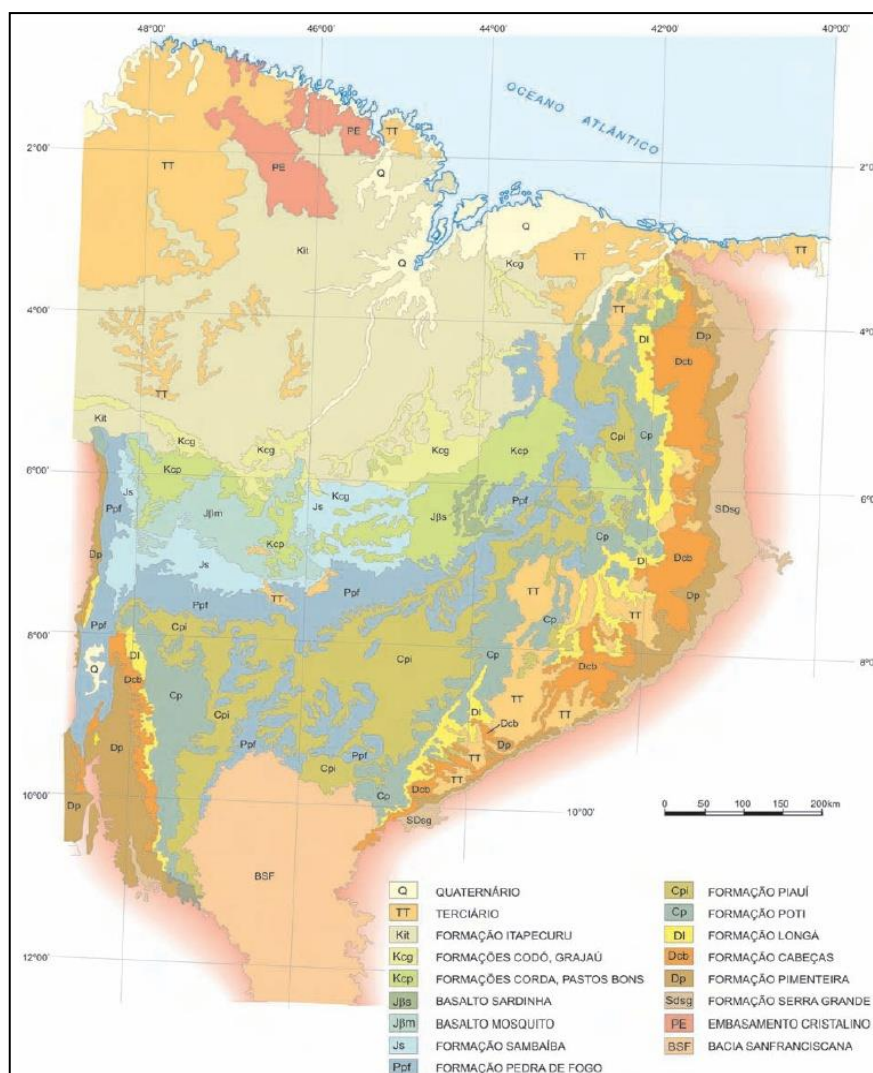


Fonte: Bizzi *et al.*, (2003).

Panorama Geológico da Província

Os resultados dos dados referentes à geologia estão simplificados na Figura 23.

Figura 23 - Mapa Geológico da Província Parnaíba



Fonte: Santos e Carvalho (2009).

METODOLOGIA DE MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO (PROJETO RADAMBRASIL)

Histórico

Geografia: Publicações Avulsas. Universidade Federal do Piauí, Teresina, v. 4, n. 2, Dossiê Temático/Número Especial, p. 41-117, jul./dez. 2022.

Em 1965, como resultado de uma estreita associação entre a NASA (National Aeronautics and Space Administration) e a CNAE (Comissão Nacional de Atividades Espaciais), foi iniciado no Brasil um programa para a implementação de pesquisas no campo da aplicação do sensoriamento remoto para levantamentos de recursos naturais. Patrocinados por estas duas instituições um grupo de brasileiros foi treinado pela NASA nos Estados Unidos da América (EUA) visando a qualificação de recursos humanos. Chegando no Brasil, os capacitados treinaram cerca de 40 brasileiros, e a partir desta iniciativa foram desenvolvidas duas atividades complementares governamentais: o Projeto RADAM (Radar na Amazônia) e o Programa de Sensoriamento Remoto por Satélite (Oliveira, 1999).

Criado em outubro de 1970 no âmbito do Ministério das Minas e Energia, o Projeto RADAM foi inicialmente concebido para realizar o levantamento integrado de recursos naturais de uma área de 1.500.000 km² localizada na faixa de influência da rodovia Transamazônica, utilizando como sensor o Radar de Visada Lateral, conhecido pela sigla SLAR (Side Looking Airborne Radar). Imagens de radar e outros sensores remotos forneceram, em curto prazo, os elementos básicos necessários aos projetos específicos que seriam implantados naquelas áreas (BRASIL, 1973).

O Projeto RADAM a princípio abrangia os estados do Amazonas, Pará, Piauí, Maranhão, Mato Grosso e Goiás (este último corresponde ao atual território do Tocantins). Porém, com a eficácia no levantamento dos recursos naturais, este instrumento foi selecionado por superar as dificuldades de se conseguir um imageamento homogêneo e a impossibilidade física de tomadas de cenas de boa qualidade, uma vez que a incidência de nuvens e a alta precipitação pluviométrica na região amazônica apresentavam-se como fatores restritivos à obtenção de fotografias aéreas convencionais.

Pelo sucesso do método utilizado e pela qualidade das respostas obtidas, a área original do RADAM foi sendo gradativamente ampliada para toda a Amazônia Legal, numa primeira etapa, até atingir, em 1975, a

totalidade do território brasileiro, quando passou a se denominar Projeto RADAMBRASIL, tornando-se o maior projeto mundial de cobertura radargramétrica* efetuada com radar aerotransportado (OLIVEIRA, 1999).

Os levantamentos passaram a abranger todo o território nacional, com cerca de 8.514.215 km², alcançando até a década de 1980. Quanto às áreas mapeadas, foram desenvolvidos diversos relatórios destas regiões, publicados através de volumes impressos programados pelo Projeto RADAMBRASIL, todos contendo basicamente cinco seções: Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso e Potencial da Terra.

i. Metodologia de Mapeamento Geomorfológico

i. Material e Métodos

A interpretação e o conseqüente mapeamento geomorfológico de todas as folhas geradas seguiram a metodologia básica estabelecida para o Projeto. O mapeamento geomorfológico adotado pelo Projeto RADAMBRASIL se deu por diversas etapas, em destaque:

1 - Pesquisas cartográficas e bibliográficas, seguindo de fotointerpretação inicial dos materiais fornecidos pelo radar tais como os perfis altimétricos. Análise de fotografias infravermelho em cópias preto-e-branco e coloridas.

2 - Os sobrevoos representaram a segunda fase da metodologia, foram planejados e realizados em quantidade e duração suficientes para a solução dos problemas existentes, fizeram uma espécie de correlação entre as imagens fornecidas pelo radar e as fotografias aéreas, permitindo no mapeamento geomorfológico, o acompanhamento da distribuição de um tipo de relevo, de modo contínuo.

Obtidas as imagens do radar, o próximo passo consistiu em classificar os mapas gerados pelas mesmas, portanto, o material pelo qual será adotada a taxonomia implantada pelo Projeto RADAMBRASIL, consta no Manual Técnico de Geomorfologia (1995).

Classificação do Mapa (Manual Técnico de Geomorfologia)

Este tópico adota como guia o Manual Técnico de Geomorfologia, da série Manuais Técnicos em Geociências, publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 1995.

A ordenação dos fatos geomorfológicos mapeados numa taxonomia que os hierarquiza consiste na base da metodologia do mapeamento geomorfológico. Os grupamentos de Tipos de Modelados sucessivos correspondem as Unidades Geomorfológicas. Os grupamentos desta última formam as Regiões Geomorfológicas, cuja junção, equivale aos Domínios Morfoestruturais. Todas as nomenclaturas acima são baseadas na ordem de grandeza que são diferenciadas entre si de acordo com a predominância das formas de relevo (IBGE, 1995).

O Quadro 7 demonstra como se dá a hierarquização taxonômica dos fatos geomorfológicos. Os Domínios Morfoestruturais constituem a maior divisão taxonômica empregada. Esse táxon organiza a causa de fatos geomorfológicos derivados de aspectos amplos de geologia com os elementos geotectônicos, os grandes arranjos estruturais e a predominância de litologia conspícua. Apresentam características geológicas prevaletes, a exemplo das grandes cadeias dobradas, antigos geossinclíneos*, estruturas dobradas e falhadas, grandes bacias sedimentares com pequenos mergulhos de camadas, etc.

Em seguida, as Regiões Geomorfológicas se caracterizam por uma compartimentação regional, não apresentando um controle causal geológico, porém, estão diretamente relacionadas a fatores climáticos pretéritos e atuais. A tectônica relacionada é recente de caráter geralmente epirogenético, juntamente com os aspectos pedológicos e fitoecológicos.

As Unidades Geomorfológicas ou Sistemas de Relevo são definidas como um arranjo de formas fisionomicamente semelhantes em seus tipos de

modelados. As similitudes de formas são explicadas por fatores paleoclimáticos, representando um arranjo regional de formas de relevo, com conotação fisiográfica devido à interação dos elementos da paisagem, tais como clima, vegetação e solo.

Por último, os Tipos de Modelados são grupamentos de formas de relevo dispõem de similitude geométrica, uma espécie de mancha ou polígonos geomorfologicamente definidos. Na composição do mapa são delimitados quatro tipos de modelados: acumulação, aplanamento, dissecação* e dissolução* (Quadro 7).

Quadro 7 - Taxonomia dos fatos geomorfológicos

DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS
Grandes conjuntos estruturais, que geram arranjos regionais de relevo, guardando relação de causa entre si
REGIÕES GEOMORFOLÓGICAS
Grupamentos de unidades geomorfológicas que apresentam semelhanças resultantes da convergência de fatores de sua evolução
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
Associação de formas de relevo recorrentes, geradas de uma evolução comum
TIPOS DE MODELADOS

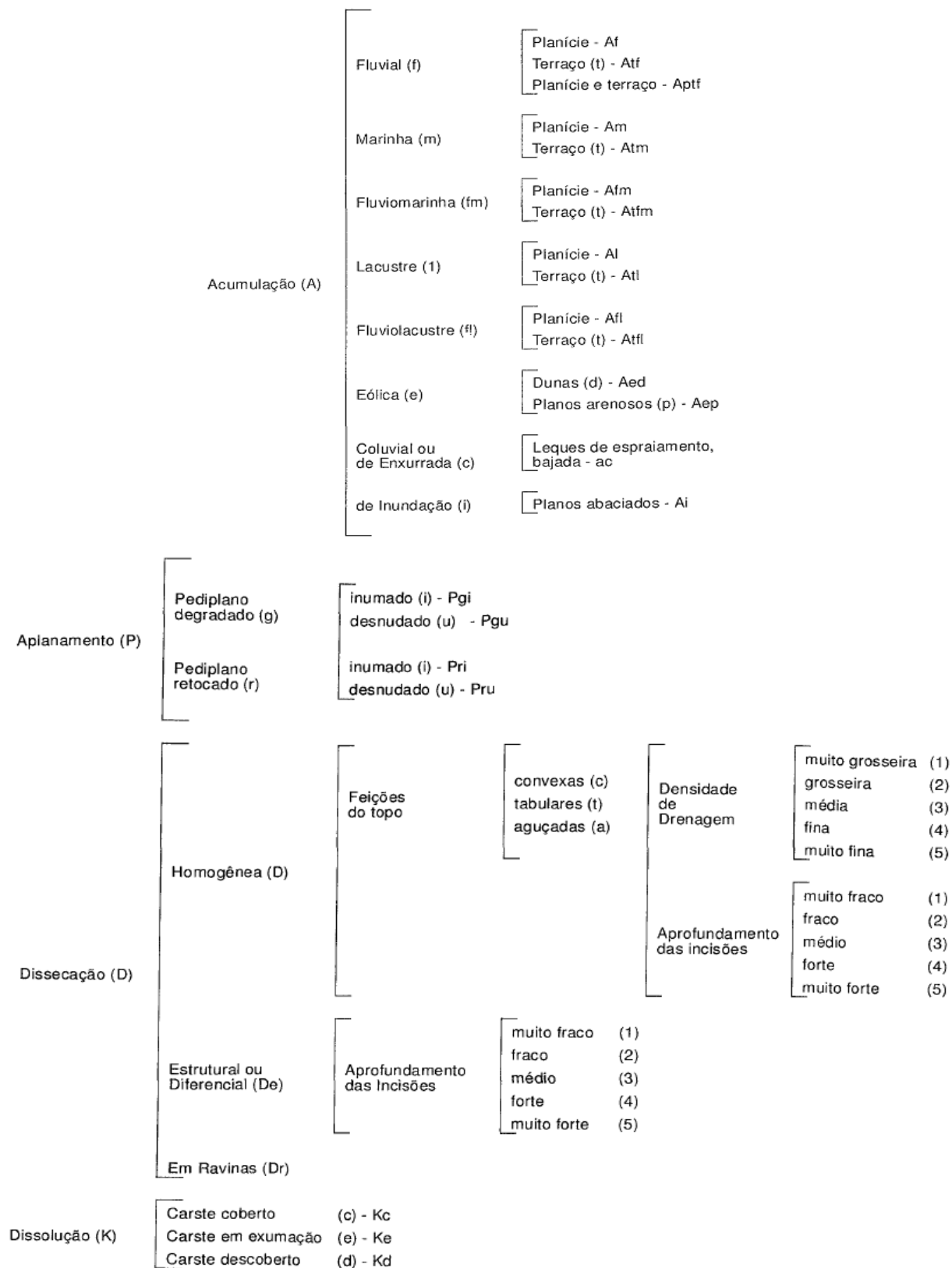
Fonte: IBGE (1995).

Para a publicação dos primeiros relatórios elaborados pelo Projeto RADAMBRASIL foi adotada uma taxonomia idêntica, que consistia numa legenda com feita também por associação de letras que detalhavam as categorias de formas de relevo tomadas a lato sensu (sentido amplo), são elas: S – estruturais, E – Erosivas e A – acumulação, que iniciaram o grupamento

de letras sempre maiúsculas. As letras puderam ser combinadas entre si em muitos casos (SE, EA ou AS).

Junto às maiúsculas seguiram-se as minúsculas, contendo tanto o registro de forma quanto referência da gênese. Por exemplo: SEstb – corresponde a uma forma estrutural, com incidência erosiva apresentando feição de topo homogenia tabular, para realidade da Província Parnaíba temos as chapadas areníticas, cuestasiformes ou não, apresentando rebordos festonados (Quadro 8).

Quadro 8 - Tipos de modelado



Fonte: IBGE, 1995.

Uma comparação entre a legenda utilizada para o Projeto RADAMBRASIL e o Manual Técnico de Geomorfologia teremos o Quadro 9.

Quadro 9 - Correlação das legendas de mapeamento geomorfológico Projeto RADAMBRASIL (1970~1980) Adaptação (Manual Técnico Geomorfologia)

LEGENDAS ANTERIORES	LEGENDAS COMPATIBILIZADAS
	<i>MODELADOS</i>
FORMAS ESTRUTURAIS SEstb, SEpt, St, Spt, Stf, St8, St6	APLANAMENTO Pgu
FORMAS EROSIVAS Estb, ESspp, Et, Est Espp, Ep, EepE, Esp Esa, Epi Evpd, Epd, Eva Ei	Pgi Pru Pri P Símbolo
TIPOS DE DISSECAÇÃO dit, ditr, dma, dmr, iam, itd dmvr, dmp, dgm, dmit, dpt, dm, dmcr, dmki	DISSECAÇÃO
dr, drv, dhr, drm, drvit, dke, dkm, kp kpr, kcv, dsf, nr, dk, dkm, dkr, dkit dkmr, dkia, ker, rpd, dvr, inr	Dt Da Dc
dc, dcta, dcrv, dcr, dctai, dci, dcv, dcvr, dckr, dctar, dcp, ck, ckp, cpr cmr, cm, dctav, dia, diar	fácies de dissecação Densidade de drenagem e Aprofundamento das Incisões, cada uma com cinco classes padronizadas para todo o território nacional
Dr De, Egi Dsf	Dr De Símbolo
DISSOLUÇÃO Kc Ke Kd	DISSOLUÇÃO Kc Ke Kd
FORMAS DE ACUMULAÇÃO Apt, Af, Apfi, Apfa, Apfe, Aptd Apt, Apfc, Apre Aptf Apimi, Apim, Afm, Aptmc, Aptmg, Apíma Atfm Aptl, Aptl Atfl Atm Atf, Etf Adf, Adu, Ad Are, Am Aai, Ai, Aail Agl, Aglp, Apl Atl Ac	ACUMULAÇÃO Af Aptf Afm Atfm Afl Atfl Atm Atf Aed - Aep Am Ai Al Atl Ac

Fonte: IBGE 1 (995).

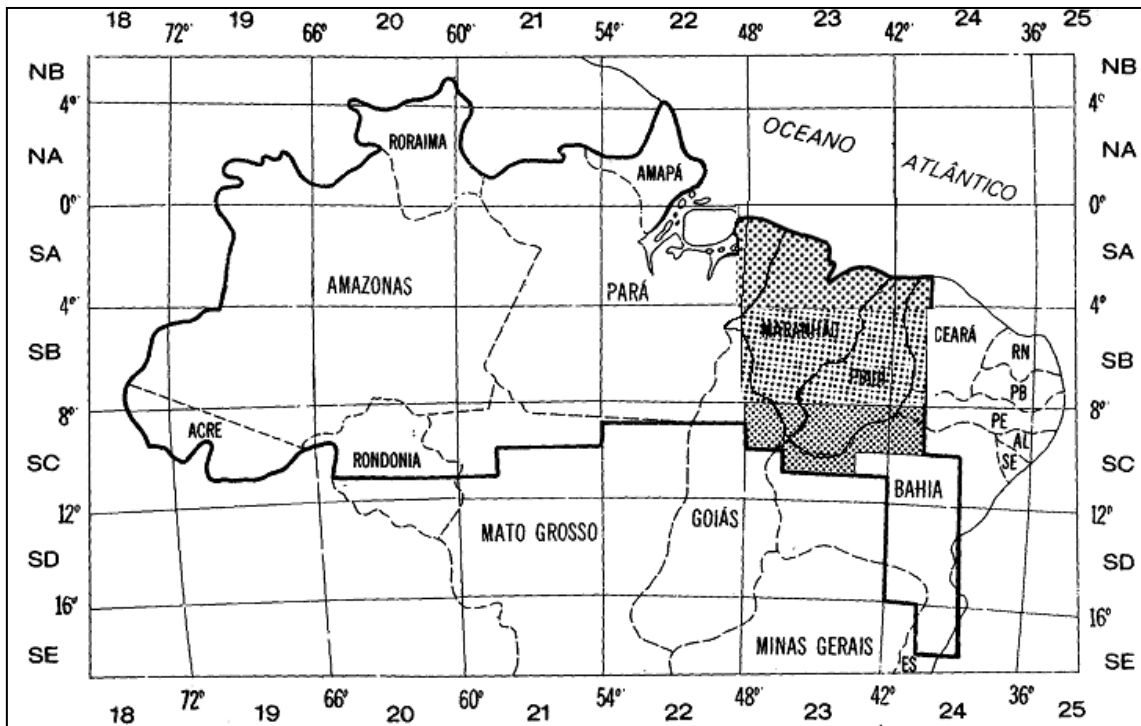
A diferenciação entre as duas legendas consiste principalmente na nomenclatura Formas Estruturais (S) que passou a ser chamada de Modelados de Aplanamento (A). Outra característica a ser notada é a simplificação dos símbolos, ou seja, tornaram-se mais compactos, a exemplo dos diversos tipos de dissecação adotados no primeiro que posteriormente ficaram Dt (Dissecado tabular), Dc (Dissecado convexo) e Da (Dissecado de aguçadas), este último refere-se a feições de relevo com grau alto grau de convexação, ou seja, vertentes abruptas, espécie de picos.

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DA PROVÍNCIA PARNAÍBA

O mapeamento da geomorfologia da Província Estrutural Parnaíba abrange as folhas produzidas pelo Projeto RADAMBRASIL, que compreendem: Folhas CS 23 e 24, respectivamente, Rio São Francisco/Aracaju; Folha SB 23 (Teresina) e parte da folha SB 24 (Jaguaribe); Folha SA 23 (São Luís) e parte da folha SA 24 (Fortaleza). Em sequência são os volumes I, II e III publicados no ano de 1973 pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

A Figura 24 demonstra a área que corresponde ao levantamento de recursos naturais feito pelo referido projeto na área que abrange a Província Parnaíba (pontilhada), sendo que cerca de 90% da mancha superpõe a então chamada de Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão (atual Província Estrutural Parnaíba).

Figura 24 - Área de Levantamento dos Recursos Naturais



Fonte: BRASIL (1973). Modificado pelo autor.

A geomorfologia presente em toda província caracteriza-se por forte presença de superfícies estruturais, ou seja, cuja topografia coincide com a estrutura, onde o trabalho dos agentes erosivos nas rochas resulta, neste caso, formas de relevo que coincidem com a estrutura geológica, colocando em destaque as camadas duras e também as tenras. Como o caso do relevo de cuevas, que se caracteriza por uma disposição de camadas que permeiam entre resistentes e tenras (GUERRA, 2009).

As chapadas são elementos presentes, evidenciando uma grande morfoestrutura exumada do ponto de vista geomorfológico, comportando-se como resto de antigas superfícies erodidas (testemunho). Depressão, Superfícies pediplanadas e sub-litorâneas também constituem a geomorfologia da Província Parnaíba.

Uma observação a ser feita quanto à compartimentação do relevo a partir da classificação geomorfológica elaborada pelo Projeto RADAMBRASIL nas folhas referidas acima, é que nem todas as unidades geomorfológicas presentes na área estão inseridas na Província Estrutural Parnaíba. No entanto, através da interpretação pessoal das cartas produzidas, o objetivo consistiu em extrair as unidades que realmente associam-se a tal.

Portanto, foram identificadas 14 Unidades de Relevo ou Morfoestruturais (RADAM, 1972), tanto as que compreendem a província e suas unidades limítrofes utilizando o método de comparação entre o mapeamento estrutural da Província Parnaíba publicado pela Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais – CPRM – (BIZZI et al., 2003) e o geomorfológico produzido pelo Projeto RADAMBRASIL, através da sobreposição e observação entre ambas as publicações.

A ideia consiste em evidenciar as unidades geomorfológicas classificadas pelo projeto, sendo que cada uma correspondente as bacias que constituem a Província Parnaíba: Parnaíba, Alpercatas, Grajaú e Espigão-Mestre.

Hidrografia

Os principais cursos d'água que cortam a Província Parnaíba atuam como agentes erosivos no processo de esculturação do relevo constituinte das bacias, ressaltando a importância de rios como o Parnaíba (I), Itapecuru, Grajaú, Alpercatas, Mearim, Pindaré, Tocantins, Gurupi, Guamá e Capim.

De caráter perene, o rio Parnaíba funciona como nível de base regional para mais de 40% da Província, acreditando ser um grande receptor de sedimentos provenientes das calhas

adjacentes que do alto ao baixo curso são transportadas até chegar ao Oceano e cobrindo as planícies litorâneas com seus depósitos aluvionares*.

O conjunto dos rios Itapecuru, Grajaú e Alpercatas (II) esculpem as superfícies pediplanadas na porção central da Província Parnaíba. O rio Tocantins(III) está encaixado na porção ocidental da Província cobrindo uma grande depressão. Quanto ao rio Gurupi(IV) além de ser o divisor natural entre os Estados do Maranhão e Pará – assim como o Parnaíba separa o Piauí deste primeiro – está entalhado no planalto setentrional dos dois territórios.

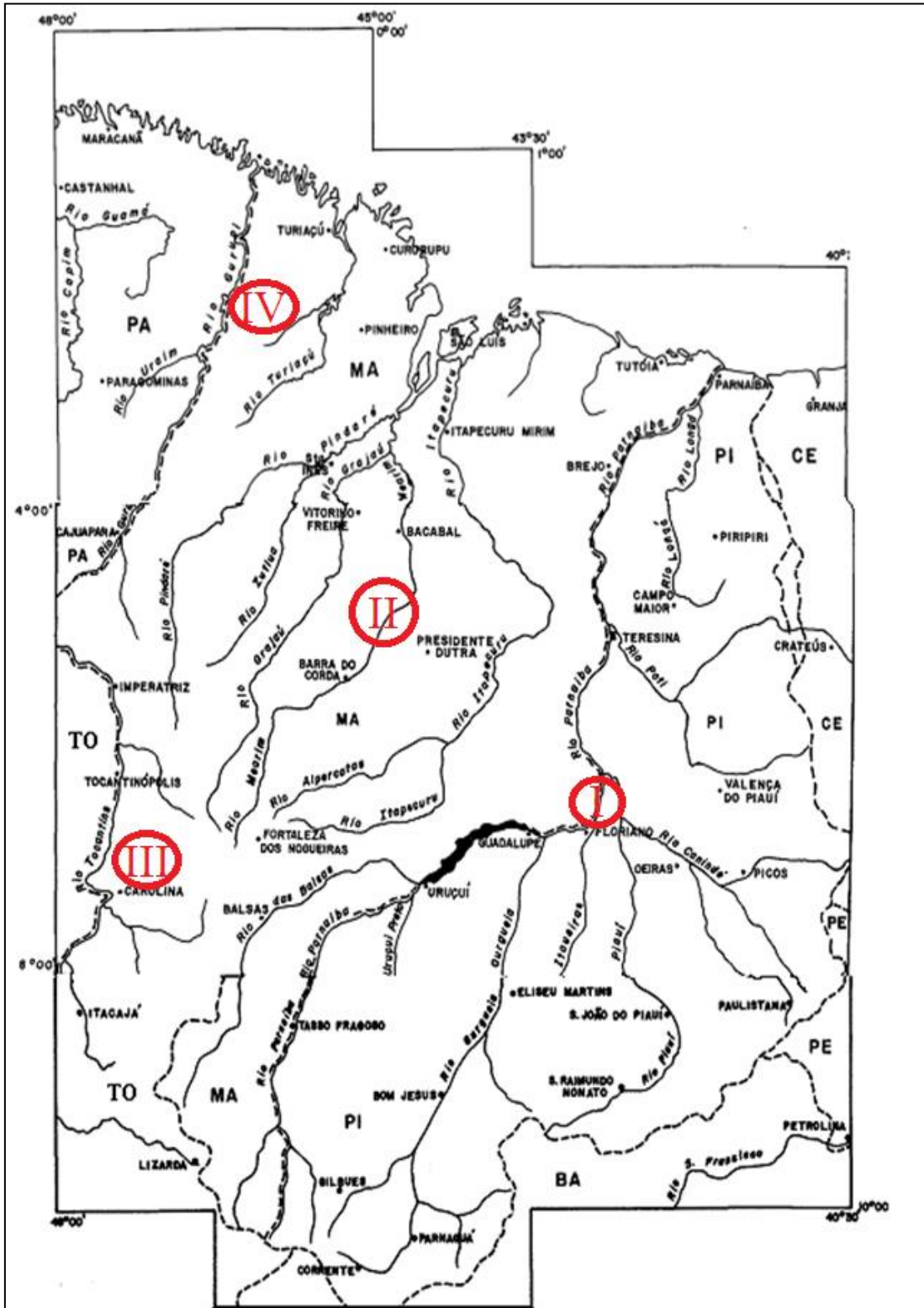
ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Os aspectos geomorfológicos descritos a seguir tem uma relação íntima com a Figura 25 (Parte da hidrografia presente na Província Parnaíba), portanto, é necessário que se faça a interrelação entre os principais cursos d'água destacados acima com as feições geomorfológicas presentes nas bacias constituintes da província.

Quanto à descrição de cada unidade relevo identificada, é resultado da compilação dos três relatórios de caráter monográfico produzidos pelo PROJETO RADAMBRASIL (1973), sendo observadas quais unidades realmente se encaixam nas respectivas bacias sedimentares, estas últimas que compõem o quadro da Província Estrutural Parnaíba.

Sendo válido ressaltar que a análise foi feita através de pesquisa bibliográfica, descartando, portanto, o método de reambulação* para constatação dos dados em campo.

Figura 25 - Parte da hidrografia presente na Província Parnaíba



Fonte: Brasil (1973). Modificado pelo autor.

Bacia do Parnaíba

Nesta bacia foram identificadas as seguintes unidades de relevo: Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão (1), Pediplano Central do Maranhão (2) e a Depressão Ortoclinal do Médio Tocantins (3). Estão dispostas no Mapa 2 (Geomorfologia da Província Parnaíba: Unidades Morfoestruturais – PROJETO RADAMBRASIL, 1972).

Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão (1)

A maior massa de relevo é representada por superfícies estruturais da Bacia Piauí-Maranhão, submetidas a processos erosivos mais amplos do tipo pedimentação*.

É representado por um conjunto de formas de relevo predominantemente tabulares, recoberto na parte oriental (“Serra” ou Cuesta da Ibiapaba), estendendo-se de sul a norte, delineada pelo Lineamento Transbrasiliano. A Serra da Ibiapaba é a mais extensa cuesta* formada em estruturas paleozóicas da Bacia do Parnaíba. Enquanto cuesta apresenta um mergulho de camadas para oeste, a drenagem segue o mesmo curso, a exemplo do rio Poti que escavou um percée* (boqueirão) típico.

Uma característica fundamental é referente a drenagem do tipo cataclinal ou consequente, que resulta deste mergulho homoclinal em direção ao centro de deposição dos sedimentos coluvionares* e aluvionares. O relevo desta unidade varia de 300 a 800 metros, seguindo um gradiente de sul a norte.

Na porção meridional, o Planalto da bacia sedimentar Piauí-Maranhão também apresenta uma superfície em chapadas (Serras: Vermelha, Itapecuru e Alpercatas) e relevos residuais em forma de mesas com rebordos em glint*. Esse grupo é seccionado pelos vales dos rios Parnaíba, Gurguéia, Balsas, Alpercatas e Itapecuru.

Pediaplano Central do Maranhão (2)

Unidade de relevo de forma muito irregular devido a prevalência de sua origem de caráter erosiva. Estende-se, principalmente entre os rebordos setentrionais do Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão, bordejando as áreas de influência litorânea e o Planalto Setentrional Pará-Maranhão.

Na porção setentrional comporta-se como prolongamento da extensa superfície pediplanada que acompanha o vale do rio Parnaíba em direção ao litoral, interligando-se com o rebordo erosivo da cuesta da Ibiapaba. Os bordos do Pediplano se apresentam dissecados em mesas e grupos de mesas, pela ação erosiva da drenagem dos rios Parnaíba, Itapecuru e Munim.

Na parte sul, o Pediplano Central do Maranhão resulta duma coalescência* dos vales pedimentados* dos rios Parnaíba, Canindé, Gurguéia, Mearim e Alpercatas, com direção de mergulho N-NE seguindo a direção do vale do Parnaíba.

O Pediplano Central do Maranhão atinge relevos em chapadas, como as serras das Alpercatas, Valentim e Cobra, e relevos residuais em mesas, além do aplainamento generalizado devido à erosão das vertentes.

A altitude do Pediplano Central do Maranhão varia, desde 100 até 400 metros, nos limites com o Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão.

Depressão Ortoclinal do Médio Tocantins (3)

Ocupando a parte Médio-Occidental da Província Parnaíba, seu caráter de uma grande depressão ortoclinal foi desfigurado pela descontinuidade da linha de cuesta pelo prolongamento do Pediplano Central do Maranhão. A posição homoclinal da estrutura justifica tal denominação (nomenclatura).

As feições de relevo apresentam uma forte relação com a estrutura, constituída de patamares estruturais, escalonados em direção a porção sul. Os tipos de dissecação dos patamares são mesas agrupadas.

A Depressão se individualiza por um grande conjunto de mesas que se elevam do fundo pedimentado, apresentando um alinhamento estrutural SW-NE. A altitude média da borda é de 400 metros, variando até 150 metros no eixo dado pelo Rio Tocantins.

Bacia das Alpercatas

O Pediplano Central do Maranhão (2) está inserido na Bacia das Alpercatas ocupando cerca de 90%.

Bacia do Grajaú

Nesta bacia são identificadas as seguintes unidades de relevo: Planalto Setentrional Pará-Maranhão (4), Planalto Rebaixado da Amazônia (5), Superfície Sub-Litorânea de Bacabal (6) e Superfície Sub-Litorânea de Barreirinhas (9).

Planalto Setentrional Pará-Maranhão (4)

É uma área de relevo fortemente dissecado nas formações sedimentares (Barreiras e Itapecuru), apresentando superfícies com rebordos erosivos que se inclinam, para o norte, em direção ao litoral e para o noroeste, em direção ao golfo amazônico. Encontra-se entalhada pelos vales e rios que seguem a direção NE (Gurupi) e N-NW (Capim e Guamá).

Caracterizada por um conjunto de relevos tabulares, muito fragmentados e separados por uma densa rede de drenagem na porção noroeste da Província, com altitudes beirando a 250 metros.

A intensa dissecação deste planalto criou pequenas mesas e elevações sob forma de morros cônicos isolados na parte oriental, enquanto os conjuntos mais compactos de mesas são mais nítidos a ocidente. Representado principalmente pelas serras de Tiracambu e Gurupi.

Planalto Rebaixado da Amazônia (5)

Esta unidade, localizada a oeste da área mapeada, continua com um planalto rebaixado. Sua estrutura geológica é da Formação Barreiras. O Pediplano Central do Maranhão, que é a unidade contígua, dissecou a Formação Barreiras, rebaixando as altitudes e mantendo relevos tabulares por efeitos erosivos. Localmente, a dissecação do Planalto seguiu elementos estruturais, principalmente linhas e fraturas.

Superfície Sub-Litorânea de Bacabal (6)

É formada por um conjunto de colinas suaves, modeladas em rochas sedimentares das Formações Barreiras e Itapecuru. Representa uma faixa de transição entre a Planície Flúvio-marinha do “Golfão Maranhense” e os níveis mais elevados do Pediplano Central do Maranhão. Foram os rios Gurupi, Turiaçu, Pindaré, Mearim e Itapecuru que dissecaram a área, dando-lhe relevo baixo composto de numerosas colinas.

Superfície Sub-Litorânea de Barreirinhas (9)

É a área de transição entre as formações litorâneas e os níveis pouco mais elevados do Pediplano Central do Maranhão, apresentando uma cobertura de dunas fixas bem caracterizadas. Trata-se de uma superfície elaborada sobre a Formação Barreiras, na qual o entalhamento se faz apenas pelos vales que se dirigem para o litoral.

O termo Barreirinhas, adotado para a localização desta unidade de relevo, não tem correspondência com a Bacia Sedimentar de Barreirinhas (Brasil, 1972), portanto, cabe classificá-la dentro da Província Parnaíba.

Bacia do Espigão-Mestre

É válido destacar que esta bacia é resultante do processo de discordância eólica proveniente do relevo proveniente da Bacia do São Francisco, portanto, alguns autores (LIMA, 2010) acreditam que esta mesma compreende a Província do São Francisco. Entretanto, adotaremos os preceitos existentes na obra de Bizzi *et al.* (2003).

Foram identificadas as seguintes unidades de relevo: Depressão Interplanáltica de Parnaguá (13) e Planalto Ocidental do Médio São Francisco (14).

Depressão Interplanáltica de Parnaguá (13)

A topografia é uniforme na parte ocidental, onde desenvolve sobre rochas sedimentares de idade paleozóica. Já na parte oriental aparecem rochas Pré-Cambrianas, em relevo ondulado, sobressaindo cristas de quartzito.

Planalto Ocidental do Médio São Francisco (14)

Drenada pelos afluentes da margem direita do Rio Tocantins, esta unidade desenvolve-se em formações paleozóicas, da Província Parnaíba, onde as altitudes variam de 100 a 200 metros.

Unidades de Relevo Limítrofes

A Província Parnaíba além da delimitação geológica através do seu embasamento, recheada de riftes, falhas, lineamentos etc., a geomorfologia também exibe sua importância, permitindo afirmar de que as unidades de relevo estão fortemente relacionadas à composição litológica não só nas porções sedimentares, mas nas áreas de contato entre as formações paleozóicas e o escudo pré-cambriano (cristalino), tais como as depressões periféricas, por exemplo, nas porções leste e sudeste da província.

As unidades geomorfológicas que delimitam a Província Parnaíba estão dispostas no Quadro 10, dispõe de algumas que também estão inclusas no mapeamento geomorfológico da área de estudo, exceto a porção oeste.

Quadro 10 - Unidades morfoestruturais que delimitam a Província Parnaíba

LIMITES	UNIDADES DE RELEVO LIMÍTROFES
Norte	<i>Planície Flúvio-Marinha do Golfão Maranhense (7)</i> <i>Litoral de Rias e Lençóis Maranhenses (8)</i>
Leste	<i>Depressão Periférica de Crateús (10)</i> <i>Chapada do Araripe (11)</i>
Sudeste	<i>Depressão Periférica do São Francisco (12)</i>
Sul	<i>Planalto Ocidental do Médio São Francisco (14)</i>
Oeste	<i>Depressão Periférica do Norte do Pará (15)</i>

Fonte: Elaboração do Autor.

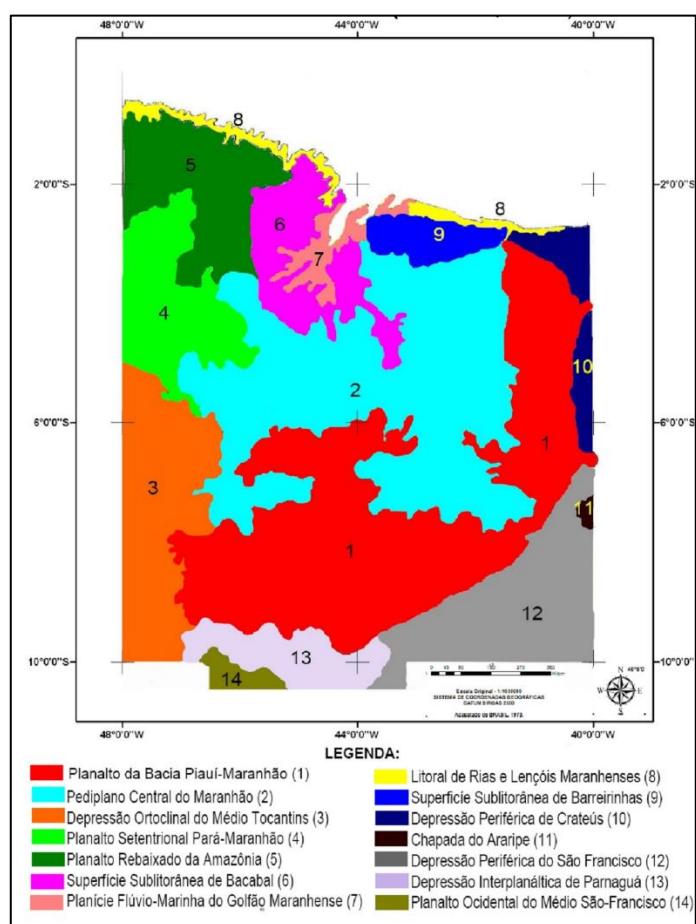
Feito o esboço das unidades geomorfológicas que compõem e delimitam a Província Parnaíba, a próxima etapa consiste em exibir o panorama das feições de relevo que a integram através do mapeamento e classificação das mesmas.

Uma observação quanto a unidade limítrofe 15, ela não está no mapa elaborado, por não ser possível efetuar a montagem completa das unidades da porção oeste, mas é mencionada na obra do RADAM (1973).

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO

O mapa da próxima página foi resultado da montagem dos mapas confeccionados na escala de 1:1000000 elaborados pelo Projeto RADAMBRASIL (Brasil, 1973). A junção dos mapas das unidades de relevo - que foram três - foi essencial para o sucesso do mapeamento da área que abrange a Província Parnaíba (Figura 26).

Figura 26 – Mapa da província do Parnaíba: unidades do relevo - províncias



Fonte: Elaboração do Autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A terminologia Província é mais indicada para classificar o traçado geológico brasileiro, pois a extensão territorial do país é ideal para adoção desta nomenclatura e torna mais didática o entendimento das similitudes estruturais, litoestratigráficas e cronogeológicas do Brasil.

O conhecimento científico de muitas províncias estruturais ainda não está consolidado, pois os avanços tecnológicos proporcionam especificidades e os critérios arbitrários vão se extinguindo e assumindo postura mais válida para as classificações, portanto, o conhecimento atual nos permite dizer que a geologia brasileira está dividida em 16 províncias estruturais de acordo com a CPRM.

O embasamento ou rochas cristalinas, que funciona como uma estrutura confinante para as bacias que compõem a Província Parnaíba formou-se aproximadamente no Arqueano, porém foi durante o ciclo brasileiro entre o final do Proterozóico e o início do Fanerozóico (700-450 Ma) que os ciclos de sedimentação passaram a atuar, estendendo-se até hoje. Neste intervalo podemos destacar atuação de duas grandes estruturas que foram imprescindíveis para a sustentação e acumulação da carga de sedimentos atribuída no decorrer do tempo geológico, destaque ao Lineamento Transbrasiliano e o Lineamento Picos-Santa Inês, o primeiro responsável pelas zonas de falha na bacia do Parnaíba e o último que funcionou como controlador de eixos deposicionais nas estruturas grabeniformes do embasamento.

Quanto à sedimentação que se processou na Província Parnaíba é denominada policíclica devido ao fato da existência de hiatos – aqui significa falta, lacuna - durante a formação de cada bacia constituinte, quer dizer, que as mudanças na litosfera terrestre a partir dos fenômenos tectônico-magnéticos operante no decorrer do tempo geológico - ilustrados com eficiência na carta litoestratigráfica – foram primordiais na diferenciação de cada bacia em termos de geocronologia, litologia e ambientes de sedimentação, como espécie de períodos de “calmaria” que antecede um

próximo ciclo que esteve por vir. Portanto, foram evidenciadas quatro supersequências na Província Parnaíba, ou melhor, quatro ciclos de sedimentação que se estende do Cambro-Ordoviciano ou Cretáceo, sendo importantes para a configuração atual da geologia da mesma.

Quanto à geomorfologia da Província Parnaíba, podemos inferir no padrão que as feições de relevo exibem dentro do conjunto de bacias sedimentares, varia de acordo com a composição geológica (sedimentar) o que irá determinar muitos padrões de formas de relevo, sendo que muitas estão intimamente ligadas à atuação dos agentes intempéricos, sobretudo, a interferência da água através dos cursos d'água tanto intermitentes quanto principais (rios). Destaque também a erosão eólica regressiva atuante nas feições estruturais monoclinais – as *cuestas* –, estas que oferecem material coluvionar à rede drenagem que será carregada juntamente com sedimentos aluvionares através da força cinética da água.

A rede de drenagem (hidrografia) sem dúvida exerceu um papel fundamental para diferenciação da geomorfologia da província, destaque aos rios Parnaíba, Itapecuru, Grajaú, Mearim, Gurupi, Pindaré e Guamá. O rio Parnaíba funciona como nível de base regional para a Bacia Paleozóica do mesmo, sendo que seus afluentes de norte a sul entalham os vales dos cursos cataclinais* ou consequentes.

Em relação às unidades de relevo, a Província Parnaíba abrange sete delas, entretanto, duas delas que estão na Bacia do Espigão Mestre relacionam-se mais a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco o que nos leva crer que as feições que mais caracterizam a província são as três restantes (Parnaíba, Alpercatas e Grajaú).

A conclusão chega a ser que o material até o momento que exhibe maior consistência e riquezas de detalhes quanto aos aspectos geomorfológicos para a Província Parnaíba é o Projeto RADAMBRASIL. Que, apesar de ter sido elaborado a mais de trinta anos (1973) ainda funciona como trabalho de referência para qualquer pesquisa que envolva os

aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, fitogeográficos e de uso da terra nas áreas em que foram mapeadas.

O referido projeto estabeleceu metodologias para os diversos estudos, dando destaque ao mapeamento geomorfológico criado especialmente para classificar as feições de relevo presente nas diferentes regiões das áreas mapeadas.

Tendo em vista os objetivos presentes no trabalho, podemos inferir que as propostas foram alcançadas no decorrer do relatório. Portanto, é necessária a permanência de estudos na área da Província Parnaíba para que muitas questões sejam esclarecidas.

GLOSSÁRIO

Aluvionar – O mesmo que aluvião. Detritos ou sedimentos clásticos, carregados e depositados pelos rios. Este material é arrancado das margens e das vertentes, sendo levado em suspensão pelas águas dos rios que o acumulam em bancos, constituindo os depósitos aluvionares. São depósitos suspensos, que aparecem algumas vezes na vertente de um vale.

Antepaís - Área estável (cratônica) junto a um orógeno em direção à qual são empurradas as rochas do cinturão dobrado.

Anidrita - mineral sulfato de cálcio anidro: CaSO_4 . A anidrita tem origem sedimentar importante, mas pode ocorrer, também, em rocha ígneas preenchendo amígdalas, em meios metalíferos.

Astenosfera - Geosfera situada entre 60-100 a 250-400 km da superfície da Terra. Faz parte do manto superior, tem características reológicas plásticas distintas da litosfera acima que é rígida e rúptil e dela está separada pela zona de baixa velocidade sísmica onde se verifica um salto no gradiente térmico ($>1.000^\circ\text{C}$). A astenosfera é a fonte principal de magma juvenil que vai ser acrescido à crosta acima, principalmente na formação continuada de crosta oceânica e em arcos magmáticos acima de planos de subducção.

Basculamento – É a distorção que alguns blocos sofrem, em função dos esforços que ocorrem no relevo de uma região.

Brasiliano - Ciclo geodinâmico, supercontinental, envolvendo a Plataforma Sul-Americana, foi responsável pela formação, durante o Neoproterozóico, de extensas faixas dobradas nas regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. Sua história inicia com a fissão (fragmentação) do supercontinente Rodinia e termina com a fusão (aglutinação) do Gondwana. Ocorreu entre ~950 Ma e 800 Milhões de anos (Ma) e termina entre 510 e 490 Ma.

Cavalcamento – É quando duas placas tectônicas se chocam, e uma cavalga sobre a outra. Nessa zona de grande atrito, entre as massas rochosas de cada placa, ocorrem epicentros de terremotos profundos.

Catáclase - deformação de uma rocha com fraturamentos e rotações de seus constituintes sem recristalizações minerais significativas.

Cataclinal – Ou rio consequente. Rio que corre segundo a direção do mergulho das camadas. Que corre segundo o declive do relevo.

Clasto - fragmento de rocha ou de mineral pré-existente contido dentro de uma rocha. Rochas detríticas sedimentares como conglomerados.

Coalescência – Fusão, integração de partes.

Cuesta - Forma de relevo assimétrico, muito comum em sequências de camadas sedimentares com mergulho fraco intercalando níveis mais resistentes à erosão do que outros e que controlam, assim, o desenvolvimento geomorfológico com uma topografia plana e de gradiente suave segundo o sentido do mergulho das camadas, contraposta por escarpas de cuesta (front) no sentido contrário. O relevo de cuesta representa um meio termo entre os relevos de mesa.

Depocentro - Lugar de máxima deposição em uma bacia geológica e onde se tem a maior espessura do pacote de camadas da unidade estratigráfica considerada.

Desnudação – Desgaste das diversas formas de relevo da superfície terrestre. Arrastamento das formas de relevo mais salientes, pelo efeito dos diferentes agentes erosivos.

Dissecação – diz-se a paisagem trabalhada pelos agentes erosivos.

Dissolução – O carbonato de cálcio em contato com a água carregada de ácido carbônico (H₂CO₃) se transforma em bicarbonato de cálcio. Certas rochas eruptivas também são modificadas em virtude da ação das águas pluviais atuando sobre os silicatos (feldspatos). Nos arenitos, com cimento calcário ou argiloso, são freqüentes os fenômenos de dissolução do cimento.

Evaporito - rocha sedimentar apresentando camadas de minerais salinos, sendo os principais a gipsita e a halita, depositadas diretamente de salmouras em condições de forte evaporação da bacia de sedimentação.

Félsica - [fel de feldspatos e feldspatóides; si de sílica/quartzo]. Mineral de cor clara com teores expressivos de elementos leves (Si, Al, álcalis,..) típicos de rochas magmáticas evoluídas como granitos e sienitos. O termo aplica-se também para rochas magmáticas ou delas derivadas.

Festonado – refere-se à sinuosidade apresentada pela vertente que foi erodida pelo processo de erosão regressiva atuante na escarpa, através da linha de festo, ou seja, no divisor de água.

Flexura – Adelgaçamento das camadas por ocasião de um dobramento.

Front de cuesta – o mesmo que frente de cuesta. Parte da cuesta que corresponde a frente abrupta.

Geossinclinal - grande bacia geológica alongada que recebe a sedimentação de milhares de metros de espessura provinda das áreas positivas laterais.

Glint - Escarpa de uma mesa estrutural, que surge em função de processo de desnudação.

Graben – Estrutura de falhas gravitacionais com um bloco central abatido. Quando de dimensões maiores corresponde a um rifte.

Horst [Sin. muralha] - Bloco soerguido entre falhas paralelas ou sub-paralelas com forte ângulo de mergulho. Horsts ou muralhas são as estruturas tectônicas positivas dentro de um sistema de falhas gravitacionais em blocos.

Isostasia - Condição de busca do equilíbrio densitométrico de massas litosféricas sobre a astenosfera com empuxos principais verticalizados, à semelhança de corpos flutuantes sobre um líquido. O equilíbrio isostático pode ser abalado por várias causas, entre elas, aquecimento e arrefecimentos em porções da crosta ou do manto, processos tectônicos levando a duplicação crustal, retirada de capeamentos como grandes e espessas geleiras continentais, espessa deposição de sedimentos em uma bacia.

Litologia - parte da geologia que trata do estudo das rochas com relação a sua estrutura, cor, espessura, composição mineral, tamanho dos grãos e outras feições visíveis que comumente individualizam as rochas.

Máfica - Mineral com teores expressivos de Fe e de Mg (olivinas, piroxênios, anfibólios.) e que são constituintes essenciais das rochas ferro-magnesianas ou máficas e ultramáficas. O termo aplica-se também para rochas magmáticas ou delas derivadas.

Pedimentação - diz-se das superfícies aplainadas por um sistema de erosão devido a um clima árido quente ou semi-árido.

Pediaplano - região aplainada (peneplano) em clima árido ou semi-árido e que se caracteriza por apresentar capeamentos pedimentares, litossolos e/ou extensos afloramentos. O pediaplano desenvolve-se por processo erosivo com regressão de escarpas, típico de climas áridos a semi-áridos, com coalescência e expansão de áreas planas do "pé de monte" (piedmont ou bajadas) que apresentam tênue capeamento de material fragmentário (pedimento) e rocha nua na frente de leques aluvionares. Arrasada a região montanhosa, o pediaplano amplia-se até sobraem somente raros testemunhos (inselbergs) das zonas mais elevadas na superfície de aplainamento.

Percée – abertura feita por um rio conseqüente ao atravessar uma frente de cuesta. No Nordeste brasileiro, o termo regional usado para este fenômeno geomorfológico é o boqueirão.

Radargrametria – elevação do terreno derivada da representação estereoscópica das imagens de radar.

Reambulação – Aferição de dados indicados em documentos utilizando a pesquisa de campo, ou seja, conferir se aquilo que foi produzido está condizente com a realidade exposta (in locu).

Rifte - Estrutura de bacia tectônica originada por tectônica extensional sobre hot spot, margeada por falhas de gravidade. Tipo graben alongado, desenvolvendo vale ou depressão extensa (rift valley) em continentes ou, em sua possível evolução, em oceanos (rifte de cadeia meso-oceânica).

Sabkha - ambiente de sedimentação litorâneo supramaré, intermediário entre as terras emersas e faixa intra-marés, em clima árido a semi-árido, sendo comum a associação de depósitos sedimentares evaporíticos (calcários e salinos), de inundações intra-marés e eólicos.

Siliclástico - rocha sedimentar, sequência deposicional ou sedimento clástico constituído, essencialmente, por fragmentos minerais silicáticos.

Silicato - grupo de minerais formados basicamente por um átomo de silício circundado por quatro de oxigênio num arranjo de tetraédro.

Sinéclise - estrutura geológica desenvolvida em plataforma continental, com amplitude regional de dezenas de milhares de km², na forma de ampla bacia com mergulhos muito fracos e convergentes de pacote, geralmente espesso, de camadas sedimentares, e produzida por lento abaullamento negativo da crosta ao longo de vários períodos geológicos. A bacia do Meio Norte ou Piauí-Maranhão é um exemplo de sinéclise em cujas bordas erodidas desenvolve-se relevo de cuesta e mais para o centro as atitudes tornam-se horizontalizadas.

Subsidência - Processo de rebaixamento da superfície terrestre com amplitude regional a local por causas tectônicas, como as fases tafrogênicas

de bacias geológicas desde cratônicas a orogênicas, ou causas não-tectônicas como dissolução de camadas sedimentares de sais e de calcários subterrâneos com abatimento das camadas acima das dissolvidas.

Zona Nerítica - em biologia marinha chama-se zona nerítica ou província nerítica a região dos oceanos que corresponde ao relevo da plataforma continental e a camada de água situada sobre ela e que não sofre a influência das marés.

REFERÊNCIAS

ABREU, Paulo Marques. **Estudos Geofísicos da Porção Leste da Bacia do Parnaíba: Contribuição ao conhecimento hidrogeológico**. 2002. 130 f. Dissertação (Mestrado em Geofísica) - Ministério da Ciência e Tecnologia. Observatório Nacional, Rio de Janeiro, 2002.

ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de *et al.* Províncias Estruturais Brasileiras. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: SBG, 1977. p. 363-391.

AZEVEDO, R.P. Interpretation of a deep seismic reflection profile in the Pará-Maranhão Basin. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOFÍSICA, 2., 1991, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: SBG, 1991. p. 661-666.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL. Parte das Folhas SC.23/SC.24 – São Francisco/Aracaju. Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso da Terra**. Rio de Janeiro, 1973. 236 p. (Levantamento de Recursos Naturais, vol. 1).

CALDEIRA, João Luiz *et al.* Aspectos estruturais e sismo-estratigráficos da seção neo-cretácea e terciária da Bacia de Barreirinhas – águas profundas. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOFÍSICA, 2., 1991, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: SBG, 1991. p. 667-672.

CASSETI, Valter. **Geomorfologia**. [s.l.]: [s.n.], 2006. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/cap4/index.php>. Acesso em: 30 ago. 2022.

CORDANI, Umberto Giuseppe *et al.* **Estudo preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras**. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1984 (Ciência- Técnica – Petróleo).

CUNHA, Francisco Mota Bezerra da. **Evolução paleozóica da bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico**. 1986. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Geociência. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1986.

GÓES, Adilson Marinho de Oliveira; FEIJÓ, Flávio. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 57-67, 1994.

GÓES, Adilson Marinho de Oliveira; TRAVASSOS, Walter Antônio Silva. **Projeto Parnaíba: Reavaliação e perspectivas exploratórias da bacia (Relatório Técnico)**. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1992.

GUERRA, Antônio José Teixeira; GUERRA, Antônio Teixeira. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia. Departamento de Recursos Minerais e Estudos Ambientais**. Rio de Janeiro: IBGE, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Geologia. Departamento de Recursos Minerais e Estudos Ambientais**. Rio de Janeiro: IBGE, 1998.

LIMA, Iracilde Moura Fé. O Relevo do Espaço Piauiense: Aspectos de sua estruturação e evolução. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8., 2010, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: USP, 2010.

MABESOONE, Jannes Markus. **Sedimentologia**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1968.

MELO, José Henrique Gonçalves de *et al.* Bacia do Parnaíba. In: BEURLEN, Gerhard; QUADROS, Luiz Padilha de. **Bioestratigrafia das bacias paleozóicas brasileiras**. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1992. p. 49-61.

OLIVEIRA, Ailton Antônio Baptista de. **Projeto RADAM Brasil**, 1999. Disponível em: <http://www.projeto.radam.nom.br/historico.html>. Acesso em: 30 ago. 2022.

PENTEADO, Margarida. **Fundamentos de Geomorfologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

POPP, José Henrique. **Geologia Geral**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Rev. Geografia**, São Paulo, IG-USP, 1992

SANTOS, Maria Eugenia de Carvalho; CARVALHO, Marchesini Marise Sardenberg Salgado de. **Paleontologia das Bacias Do Parnaíba, Grajaú e São Luís**. Rio de Janeiro: CPRM, 2009.

SCHOBENHAUS FILHO, Carlos *et al.* **Carta geológica do Brasil ao Milionésimo – Folha Tocantins (SC.22)**. Brasília, DF: DNPM, 1975.

SOUZA-LIMA, Wagner; HAMSI JÚNIOR, Gilvan Pio. Bacias sedimentares brasileiras: Origem, evolução e classificação. **Phoenix**, n. 49; p. 1-4, 2003.

WINGE, Manfredo *et. al.* **Glossário Geológico Ilustrado**. Brasília, DF: UNB, 2001. Disponível em: <http://www.unb.br/ig/glossario/>. Acesso em: 30 ago. 2022.