

# GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE



2013



# **GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ**

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

## **CASA CIVIL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**

Ministra-Chefe Gleisi Hoffmann

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

### **MINISTRO DE ESTADO**

Edison Lobão

### **SECRETÁRIO EXECUTIVO**

Márcio Pereira Zimmermann

### **SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Carlos Nogueira da Costa Junior

## **CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

### **CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO**

#### **Presidente**

Carlos Nogueira da Costa Junior

#### **Vice-Presidente**

Manoel Barretto da Rocha Neto

#### **Conselheiros**

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Ladice Pontes Peixoto

Luiz Gonzaga Baião

Osvaldo Castanheira

### **DIRETORIA EXECUTIVA**

#### **Diretor-Presidente**

Manoel Barretto da Rocha Neto

#### **Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Thales de Queiroz Sampaio

#### **Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Roberto Ventura Santos

#### **Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

Antonio Carlos Bacelar Nunes

#### **Diretor de Administração e Finanças**

Eduardo Santa Helena da Silva

### **SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELÉM**

#### **Superintendente**

Manfredo Ximenes Ponte

#### **Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial**

João Batista Marcelo de Lima



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

# **GIODIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GIODIVERSIDADE

## **ORGANIZAÇÃO**

Xafi da Silva Jorge João  
Sheila Gatinho Teixeira  
Dianne Danielle Farias Fonseca

Belém, Brasil

2013

## CRÉDITOS TÉCNICOS

### LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ

#### COORDENAÇÃO NACIONAL

##### Departamento de Gestão Territorial

Cassio Roberto da Silva

##### Coordenação de Geoprocessamento e da Base de Dados de Geodiversidade

Maria Angélica Barreto Ramos  
Maria Adelaide Mansini Maia

##### Coordenação Regional

Valter José Marques

##### Execução Técnica

Xafi da Silva Jorge João  
Sheila Gatinho Teixeira  
Dianne Danielle Farias Fonseca

##### Elaboração e Organização do Relatório Técnico da Geodiversidade do Estado do Pará

Xafi da Silva Jorge João  
Sheila Gatinho Teixeira  
Dianne Danielle Farias Fonseca

##### Sistema de Informação Geográfica e Leiaute do Mapa

Sheila Gatinho Teixeira  
Dianne Danielle Farias Fonseca  
Maria Adelaide Mansini Maia  
Xafi da Silva Jorge João

##### Apoio Banco de Dados, SIG e Desenvolvimento da Base Geodiversidade Divisão de Geoprocessamento (DIGEOP)

João Henrique Gonçalves  
Antônio Rabello Sampaio  
Leonardo Brandão Araújo  
Elias Bernardi da Silva do Espírito Santo  
Patrícia Düringer Jacques  
Gabriela Figueiredo de Castro Simão

##### Colaboração

Adib Leal da Conceição  
Alexandre Dias Carvalho  
Aline Silva Vieira (estagiária)  
Antenor de Faria Muricy Filho (ANP)  
Antonio Theodorovicz  
Bernardo Faria de Almeida (ANP)  
Cintia Itokazu Coutinho (ANP)  
Claudio Fabian Szlafstein (NAEA)  
Eduardo Simões Albuquerque (estagiário)  
Homero Reis de Melo Júnior  
João Batista Marcelo de Lima  
Jorge Pimentel  
Kátia Silva Duarte (ANP)  
Karen Carmona (estagiária)  
Marcelo Eduardo Dantas  
Mônica Mazzini Perrotta  
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff  
Raimundo Geraldo Nobre Maia  
Regina Célia Gimenez Armesto  
Suely Serfaty-Marques  
Valter José Marques  
Vítório Orlandi Filho

##### Revisão Técnica

Xafi da Silva Jorge João  
Sheila Gatinho Teixeira  
Dianne Danielle Farias Fonseca

##### Revisão Linguística

André Luis de Oliveira Mendonça

#### Projeto Gráfico/Editoração/Multimídia

##### Departamento de Relações

##### Institucionais (DERID)

##### Divisão de Marketing e Divulgação (DIMARK) (padrão capa/embalagem)

Ernesto von Sperling  
José Marcio Henriques Soares  
Traço Leal Comunicação

##### Departamento de Apoio Técnico (DEPAT)

##### Divisão de Editoração Geral (DIEDIG) (projeto de editoração/diagramação)

Valter de Alvarenga Barradas  
Andréia Amado Continentino  
Agmar Alves Lopes

##### (supervisão de editoração)

Andréia Amado Continentino

##### Superintendência Regional de Belém

##### (SUREG-BE)

##### Gerência de Relações Institucionais

##### e Desenvolvimento (GERIDE)

##### (editoração)

Marcelo Henrique Borges Leão  
Nelma Fabrícia da Paixão Ribeiro

##### Superintendência Regional de Manaus

##### (SUREG-MA)

##### Gerência de Relações Institucionais

##### e Desenvolvimento (GERIDE)

##### (projeto de multimídia)

Maria Tereza da Costa Dias  
Aldenir Justino de Oliveira

#### Agradecimentos

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) - Superintendência Pará  
Companhia Paraense de Turismo (PARATUR)  
Coordenadoria de Defesa Civil do Pará  
Federação das Indústrias do Estado do Pará (FIEPA)  
Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM Amazônia)  
Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA)  
Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará (SEMA-PA)

As fotografias utilizadas na elaboração do DVD Multimídia fazem parte do acervo do projeto, sendo algumas gentilmente cedidas pela Companhia Paraense de Turismo (PARATUR), Coordenadoria de Defesa Civil do Pará, Geólogos Firmino Correia Júnior e Carlos Lessa.

#### FOTOS DA CAPA:

1. Risco geológico: cheia do rio Marapanim, inundando casas na cidade de Marapanim, nordeste do Pará (maio de 2009). Fonte: Coordenadoria de Defesa Civil do Pará.
  2. Atrativo geoturístico: detalhe da planície fluvial do rio Tapajós (praia de Alter do Chão, município de Santarém, PA).
  3. Atrativo geoturístico: trecho da serra da Lua, com inscrições rupestres em sedimentos arenosos compactados e intensamente fraturados (município de Monte Alegre, PA).
  4. Atrativo geoturístico: planície costeira do nordeste do Pará (praia de Marapanim, PA).
- Fonte: Jean Barbosa (PARATUR).

João, Xafi da Silva Jorge.

Geodiversidade do estado do Pará / Organização Xafi da Silva Jorge  
João, Sheila Gatinho Teixeira, Dianne Danielle Farias Fonseca. - Belém:  
CPRM, 2013.  
256 p.: il. 30 cm + 1 DVD-ROM

Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.

1. Geodiversidade – Brasil – Pará. 2. Meio ambiente – Brasil – Pará. 3. Planejamento territorial – Brasil – Pará. 4. Geologia ambiental – Brasil – Pará. I. Teixeira, Sheila Gatinho, Org. II. Fonseca, Dianne Danielle Farias, Org. III. Título.

CDD 551.098115

# APRESENTAÇÃO

Sustentabilidade é um conceito hodiernamente consagrado, intrinsecamente ligado ao nosso desenvolvimento e sobrevivência.

Compreender a sua complexidade e a dinâmica do meio ambiente, rompendo com o processo de desenvolvimento a qualquer custo e adotando o desenvolvimento sustentável, é tarefa do cidadão, do Estado e do setor produtivo.

Para o alcance dessa meta, inevitavelmente, necessita-se dispor de estudos sobre o papel dos recursos naturais e a forma economicamente racional de usá-los, renováveis ou não.

Neste sentido, o Serviço Geológico do Brasil - CPRM, em estreita parceria com a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia, vem conduzindo o levantamento sobre a geodiversidade dos estados brasileiros, com informações sobre o meio físico, concebidas de forma integrada, para as mais diversificadas aplicações no campo da mineração, da agricultura, do turismo, dos recursos hídricos, da engenharia, do planejamento e da gestão territorial.

Representa uma contribuição do conhecimento geológico para além da sua conhecida dimensão econômica, estendendo o seu campo de aplicação nas áreas social e ambiental.

É na continuidade desse esforço que se insere o presente trabalho que trata sobre o Levantamento da Geodiversidade do Estado do Pará, com uma clara demonstração de que a CPRM exerce um papel relevante na construção de respostas capazes de criar um quadro de ação que visa diminuir as pressões sobre o ambiente e os recursos naturais, sem penalizar o desenvolvimento econômico.

THALES DE QUEIROZ SAMPAIO  
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial  
CPRM/SGB - Serviço Geológico do Brasil



# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>09</b>
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff	
<b>2. ARCABOUÇO GEOLÓGICO-TECTÔNICO E IMPLICAÇÕES METALOGENÉTICAS.....</b>	<b>15</b>
Xafi da Silva Jorge João	
<b>3. ORIGEM DAS PAISAGENS.....</b>	<b>23</b>
Marcelo Eduardo Dantas, Sheila Gatinho Teixeira	
<b>4. PRINCIPAIS AQUÍFEROS DO ESTADO E QUALIDADE DE SUAS ÁGUAS.....</b>	<b>53</b>
Homero Reis de Melo Júnior, João Batista Marcelo de Lima	
<b>5. RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS.....</b>	<b>75</b>
Victor Hugo da Motta Paca, David Franco Lopes, João Batista Marcelo de Lima	
<b>6. PANORAMA DOS RECURSOS MINERAIS METÁLICOS E NÃO METÁLICOS.....</b>	<b>89</b>
Xafi da Silva Jorge João	
<b>7. PANORAMA DA PESQUISA E DO POTENCIAL PETROLÍFERO .....</b>	<b>103</b>
Kátia da Silva Duarte, Cintia Itokazu Coutinho, Bernardo Faria de Almeida, Antenor de Faria Muricy Filho, Luciene Ferreira Pedrosa	
<b>8. RISCO GEOLÓGICO .....</b>	<b>117</b>
Dianne Danielle Farias Fonseca, Claudio Fabian Szlafsztain	
<b>9. GEOTURISMO DO PARÁ: A TERRA, AS ÁGUAS E O HOMEM - ATRATIVOS CULTURAIS, GEOCIENTÍFICOS E GEOTURÍSTICOS.....</b>	<b>129</b>
Suely Serfaty-Marques	
<b>10. METODOLOGIA, ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS E ORGANIZAÇÃO EM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....</b>	<b>165</b>
Maria Angélica Barreto Ramos, Marcelo Eduardo Dantas, Antônio Theodorovicz, Valter José Marques, Vitorio Orlandi Filho, Maria Adelaide Mansini Maia, Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff	
<b>11. GEODIVERSIDADE: ADEQUABILIDADES/POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES FRENTE AO USO E À OCUPAÇÃO .....</b>	<b>181</b>
Xafi da Silva Jorge João	

## APÊNDICES

**I. UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO**

**II. BIBLIOTECA DE RELEVO DO TERRITÓRIO BRASILEIRO**

**NOTA SOBRE OS AUTORES**





# 1

## INTRODUÇÃO

Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff (*pedro.augusto@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Geodiversidade .....	11
Aplicações .....	12
Referências .....	13



## GEODIVERSIDADE

O planeta Terra se comporta como um sistema vivo, por meio de um conjunto de grandes engrenagens que se movimenta, que se modifica, acolhe e sustenta uma imensidade de seres vivos em sua superfície. A sua “vida” se expressa pelo movimento do planeta no entorno do Sol e de seu eixo de rotação, assim como por seu movimento interno por meio das correntes de convecção que se desenvolvem abaixo da crosta terrestre. Em decorrência, tem-se, em superfície, a deriva dos continentes, vulcões e terremotos, além do movimento dos ventos e diversos agentes climáticos que atuam na modelagem das paisagens.

Embora seja o sustentáculo para o desenvolvimento da vida na superfície terrestre, o substrato tem recebido menos atenção e estudo que os seres que se assentam sobre ele. Partindo dessa afirmação, são mais antigos e conhecidos o termo e o conceito de biodiversidade que os referentes à **geodiversidade**.

O termo “geodiversidade” foi empregado pela primeira vez em 1993, na Conferência de Malvern (Reino Unido) sobre “Conservação Geológica e Paisagística”. Inicialmente, o vocábulo foi aplicado para gestão de áreas de proteção ambiental, como contraponto a “biodiversidade”, já que havia necessidade de um termo que englobasse os elementos não-bióticos do meio natural (SERRANO e RUIZ FLAÑO, 2007). Todavia, essa expressão havia sido empregada, na década de 1940, pelo geógrafo argentino Federico Alberto Daus, para diferenciar áreas da superfície terrestre, com uma conotação de Geografia Cultural (ROJAS citado por SERRANO e RUIZ FLAÑO, 2007, p. 81).

Em 1997, Eberhard (citado por SILVA et al, 2008a, p. 12) definiu geodiversidade como a *diversidade natural entre aspectos geológicos, do relevo e dos solos*.

O primeiro livro dedicado exclusivamente à temática da geodiversidade foi lançado em 2004. Trata-se da obra de Murray Gray (professor do Departamento de Geografia da Universidade de Londres) intitulada “Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature”. Sua definição de geodiversidade é bastante similar à de Eberhard.

Owen et al. (2005), em seu livro “Gloucestershire Cotswolds: Geodiversity Audit & Local Geodiversity Action Plan”, consideram que:

*Geodiversidade é a variação natural (diversidade) da geologia (rochas minerais, fósseis, estruturas), geomorfologia (formas e processos) e solos. Essa variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos faz com que essas rochas, minerais, fósseis e solos sejam o substrato para a vida na Terra. Isso inclui suas relações, propriedades, interpretações e sistemas que se inter-relacionam com a paisagem, as pessoas e culturas.*

Galopim de Carvalho (2007), em seu artigo “Natureza: Biodiversidade e Geodiversidade”, assume esta definição:

*Biodiversidade é uma forma de dizer, numa só palavra, diversidade biológica, ou seja, o conjunto dos seres*

*vivos. É, para muitos, a parte mais visível da natureza, mas não é, seguramente, a mais importante. Outra parte, com idêntica importância, é a geodiversidade, sendo esta entendida como o conjunto das rochas, dos minerais e das suas expressões no subsolo e nas paisagens. No meu tempo de escola ainda se aprendia que a natureza abarcava três reinos: o reino animal, o reino vegetal e o reino mineral. A biodiversidade abrange os dois primeiros e a geodiversidade, o terceiro.*

Geodiversidade, para Brilha et al. (2008), é a *variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos activos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra*.

No Brasil, os conceitos de geodiversidade se desenvolveram praticamente de forma simultânea ao pensamento internacional, entretanto, com foco direcionado para o planejamento territorial, embora os estudos voltados para geoconservação não sejam desconsiderados (SILVA et al., 2008a).

Na opinião de Veiga (2002), a *geodiversidade expressa as particularidades do meio físico, abrangendo rochas, relevo, clima, solos e águas, subterrâneas e superficiais*.

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) define geodiversidade como:

*O estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico (CPRM, 2006).*

Já autores como Xavier da Silva e Carvalho Filho (citados por SILVA et al., 2008a, p. 12) apresentam definições diferentes da maioria dos autores nacionais e internacionais, definindo geodiversidade a partir da *variabilidade das características ambientais de uma determinada área geográfica*.

Embora os conceitos de geodiversidade sejam menos conhecidos do grande público que os de biodiversidade, esta é dependente daquela, conforme afirmam Silva et al. (2008a, p. 12):

*A biodiversidade está assentada sobre a geodiversidade e, por conseguinte, é dependente direta desta, pois as rochas, quando intemperizadas, juntamente com o relevo e o clima, contribuem para a formação dos solos, disponibilizando, assim, nutrientes e micronutrientes, os quais são absorvidos pelas plantas, sustentando e desenvolvendo a vida no planeta Terra. Em síntese, pode-se considerar que o conceito de geodiversidade abrange a porção abiótica do geossistema (o qual é constituído pelo tripé que envolve a análise integrada de fatores abióticos, bióticos e antrópicos) (Figura 1.1).*



**Figura 1.1:** Relação de interdependência entre os meios físico, biótico e a sociedade.

**APLICAÇÕES**

O conhecimento da geodiversidade nos leva a identificar, de maneira melhor, as aptidões e restrições de uso do meio físico de uma área, bem como os impactos advindos de seu uso inadequado. Além disso, ampliam-se as possibilidades de melhor conhecer os recursos minerais, os riscos geológicos e as paisagens naturais inerentes a uma deter-

minada região composta por tipos específicos de rochas, relevo, solos e clima. Dessa forma, obtém-se um diagnóstico do meio físico e de sua capacidade de suporte para subsidiar atividades produtivas sustentáveis (Figura 1.2).

Exemplos práticos da importância do conhecimento da geodiversidade de uma região para subsidiar o aproveitamento e a gestão do meio físico são ilustrados a seguir.

Como promover o aproveitamento econômico de uma região constituída por rochas cristalinas, relevo ondulado, solos pouco espessos, clima tropical úmido e com poucos cursos de água perenes?

O conhecimento da geodiversidade da região implicaria o conhecimento de suas rochas, portanto, nesse caso específico, a rocha sendo um sienito ou um granito mostraria aptidões para o aproveitamento do material como rocha ornamental ou brita para construção civil em áreas próximas. O relevo ondulado e a pequena espessura do solo seriam outros fatores para auxiliar no desenvolvimento dessa atividade. Ainda, a escassez de água (clima seco, poucos cursos de água perenes e aquíferos do tipo fraturado) tornaria a área pouco propícia, ou com restrições, à instalação de atividades agrícolas ou assentamentos urbanos (Figura 1.3).

Em outro exemplo, tem-se uma área plana (planície de inundação de um rio), cujo terreno é constituído por areias e argilas, com possível presença de turfas e argilas moles. Nessa situação, a presença de espessos pacotes de areia pode tornar viável a exploração desse material para construção civil. As argilas moles e turfas, além da susceti-



**Figura 1.2:** Principais aplicações da geodiversidade. Fonte: Silva et al. (2008b, p. 182).



bilidade a inundações periódicas, tornam a área inadequada à ocupação urbana ou industrial. Entretanto, os solos mais férteis, devido à matéria orgânica depositada anualmente, favorecem a agricultura de ciclo curto.

Em paralelo, temos os exemplos clássicos das várzeas e planícies de inundação, onde se instalaram diversas cidades, como Novo Progresso, no sudoeste do estado do Pará, periodicamente inundada durante a época de cheia do rio Jamanxim, em cujas margens a cidade se situa (Figura 1.4).

Importantes projetos nacionais na área de infraestrutura já se utilizam do conhecimento sobre a geodiversidade da área proposta para sua implantação. Como exemplo, citamos o levantamento ao longo do trajeto planejado para as ferrovias Transnordestina, Este-Oeste e Norte-Sul, em que o conhecimento das características da geodiversidade da região se faz importante para escolha não só dos

métodos construtivos do empreendimento como também para o aproveitamento econômico das regiões no entorno desses projetos.

Convém ressaltar que o conhecimento da geodiversidade implica o conhecimento do meio físico no tocante às suas limitações e potencialidades, possibilitando a planejadores e administradores melhor visão do tipo de aproveitamento e do uso mais adequado para determinada área ou região.

## REFERÊNCIAS

BRILHA, J.; Pereira, D.; Pereira, P. **Geodiversidade: valores e usos**. Braga: Universidade do Minho, 2008.

CPRM. **Mapa geodiversidade do Brasil, escala 1:2.500.000**. Brasília: CPRM, 2006. 68 p. 1 CD-ROM.

GALOPIM DE CARVALHO, A.M. **Natureza: biodiversidade e geodiversidade**. [S.l.: s.n.], 2007. Disponível em: <<http://terraquegira.blogspot.com/2007/05/natureza-biodiversidade-e.html>>. Acesso em: 25 jan. 2010.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. New York: John Wiley & Sons, 2004. 434 p.

OWEN, D.; PRICE, W.; REID, C. **Gloucestershire cotswolds: geodiversity audit & local geodiversity action plan**. Gloucester: Gloucestershire Geoconservation Trust, 2005.

SERRANO CAÑADAS, E.; RUIZ FLAÑO, P. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial: el caso de Tiermes-Caracena (Soria). **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, La Rioja, n. 45, p. 79-98, 2007.

SILVA, C.R. da; RAMOS, M.A.B.; PEDREIRA, A.J.; DANTAS, M.E. Começo de tudo. In: SILVA, C.R. da (Ed.). **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008a. 264 p. il. p. 11-20.

SILVA, C.R. da; MARQUES, V.J.; DANTAS, M.E.; SHINZATO, E. Aplicações múltiplas do conhecimento da geodiversidade. In: SILVA, C.R. da (Ed.). **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008b. 264 p. p. 181-202.



**Figura 1.3** – Vista parcial de uma lavra em operação sobre o granito Tracuateua (município de Tracuateua, região nordeste do Pará).



**Figura 1.4** – Cheia do rio Jamanxim, atingindo casas na cidade de Novo Progresso (sudoeste do estado do Pará), em março de 2010. Fonte: Defesa Civil (PA).

XAVIER DA SILVA, J.; CARVALHO FILHO, L.M. Índice de geodiversidade da restinga da Marambaia (RJ): um exemplo do geoprocessamento aplicado à geografia física. **Revista de Geografia**, Recife, v. 1, p. 57-64, 2001.

VEIGA, T. **A geodiversidade do cerrado**. [S.l.: s.n.], 2002. Disponível em: <<http://www.pequi.org.br/geologia.html>>. Acesso em: 25 jan. 2010.

# 2

## ARCABOUÇO GEOLÓGICO-TECTÔNICO E IMPLICAÇÕES METALOGENÉTICAS

Xafi da Silva Jorge João (*xafi.joao@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Introdução .....	17
Compartimentação tectônica .....	17
Província Carajás .....	18
Província Transamazonas .....	19
Província Tapajós-Parima .....	19
Província Amazônia Central .....	19
Província Rondônia-Juruena .....	19
Sequências rochosas e implicações metalogenéticas .....	19
Referências .....	21



## INTRODUÇÃO

A entidade geológica denominada Cráton Amazônico representa uma grande placa litosférica continental, sobre a qual foram identificadas e individualizadas várias províncias crustais de idade arqueana a mesoproterozoica, estabilizada tectonicamente em torno de 1.0 Ga, tendo se comportado como uma placa estável no Neoproterozoico, durante o desenvolvimento das faixas orogênicas marginais brasileiras (BRITO NEVES e CORDANI, 1991). Vários modelos de compartimentação tectônica têm sido propostos para o Cráton Amazônico, destacando-se os formulados por Santos (2003) e Tassinari e Macambira (2004), que admitem a evolução do Cráton Amazônico como resultante de sucessivos episódios de acreção crustal durante o Paleoproterozoico e o Mesoproterozoico, em volta de um núcleo mais antigo, estabilizado no final do Arqueano.

## COMPARTIMENTAÇÃO TECTÔNICA

No estado do Pará, que tem seu substrato como parte integrante do Cráton Amazônico, estão contempladas cinco províncias tectônicas ou geocronológicas: Carajás (3000-2500 Ma), Transamazonas (2260-1990 Ma), Tapajós-Parima (2030-1860 Ma), Amazônia Central (1900-1860 Ma) e Rondônia-Juruena (1850-1540 Ma).

Cada província tectônica ou geocronológica foi compartimentada em domínios tectônicos, utilizando-se critérios como padrões geocronológicos, associações litológicas, *trends* estruturais e assinaturas geofísicas. Por decorrência, 11 domínios tectônicos foram individualizados no estado do Pará, para os quais foram adotadas designações utilizadas em trabalhos anteriores (SANTOS, 2003) ou propostas novas designações (Figura 2.1).

Na porção oriental do estado do Pará ocorrem, ainda, os domínios pré-cambrianos Fragmento Cratônico São

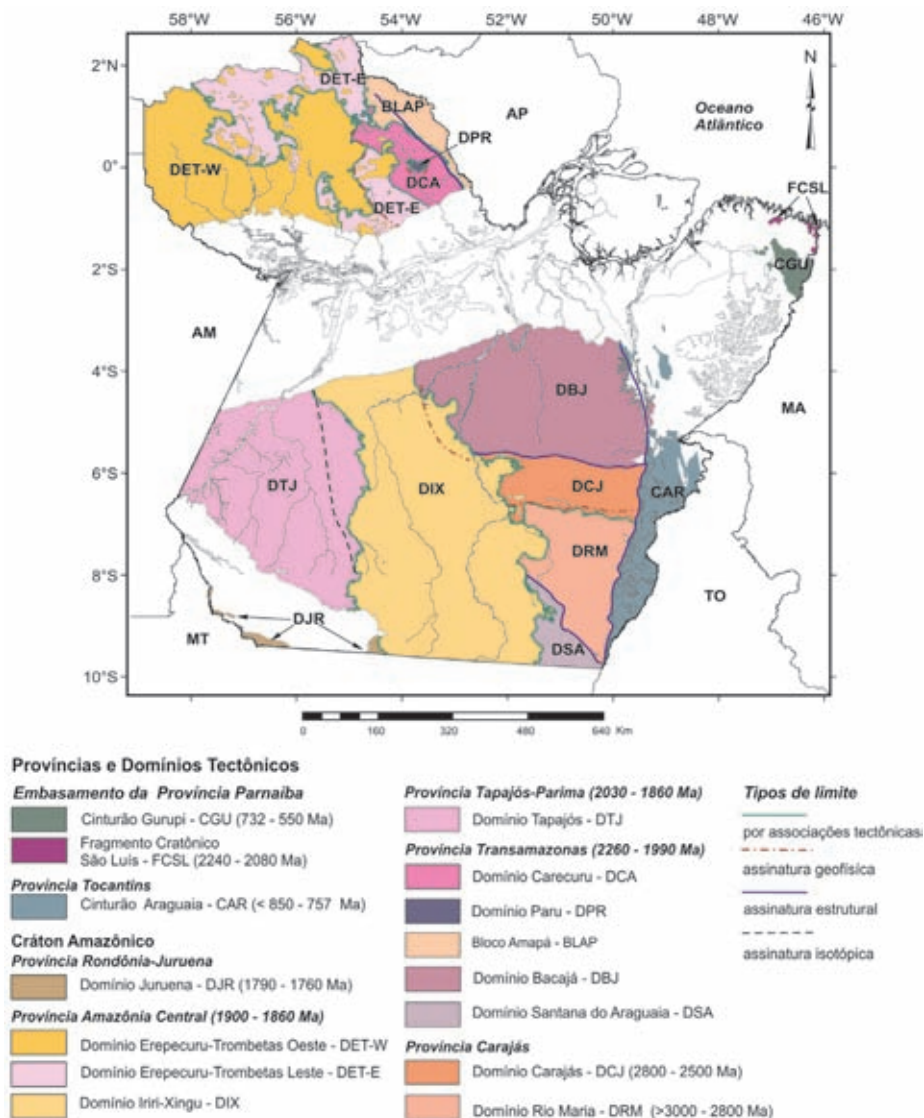


Figura 2.1 – Províncias e domínios tectônicos do estado do Pará. Fonte: Vasquez e Rosa-Costa (2008).



Luís e Cinturão Gurupi, da Província Parnaíba, e o Cinturão Araguaia, da Província Tocantins. Em relação às coberturas sedimentares, no Pará elas estão representadas por duas plataformas cenozoicas, sete bacias fanerozoicas e oito bacias com idade arqueano-proterozoica e suas respectivas associações tectônicas (Figura 2.2).

### Província Carajás

A Província Carajás representa a porção crustal mais antiga e mais bem preservada do Cráton Amazônico. Localizada em sua borda sul-oriental, no sudeste do estado do Pará, contém uma das maiores províncias minerais do planeta.

Diversos trabalhos esboçaram uma divisão dessa província em domínios e associações litotectônicas distintas

(ALTHOFF et al., 2000; COSTA et al., 1995; DALL'AGNOL et al., 2000; MACAMBIRA e LAFON, 1995; SOUZA et al., 1996).

Merece destaque a proposta de Santos (2003), que dividiu a Província Carajás nos domínios Rio Maria e Carajás. O limite entre os dois domínios foi definido com base em anomalias magnetométricas, não coincidentes com contatos geológicos. O Domínio Rio Maria é caracterizado por uma crosta juvenil mesoarqueana, com seqüências de greenstone belts e granitoides tipo TTG. Em contraste, o Domínio Carajás é uma região de crosta continental predominantemente neoarqueana, caracterizada, principalmente, por seqüências metavulcanossedimentares e granitoides de alto-K. Ambos os domínios são marcados por magmatismo granítico tipo A orosiriano, extensivo a outros domínios tectônicos no estado do Pará.

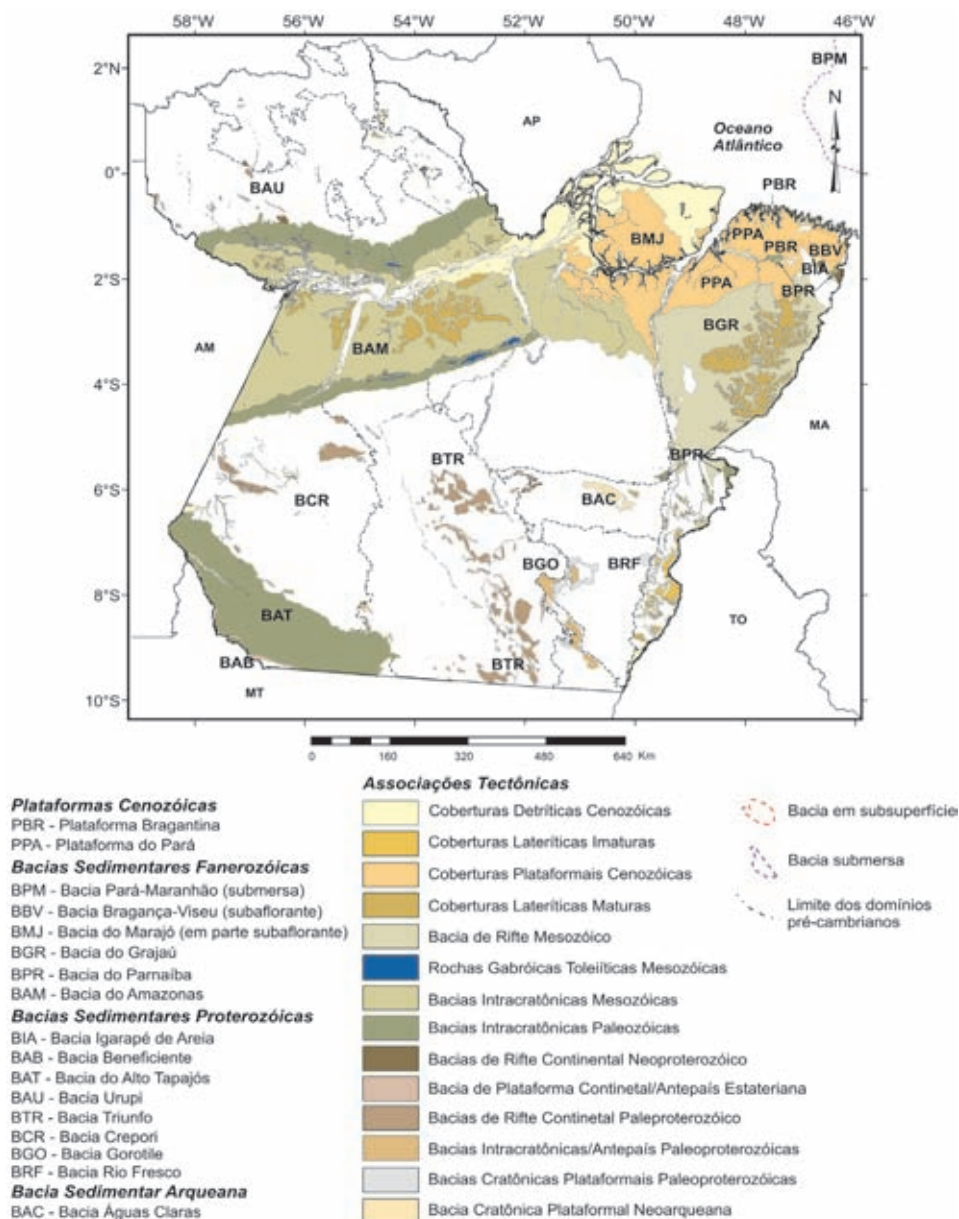


Figura 2.2 – Bacias fanerozoicas e arqueoproterozoicas do estado do Pará. Fonte: Vasquez e Rosa-Costa (2008).

## Província Transamazonas

A Província Transamazonas (SANTOS, 2003) representa expressivo orógeno paleoproterozoico, com evolução relacionada ao Ciclo Transamazônico (2,26-1,95 Ga), que se estende ao longo da porção oriental do Cráton Amazônico, desde o nordeste do Escudo Brasil-Central, recobrendo a porção setentrional do Escudo das Guianas, através do norte do Brasil (Amapá e noroeste do Pará), Guiana Francesa, Suriname, Guiana e leste da Venezuela.

São considerados como partes da Província Transamazonas, além do Bloco Amapá e do Domínio Bacajá, os domínios Carecuru e Paru, localizados no sudeste do Escudo das Guianas, utilizando-se designações propostas em trabalhos anteriores (RICCI et al., 2001; ROSA-COSTA et al., 2003, 2006; SANTOS, 2003; VASQUEZ, 2006; VASQUEZ et al., 2008).

Adicionalmente, é proposto o Domínio Santana do Araguaia, localizado no sudeste do Escudo Brasil-Central, o qual era incorporado às províncias arqueanas de Carajás (SANTOS, 2003) ou Amazônia Central (TASSINARI e MACAMBIRA, 2004). No entanto, datações realizadas por este projeto indicaram que, embora esse domínio apresente embasamento arqueano, há evidências de retrabalhamento durante o Ciclo Transamazônico.

## Província Tapajós-Parima

Tassinari (1996) individualizou, no Cráton Amazônico, um cinturão orogênico paleoproterozoico de 1,95-1,80 Ga, a Província Ventuari-Tapajós, que foi desmembrado do núcleo arqueano, representado pela Província Amazônia Central dos modelos de Cordani et al. (1979) e Teixeira et al. (1989). Essa província, de orientação NW-SE, estende-se do sudoeste do Pará até o sul da Venezuela e é composta de rochas de derivação mantélica relacionadas a um arco magmático (TASSINARI, 1996; SATO e TASSINARI, 1997; TASSINARI e MACAMBIRA, 1999, 2004; TASSINARI et al., 2000). Santos et al. (2000) redefiniram essa província paleoproterozoica como Província Tapajós-Parima e reviram seus limites espaciais e temporais (2,10-1,87 Ga). Santos et al. (2001) dividiram a província em domínios Parima e Uaimiri, localizados ao norte da Bacia do Amazonas, e domínios Tapajós e Alta Floresta, ao sul dessa bacia. Nos modelos de Santos et al. (2001, 2004), a evolução dessa província é marcada por sucessivos arcos de ilha e magmáticos acrescidos à borda de um continente. A denominação Província Tapajós-Parima tem sido adotada com ressalva à quantidade de arcos propostos por Santos e seus colaboradores, que carece de comprovação.

## Província Amazônia Central

A designação Província Amazônia Central tem sido utilizada para denominar províncias geocronológicas com distintos significados tectônicos. Na concepção de alguns

autores (CORDANI et al., 1979; TASSINARI et al., 2000; TEIXEIRA et al., 1989), essa província tem sido interpretada como o núcleo mais antigo do Cráton Amazônico – com evolução anterior a 2,3 Ga, portanto, não afetada por orogêneses do Ciclo Transamazônico (2,26-1,96 Ga) –, em torno do qual foram acrescidas as faixas móveis paleoproterozoicas. Segundo essa proposta, a Província Amazônia Central inclui, além dos domínios arqueanos de Rio Maria e Carajás, a região que se estende aproximadamente entre os rios Xingu e Iriri, a sul da Bacia do Amazonas, e a norte dessa bacia, entre os rios Maicuru e Nhamundá, que representam os domínios Iriri-Xingu e Erepecuru-Trombetas, respectivamente. Pode-se considerar que a característica mais proeminente dessa região é a expressiva associação vulcanoplutônica de idade orosiriana e caráter intracontinental, representada, principalmente, por: Grupo Iriri e Suíte Intrusiva Velho Guilherme, a sul da Bacia do Amazonas; e Grupo Iricoumé e Suíte Intrusiva Mapuera, a norte.

## Província Rondônia-Juruena

A Província Rondônia-Juruena, disposta segundo um trend estrutural regional WNW-ESE ou E-W, situa-se na porção sudoeste do Cráton Amazônico (Figura 2.2), onde seu contato com a Província Tapajós-Parima é parcialmente recoberto por rochas sedimentares da Bacia do Alto Tapajós. É uma província acrescionária, constituída por gnaisses félsicos, sequências vulcanossedimentares e suítes de granitoides, com idades, principalmente, entre 1,85 e 1,63 Ga, e evolução vinculada a sistemas de arcos magmáticos (referências primárias em Tassinari et al. (2000) e Santos (2003)).

Santos (2003) subdividiu essa província em dois domínios distintos – Jamari e Roosevelt-Juruena –, baseado, principalmente, em diferenças de idade das rochas de embasamento, que são algo mais jovens no primeiro domínio. O Domínio Jamari estende-se, principalmente, pelo norte-nordeste do estado de Rondônia, enquanto o Domínio Roosevelt-Juruena, que ocupa a parte setentrional da Província Rondônia-Juruena, está bem representado no estado do Mato Grosso, onde foi subdividido nos domínios Juruena, Roosevelt-Aripuanã e Jauru (PEDREIRA et al., 2003). O Domínio Juruena localiza-se na porção centro-norte daquele estado, com uma disposição E-W, adentrando o limite meridional do estado do Pará.

## SEQUÊNCIAS ROCHOSAS E IMPLICAÇÕES METALOGENÉTICAS

O estado do Pará, como parte geográfica integrante da Região Amazônica, representa um trato crustal relativamente desconhecido, sendo imperativo um programa de levantamento geológico detalhado para descortinar sua potencialidade e realidade mineral. Não obstante o grande vazio de conhecimento em escalas de semidetalhe e detalhe, os programas de levantamentos geológicos

executados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB), ao longo das últimas décadas, individualizaram e cartografaram um conjunto variado de ambientes geológicos, capaz de atrair inversões financeiras para a fase de exploração mineral pela iniciativa privada.

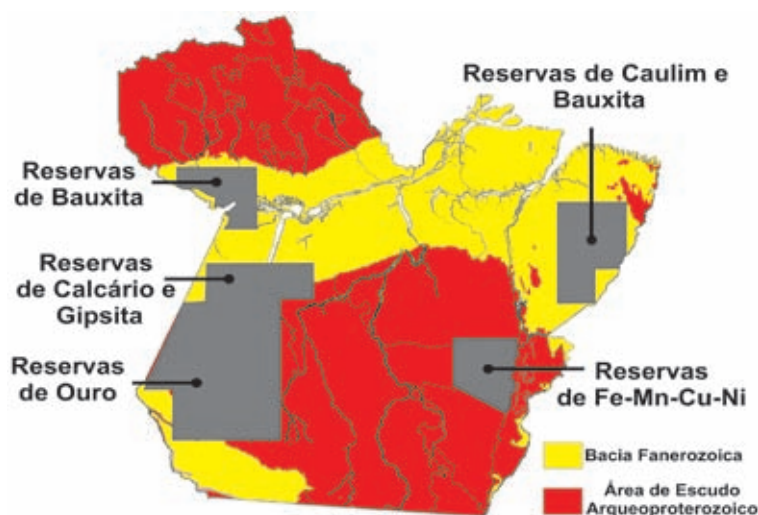
Os minerais como depósitos naturais se formam e se distribuem, no espaço paraense, associados a rochas ou seqüências de rochas que representam províncias ou domínios tectônicos com diversidade de ambientes litoestruturais, cuja avaliação determina a favorabilidade ou não à concentração e/ou reconcentração de elementos de interesse econômico.

Os levantamentos geológicos executados pela CPRM/SGB e os programas prospectivos e exploratórios empreendidos por empresas privadas, nas três últimas décadas, implicaram expressivos resultados, denunciando a pujança mineral de seu subsolo. A fertilidade e a dotação mineral de alguns de seus ambientes geológicos – onde jazidas de classe mundial já foram dimensionadas – indicam que o estado do Pará deverá ocupar uma posição de destaque no cenário mineral nacional na produção de alguns bens minerais, tais como minério de ferro, alumínio, cobre, ouro, manganês, caulim e níquel.

Não obstante a escassez ainda existente de conhecimento de seu subsolo, o estado do Pará, pela natureza fértil de seu substrato crustal, descortina uma potencialidade mineral, tendo como processo inicial os programas de geologia básica em escala 1:100.000 da CPRM/SGB, que deverão discriminar uma diversificada ambiência geológica com alta favorabilidade para depósitos minerais. Os mais importantes e relevantes depósitos minerais metálicos do subsolo paraense estão situados em terrenos arqueoproterozoicos, os quais correspondem a cerca de 60% de seu território, e nas áreas das bacias fanerozoicas, que ocupam cerca de 40% do espaço paraense (Figura 2.3).

As seqüências vulcanossedimentares (do tipo greenstone belt ou similares) hospedam as reservas minerais de ferro (Fe), manganês (Mn), ouro (Au), cromita (Cr), cobre (Cu) e zinco (Zn). As intrusões graníticas anorogênicas e cratogênicas proterozoicas são responsáveis pela formação das reservas minerais de cassiterita e exibem potencial para wolframita e columbita-tantalita. Os complexos alcalino-ultrabásicos e básico-ultrabásicos paleoproterozoicos incorporam as significativas reservas minerais de níquel e denunciam um potencial animador para concentrações de platinoídeos, além de reservas geológicas de fosfato e titânio nas intrusões emplacadas no Mesozoico.

As coberturas sedimentares fanerozoicas, com suas formações detríticas e químico-evaporíticas, incorporam as principais reservas minerais paraenses de bauxita, calcário, gipsita e caulim, apresentando potencialidade para grande



**Figura 2.3** – Localização das principais reservas minerais do estado do Pará.

As seqüências vulcanossedimentares (do tipo greenstone belt ou similares) hospedam as reservas minerais de ferro (Fe), manganês (Mn), ouro (Au), cromita (Cr), cobre (Cu) e zinco (Zn). As intrusões graníticas anorogênicas e cratogênicas proterozoicas são responsáveis pela formação das reservas minerais de cassiterita e exibem potencial para wolframita e columbita-tantalita. Os complexos alcalino-ultrabásicos e básico-ultrabásicos paleoproterozoicos incorporam as significativas reservas minerais de níquel e denunciam um potencial animador para concentrações de platinoídeos, além de reservas geológicas de fosfato e titânio nas intrusões emplacadas no Mesozoico.

variedade de depósitos minerais, tais como dolomito, turfa, urânio, diamante, sal-gema e hidrocarbonetos. A evolução do relevo e os processos de laterização que atuaram sobre a cobertura arenossilosa terciária – ou cretácea – deram origem a extensos depósitos de bauxita, que estão concentrados em três distritos principais: Trombetas e Juruti (médio Amazonas), Almeirim (baixo Amazonas) e Paragominas-Tiracambu (Plataforma Bragantina). Essas reservas minerais respondem pelo terceiro maior potencial em bauxita do mundo, superadas apenas pelas de Austrália e Guiné.

O minério de alumínio dos depósitos bauxitíferos do estado do Pará foi o responsável e o motivador maior para a construção da Hidrelétrica de Tucuruí, a qual visa a atender aos complexos de produção de alumina-alumínio das empresas Alumina do Norte do Brasil S.A. (ALUNORTE) e Alumínio Brasileiro S.A. (ALBRÁS), nas proximidades de Belém, e Consórcio de Alumínio do Maranhão (ALUMAR), em São Luís (MA).

Ressalte-se que algumas reservas minerais relacionadas a rochas pré-cambrianas foram geradas por meio de processos de enriquecimento – laterização, erosão, concentração e reconcentração – em tempos mais recentes, do Terciário ao Quaternário. No Quaternário, os garimpos de ouro assumiram grande importância como produtores estaduais, a partir de 1958, com as descobertas dos depósitos aluvionares do Distrito Aurífero do Tapajós, na porção sudoeste do estado, centrado no interflúvio Tapajós-Jamxim (cerca de 100.000 km<sup>2</sup>) e focado na Reserva Garimpeira do Tapajós, uma área de 28.750 km<sup>2</sup> destinada exclusivamente à atividade garimpeira. Tendo produzido officiosamente

cerca de 700 t de ouro nos últimos 50 anos, essa região apresenta, ainda, uma reserva estimativa de 200 t desse mineral, quantificada, em 2006, por algumas empresas juniores que atuam na fase exploratória na região.

## REFERÊNCIAS

- ALTHOFF, F.J.; BARBEY, P.; BOULLIER, A.M. 2.8-3.0 Ga plutonism and deformation in the SE Amazonian craton: the archean granitoids of Marajoara (Carajás Mineral Province, Brazil). **Precambrian Research**, v. 104, p. 187-206, 2000.
- BRITO NEVES, B.B.; CORDANI, U.G. Tectonic evolution of South America during the Late Proterozoic. **Precambrian Research**, v. 53, p. 23-40, 1991.
- CORDANI, U.G.; TASSINARI, C.C.G.; TEIXEIRA, W.; BASEI, M.A.S.; KAWASHITA, K. Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO, 2., 1979, Arica, Chile. **Actas...** Arica, Chile: 1979. v. 4, p. 137-148.
- COSTA, J.B.S.; ARAÚJO, O.J.B.; SANTOS, A.; JOÃO, X.S.J.; MACAMBIRA, M.J.B.; LAFON, J.M. A província mineral de Carajás: aspectos tectonoestruturais, estratigráficos e geocronológicos. **Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi**, Belém, v. 7, p. 199-235, 1995. (Série Ciências da Terra, 7).
- DALL'AGNOL, R.; LAFON, J.M.; FRAGA, L.M.; SCANDOLARA, J.; BARROS, C.E.M. The precambrian evolution of the Amazonian craton: one of the last unknown precambrian terranes in the world. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., 2000, Rio de Janeiro. **Abs-tracts...** Rio de Janeiro: SBG, 2000. 1 CD-ROM.
- MACAMBIRA, M.J.B.; LAFON, J.M. Geocronologia da província mineral de Carajás: síntese dos dados e novos desafios. **Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi**, Belém, v. 7, p. 263-288, 1995. (Série Ciências da Terra, 7).
- PEDREIRA DA SILVA, A.J. et al. Bacias sedimentares paleozoicas e mesocenoicas interiores. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. (Ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003. 692 p. [Texto, mapas & SIG]. Brasília: CPRM, 2003. p. 55-85.
- RICCI, P.S.F. et al. **Projeto província mineral da Renca e distrito mineral do Ipitinga, estados do Pará e Amapá**. Fase 1. Belém: CPRM, 2001. 68 p. il. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB).
- ROSA-COSTA, L.T.; RICCI, P.S.F.; LAFON, J.M.; VASQUEZ, M.L.; CARVALHO, J.M.A.; KLEIN, E.L.; MACAMBIRA, E.M.B. Geology and geochronology of archean and paleoproterozoic domains of the southeastern Amapá and northwestern Pará, Brazil - southeastern Guiana Shield. **Geologie de la France**, n. 2-4, p. 101-120, 2003.
- ROSA-COSTA, L.T.; LAFON, J.M.; DELOR, C. Zircon geochronology and Sm-Nd isotopic study: further constraints for the Archean and Paleoproterozoic geodynamical evolution of the southeastern Guiana Shield, north of Amazonian craton, Brazil. **Gondwana Research**, v. 10, n. 3-4, p. 277-300, 2006.
- SANTOS, J.O.S. Geotectônica do escudo das Guianas e Brasil-Central. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. (Ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003. 692 p. Brasília: CPRM, 2003. p. 169-226.
- SANTOS, J.O.S.; HARTMANN, L.A.; GAUDETTE, H.E.; GROVES, D.I.; MCNAUGHTON, N.J.; FLETCHER, I.R. New understanding of the provinces of the Amazon craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. In: **Gondwana Research**, n. 3, v. 4, p. 453-488, 2000.
- SANTOS, J.O.S.; GROVES, D.I.; HARTMANN, L.A.; MOURA, M.A.; MCNAUGHTON, N.J. Gold deposits of the Tapajós and Alta Floresta domains, Tapajós-Parima orogenic belt, Amazon craton, Brazil. **Mineralium Deposita**, v. 36, n. 3-4, p. 279-299, 2001.
- SANTOS, J.O.S.; BREEMEN, O.B.V.; GROVES, D.I.; HARTMANN, L.A.; ALMEIDA, M.E.; MCNAUGHTON, N.J.; FLETCHER, I.R. Timing and evolution of multiple paleoproterozoic magmatic arcs in the Tapajós domain, Amazon craton: constraints from SHRIMP and TIMS zircon, baddeleyite and titanite U-Pb geochronology. **Precambrian Research**, v. 131, p. 73-109, 2004.
- SATO, K.; TASSINARI, C.C.G. Principais eventos de acreção continental no cráton Amazônico, baseados em idade modelo Sm-Nd, calculada em evoluções de estágio único e estágio duplo. In: COSTA, M.L.; ANGÉLICA, R.S. (Coord.). **Contribuições à geologia da Amazônia**. Belém: SBG, 1997. v. 1, p. 91-142.
- SOUZA, S.R.B.; MACAMBIRA, M.J.B.; SCHELLER, T. Novos dados geocronológicos para os granitos deformados do rio Itacaiúnas (serra dos Carajás, PA): implicações estratigráficas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5., 1996, Belém. **Resumos expandidos...** Belém: SBG, 1996. p. 380-383.
- TASSINARI, C.C.G. **O mapa geocronológico do cráton Amazônico no Brasil: revisão dos dados isotópicos**. 1996. 139 f. Tese (Livre-Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.



TASSINARI, C.C.G.; MACAMBIRA, M.J.B.  
Geochronological provinces of the Amazonian craton.  
**Episodes**, v. 22, n. 3, p. 174-182, 1999.

TASSINARI, C.C.G.; MACAMBIRA, M.J.B. A evolução tectônica do cráton Amazônico. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNERIO, C.D.R.; BRITONEVES, B.B. de. (Orgs.). **Geologia do continente sul-americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. p. 471-485.

TASSINARI, C.C.G.; BETTENCOURT, J.S.; GERALDES, M.C.; MACAMBIRA, E.M.B.; LAFON, J.M. The Amazonian craton. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. (Eds.). Tectonic evolution of South America. INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., 2000, Rio de Janeiro. **Atas...** p. 41-95.

TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C.C.G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. A review of the geochronological of the

Amazonian craton: tectonic implications. **Precambrian Research**, v. 42, n. 3-4, p. 213-227, 1989.

VASQUEZ, M.L. **Geocronologia em zircão, monazita e granada e isótopos de Nd das associações litológicas da porção oeste do domínio Bacajá**: evolução crustal da porção meridional da província Maroni-Itacaiúnas, sudeste do cráton Amazônico. 2006. 212 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

VASQUEZ, M.L.; ROSA-COSTA, L.T. **Geologia e recursos minerais do estado do Pará**. SIG: texto explicativo dos mapas geológico e tectônico e de recursos minerais do estado do Pará. 2008.

VASQUEZ, M.L.; MACAMBIRA, M.J.B.; ARMSTRONG, R.A. Zircon geochronology of granitoids from the western Bacajá domain, southeastern Amazonian craton, Brazil: neoarchean to orosirian evolution. **Precambrian Research**, v. 161, p. 279-302, 2008.



# 3

## ORIGEM DAS PAISAGENS

Marcelo Eduardo Dantas (*marcelo.dantas@cprm.gov.br*)

Sheila Gatinho Teixeira (*sheila.teixeira@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Introdução .....	25
Gênese das paisagens geomorfológicas .....	25
Domínios geomorfológicos.....	28
Planície costeira do nordeste do Pará .....	28
Ilha de Marajó e golfão marajoara.....	30
Planície amazônica.....	31
Tabuleiros da zona bragantina.....	33
Superfície do rio Gurupi.....	34
Baixos platôs da Bacia do Parnaíba .....	35
Depressão do baixo Tocantins-Araguaia .....	36
Baixos platôs da Amazônia centro-oriental .....	37
Planaltos dissecados da borda norte da Bacia do Amazonas.....	38
Planaltos dissecados da borda sul da Bacia do Amazonas.....	40
Superfícies aplainadas do norte da Amazônia .....	41
Planaltos residuais do norte da Amazônia .....	42
Superfícies aplainadas do sul da Amazônia .....	43
Planaltos residuais do sul da Amazônia .....	44
Planalto dissecado do Tapajós .....	45
Serra dos Carajás .....	46
Chapada do Cachimbo.....	47
Depressão interplanáltica dos rios Juruena-Teles Pires.....	49
Referências.....	49



## INTRODUÇÃO

Na geografia física do estado do Pará predomina vasto domínio de terrenos de cotas modestas, inferiores a 250 m, resultantes de longos e elaborados períodos de aplainamento generalizado do relevo regional do estado. Na maior parte, esses terrenos consistem em um conjunto de baixas superfícies de aplainamento e planaltos residuais isolados sustentados pelo embasamento ígneo-metamórfico e coberturas sedimentares plataformais de idade arqueana a paleoproterozoica. Ressaltam-se, contudo, terrenos mais elevados ao norte e ao sul do estado, com cotas que atingem 600 a 800 m de altitude. Esse antigo substrato litológico insere-se no Cráton Amazônico e subdivide-se no Escudo Sul-Amazônico (a sul da calha do rio Amazonas) e Escudo das Guianas (a norte da calha do rio Amazonas). Paralelamente à calha do rio Amazonas, assenta-se a Bacia Sedimentar do Amazonas em uma direção aproximadamente longitudinal (E-W), cujos terrenos foram esculpidos em planaltos e baixos platôs ligeiramente mais elevados que as superfícies de aplainamento circundantes.

A despeito dessa notável geodiversidade, praticamente todo o estado está enquadrado, segundo Ab'Saber (1967, 1969), no Domínio Morfoclimático das Terras Baixas Equatoriais da Amazônia. O estado do Pará se caracteriza por um clima equatorial úmido regido pelo deslocamento sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pela Massa Equatorial Continental (mEc), ambas com marcante atuação no verão e outono. Desse modo, registra-se um curto período seco de inverno e parte da primavera que varia entre dois a quatro meses. Todavia, observa-se gradual decréscimo dos totais pluviométricos de norte e noroeste (2.200 a 2.500 mm/ano) para leste e sudeste (1.700 a 2.000 mm/ano), devido à influência menos expressiva dos sistemas atmosféricos supracitados (NIMER, 1989). Apenas alguns redutos de cerrados são registrados no estado do Pará, geralmente restritos a topos de planaltos em condições geoecológicas peculiares, principalmente no sul-sudeste do estado.

Convém mencionar o intrincado e desastrado processo de ocupação do território amazônico nos últimos 40 anos (com significativas repercussões no Pará), coordenado pelo Governo Federal durante o regime militar, que promoveu um enorme passivo socioambiental, gerando um cenário de devastação (ainda crescente) da Floresta Amazônica e de conflitos territoriais entre distintos "atores sociais", abrangendo desde populações tradicionais, tais como indígenas e povos ribeirinhos, a "invasores", como grileiros, latifundiários, garimpeiros, mineradoras etc. (BECKER, 1982).

Para melhor entendimento de sua geodiversidade, o território paraense foi compartimentado em 18 domínios geomorfológicos: Planície Costeira do Nordeste do Pará; Ilha de Marajó e Golfão Marajoara; Planície Amazônica; Tabuleiros da Zona Bragantina; Superfície do Rio Gurupi; Baixos Platôs da Bacia do Parnaíba; Depressão do Baixo Tocantins-Araguaia; Baixos Platôs da Amazônia Centro-

-Oriental; Planaltos Dissecados da Borda Norte da Bacia do Amazonas; Planaltos Dissecados da Borda Sul da Bacia do Amazonas; Superfícies Aplainadas do Norte da Amazônia; Planaltos Residuais do Norte da Amazônia; Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia; Planaltos Residuais do Sul da Amazônia; Planalto Dissecado do Tapajós; Serra dos Carajás; Chapada do Cachimbo; Depressão Interplanáltica dos Rios Juruena-Teles Pires (Figura 3.1).

São apresentados, também, os diversos padrões de relevo do estado (Quadro 3.1), os quais estão inseridos nos 18 domínios geomorfológicos supramencionados, e se encontram representados no Mapa de Padrões de Relevo do Estado do Pará, que subsidiou a elaboração do Mapa Geodiversidade do Estado do Pará (Apêndice II – Biblioteca de Relevo do Território Brasileiro). A individualização dos diversos compartimentos de relevo foi obtida com base em análises e interpretação de imagens do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com resolução de 90 m, e de imagens GeoCover, sendo as unidades de relevo agrupadas de acordo com a caracterização da textura e rugosidade das imagens. A escala de trabalho adotada foi a de 1:1.000.000.

## GENÊSE DAS PAISAGENS GEOMORFOLÓGICAS

No estado do Pará destacam-se as seguintes paisagens geomorfológicas: planícies de inundação e terraços fluviais das várzeas amazônicas; tabuleiros e baixos platôs modelados em rochas sedimentares pouco litificadas; superfícies de aplainamento das áreas cratônicas; planaltos e serras modelados em coberturas plataformais ou litologias mais resistentes à erosão.

Tais ambientes estão submetidos a um regime climático quente e úmido, sob intensa atuação de processos de intemperismo químico e lixiviação dos solos, que propiciam a formação de paisagens, em geral, monótonas, recobertas em quase sua totalidade por vegetação florestal.

Todavia, a plena compreensão da evolução geomorfológica do estado do Pará, em grande parte inserido na Depressão Amazônica (ROSS, 1985), decorre de uma análise histórica de processos geológicos e geomorfológicos ocorridos desde o início do Fanerozoico.

A gênese da atual estruturação da paisagem geomorfológica do Pará remonta ao evento de fragmentação do Cráton Amazônico no início do Paleozoico e à individualização dos escudos das Guianas e Sul-Amazônico. Entre os dois escudos foi gerada uma sinéclise de direção aproximada E-W, onde foi implantada a grande Bacia Sedimentar do Amazonas (BARBOSA et al., 1974), a qual sofreu uma fase de preenchimento desde o Eopaleozoico até o Cretáceo.

Durante o período jurocretácico, ocorreu a abertura do oceano Atlântico e a fragmentação do supercontinente Gondwana, associada à Reativação Wealdeniana (ALMEIDA, 1967), também reconhecida como Evento Sul-Atlântico (SCHOBENHAUS e CAMPOS, 1984), que afetou toda

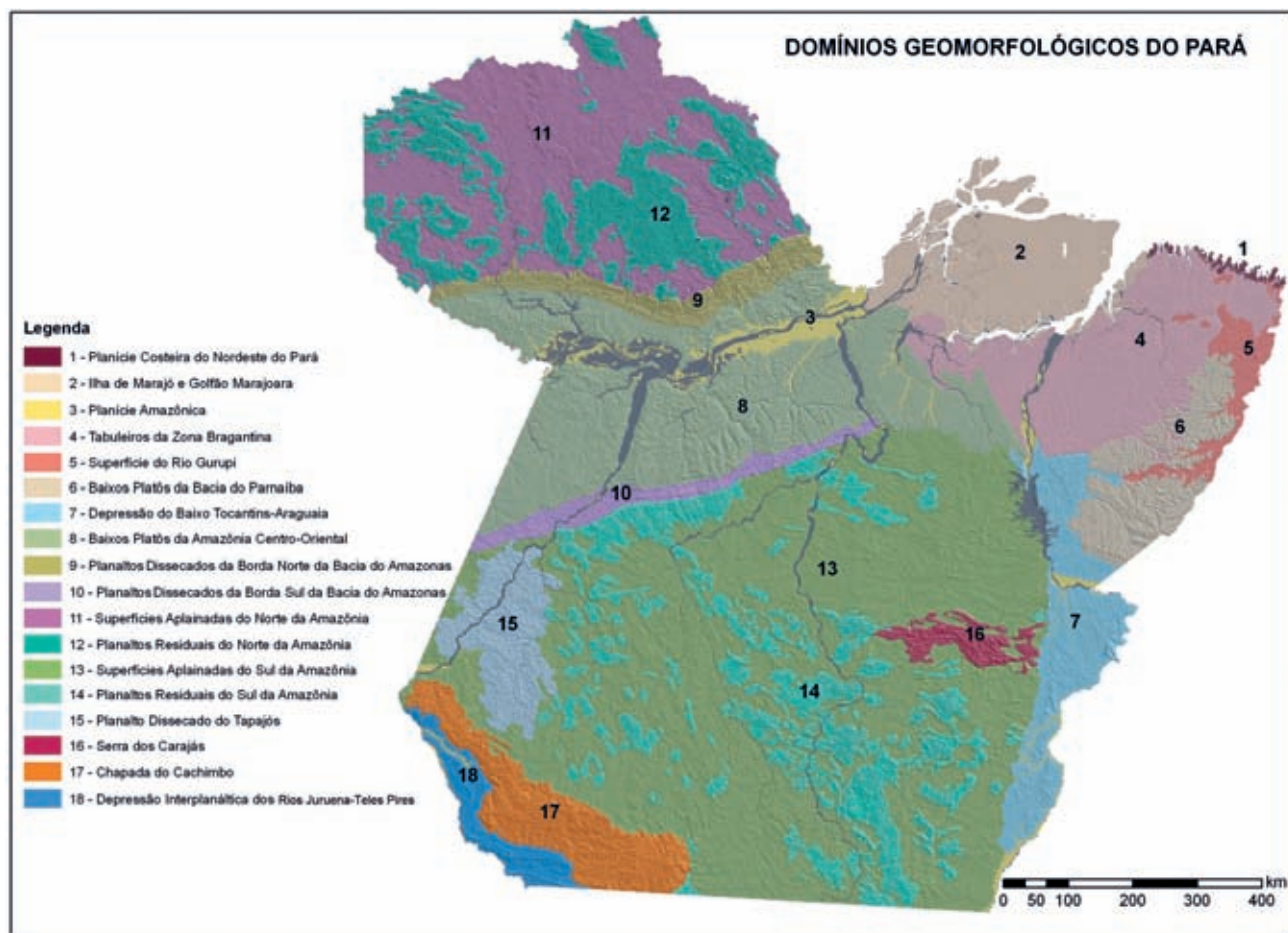


Figura 3.1 – Domínios geomorfológicos propostos para o estado do Pará.

a Plataforma Sul-Americana. Esse evento caracterizou-se por uma tectônica extensional derivada da abertura do oceano Atlântico, que promoveu o soerguimento do Cráton Amazônico e a sedimentação das formações cretácicas na Bacia do Amazonas (Formação Alter do Chão) e na Bacia do Parnaíba (formações Itapecuru e Ipixuna).

Ao longo do Cretáceo, extensas áreas sofreram um processo de aplainamento, fato documentado pelos topos planos sustentados por crostas lateríticas da serra dos Carajás, alçados em cotas que variam entre 500 e 700 m, conforme datações absolutas registradas por Vasconcelos (1996) e Vasconcelos et al. (1996) em mantos de alteração de perfis intempéricos lateríticos, cujas idades atingiram 65 a 70 milhões de anos (final do Cretáceo).

Essas datações absolutas foram obtidas por meio de um método geocronológico que utiliza óxidos de manganês por meio de análise Ar/Ar e K/Ar. A vantagem desse método é a utilização de um produto de intemperismo (e não da rocha-matriz), sendo que sua idade é correlacionável à superfície de erosão gerada, tendo, portanto, inestimável valor para elucidação da evolução geomorfológica de determinada região.

Levando em consideração a altitude e as características geológico-geomorfológicas das elevações em caráter

regional, essa superfície de aplainamento neocretácica estaria representada também pelo topo da Chapada do Cachimbo e por esparsos remanescentes representados pelos topos planos capeados por lateritas das serras de Cubencraquém e do Gorotire, no sul do estado, ou mesmo do Planalto de Maracanaquara, localizado na borda norte da Bacia Sedimentar do Amazonas. Atualmente, essa superfície encontra-se alçada por processos epirogenéticos durante todo o Cenozoico, constituindo-se, assim, em algumas das áreas mais elevadas do estado do Pará.

Na Amazônia são identificados, regionalmente, dois eventos de laterização (COSTA, 1991): o primeiro, mais antigo, é caracterizado por crostas lateríticas maduras, com desenvolvimento de horizonte aluminoso (bauxítico), de horizonte ferruginoso e concrecionário e, no topo, por Latossolo Amarelo argiloso de cobertura, resultante do intemperismo moderno; o segundo, mais recente, é caracterizado por crostas lateríticas imaturas, com desenvolvimento similar às maduras, porém incompleto, sem elaboração do horizonte aluminoso.

Durante grande parte do Paleógeno, caracterizado por um período de estabilidade morfodinâmica e pouca atividade tectônica, ocorreu o desenvolvimento de espessos mantos de alteração de espessura decamétrica.

**Quadro 3.1** – Declividade e amplitude topográfica das formas de relevo identificadas no estado do Pará

Unidade de Relevo	Declividade (graus)	Amplitude Topográfica (m)
Planícies Fluviais ou Fluvioacustres (R1a)	0 a 3	zero
Terraços Fluviais (R1b1)	0 a 3	2 a 20
Planícies Fluviomarinhas (R1d)	0	zero
Planícies Costeiras (R1e)	0 a 5	2 a 20
Tabuleiros (R2a1)	0 a 3	20 a 50
Tabuleiros Dissecados (R2a2)	2 a 5	0 a 20
Baixos Platôs (R2b1)	0 a 5	20 a 50
Baixos Platôs Dissecados (R2b2)	0 a 5	20 a 50
Planaltos (R2b3)	0 a 5	20 a 50
Chapadas e Platôs (R2c)	0 a 5	0 a 20
Superfícies Aplainadas Conservadas (R3a1)	0 a 5	0 a 10
Superfícies Aplainadas Degradadas (R3a2)	0 a 5	10 a 30
Inselbergs (R3b)	25 a 60	50 a 500
Colinas Amplas e Suaves (R4a1)	3 a 10	20 a 50
Colinas Dissecadas e Morros Baixos (R4a2)	5 a 20	30 a 80
Morros e Serras Baixas (R4b)	15 a 35	80 a 200
Montanhoso (R4c)	25 a 60	300 a 2000
Escarpas Serranas (R4d)	25 a 60	300 a 2000
Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos (R4e)	10 a 45	50 a 200
Vales Encaixados (R4f)	10 a 45	100 a 300

O contínuo processo de intemperismo e a remobilização de óxidos e hidróxidos de ferro, manganês e alumínio originaram, em vastas extensões, perfis lateríticos bauxítico-ferruginosos maduros, de expressiva importância mineral, correlacionados ao Eoceno-Oligoceno (COSTA, 1991; HORBE e COSTA, 2005; KOTSCHOUBEY e TRUCKENBRODT, 1981; TRUCKENBRODT e KOTSCHOUBEY, 1981). Esses perfis lateríticos muito antigos e desenvolvidos, que remontam ao Terciário Inferior, são registrados sobre os topos planos e conservados das bacias sedimentares do Amazonas e do Parnaíba e por diversos topos aplainados de elevações dos planaltos residuais do sul e norte do Pará. Esse conjunto de topos aplainados, posicionados em cotas que variam entre 250 e 300 m, estariam, portanto, associados a uma superfície de aplainamento de idade paleógena (HORBE et al., 1997), elaborada até o Oligoceno.

Sobre essa crosta laterítica bauxítico-ferruginosa madura desenvolve-se, *in situ*, um espesso horizonte de solo argiloso (podendo atingir 20 m de espessura), bem drenado e profundamente lixiviado (Latosolo Amarelo, segundo IBGE e EMBRAPA, 2001), denominado por Sombroek (1966) de "Argila de Belterra". Esses solos são resultantes da decomposição química da crosta laterítica subjacente (HORBE e COSTA, 1999, 2005; TRUCKENBRODT e KOTSCHOUBEY, 1981), atestando notável estabilidade morfodinâmica para esses baixos platôs e planaltos residuais.

Essa antiga superfície de aplainamento paleógena, supostamente correlacionável à Superfície Sul-Americana, descrita no Planalto Central e Oriental Brasileiro por King (1956) e Braun (1971), dentre diversos autores, foi alçada por eventos epirogenéticos durante o Neógeno e, em grande parte, foi desmantelada por erosão e denudação do relevo. Em parte, pode-se atribuir a destruição parcial da superfície paleógena ao rebaixamento do nível de base regional; contudo, a atuação de eventos neotectônicos teve, certamente, grande contribuição. Costa et al. (1996a, 2001) e Bemerguy et al. (2002) destacam um pulso tectônico ativo na Amazônia entre o Mioceno e o Plioceno com importantes implicações na reestruturação do relevo amazônico em escala regional, sendo que uma das mais evidentes foi o desmantelamento da superfície paleógena na Amazônia Oriental e a sedimentação do Grupo Barreiras no nordeste do Pará.

Durante parte do Neógeno, registra-se um novo período de estabilidade morfodinâmica e baixa atividade tectônica, durante o qual ocorreu um novo período de arrasamento generalizado do relevo e o desenvolvimento de uma nova fase de laterização regional, com a geração de mantos de alteração com desenvolvimento de crostas ferruginosas em perfis imaturos (COSTA, 1991; HORBE et al., 1997; KOTSCHOUBEY et al., 2005). Esses perfis lateríticos mais jovens, de idade terciário-quadernária, representam o vasto piso das superfícies de aplainamento modernas,

que se estendem por amplas extensões, tanto no Escudo Sul-Amazônico, quanto no Escudo das Guianas. Trata-se, portanto, de uma baixa superfície embutida em cotas entre 150 e 200 m, elaborada no Pliopleistoceno, podendo ser correlacionada à Superfície Velhas, de King.

Atualmente, observa-se nítido reafeiçoamento dessas superfícies de aplainamento, caracterizadas como superfícies aplainadas degradadas, ou mesmo desfeitas em um relevo de colinas amplas e suaves (NASCIMENTO et al., 1976; VENTURA et al., 1975). Tal fato pode ser atribuído a um segundo pulso neotectônico descrito em escala regional (BEMERGUY et al., 2002; COSTA et al., 1996a), registrado entre o Pleistoceno Superior e o Holoceno, que promoveu a dissecação da superfície neógena e o entalhamento recente da paisagem regional, com destaque para a geração de sequências de linhas de seixos e colúvios (HORBE et al., 1997) e, mais próximo ao litoral, à geração de um conjunto de depósitos denominados “sedimentos pós-Barreiras”. Evidentemente, a atuação de eventos erosivo-deposicionais decorrentes de variações paleoclimáticas e glácio-eustáticas durante o Quaternário (AB’SABER, 1982, 1993; ABSY et al., 1991; BIGARELLA e FERREIRA, 1985; COLINVAUX, 1989; TRICART, 1979; TURCQ et al., 1993; VAN DER HAMMEN, 1991) teve marcante influência na esculturação hodierna da paisagem geomorfológica do estado do Pará.

Nesse contexto, destaca-se o estudo pormenorizado efetuado por Soubiés et al. (1991) em uma área de formação de lagos sobre o platô de Carajás. Em um testemunho de sedimentos lacustres, datado em até 50.000 AP, verificou-se a alternância de camadas de depósitos clásticos ricos em siderita (clima seco – cerrado – ambiente de erosão) com camadas de depósitos de decantação ricas em matéria orgânica (clima úmido – floresta – ambiente de dissolução química). Os períodos mais secos estão registrados entre 40.000 e 50.000 AP e 20.000 a 11.000 AP (último máximo glacial). Os períodos úmidos, por sua vez, estão registrados entre 40.000 a 20.000 AP e 10.000 AP ao presente (Holoceno). Apesar de o registro paleoclimático ser pontual, este pode ser extensivo a uma expressiva área da Amazônia Oriental.

Com relação à geração das superfícies de aplainamento no Pará, o modelo genético que parece ser mais adequado é o de etchplanação, em contraposição ao clássico modelo de pediplanação, exaustivamente aplicado no Sudeste do Brasil (BIGARELLA et al., 1965; KING, 1956). O modelo de evolução geomorfológica por pediplanação e pedimentação pressupõe um padrão erosivo comandado por processos de desagregação mecânica e recuo a remontante das encostas, sob um regime climático dominante que oscilaria entre semiúmido e semiárido. A despeito da comprovada ocorrência de paleoclimas mais secos na Amazônia durante o Quaternário, é inegável a marcante influência do intemperismo químico em ambiente quente e úmido que impera na região. Assim, dificilmente poderia se explicar a evolução geomorfológica da área em apreço evocando, apenas, a geração de pediplanos em clima semiúmido.

Thomas (1994) destaca a importância do intemperis-

mo químico na evolução do modelado do relevo em regiões tropicais úmidas, onde são registrados perfis de alteração com espessuras superiores a 50 m. Portanto, pode-se sugerir um predomínio de processos de etchplanação (BÜDEL, 1982) durante a vigência de climas úmidos na Amazônia. Nesse sentido, os processos de etchplanação teriam, também, importante papel na evolução do relevo regional.

De acordo com o modelo de evolução por etchplanação proposto originalmente por Büdel (1982), o relevo de uma região seria rebaixado progressivamente por meio de lenta denudação das superfícies de aplainamento, condicionada por progressivo rebaixamento do nível de base. Esse rebaixamento estaria controlado pela velocidade do intemperismo químico (contato entre rocha sã e rocha alterada).

Ocorrem, ainda, de forma descontínua, disseminados em meio às superfícies de aplainamento, agrupamentos de *inselbergs* e alinhamentos serranos que se destacam como formas de relevo elevadas em meio ao amplo domínio de terras baixas. Tais feições ressaltam-se na paisagem devido à resistência diferencial de determinadas litologias a processos de intemperismo e erosão ou por reativações neotectônicas.

## DOMÍNIOS GEOMORFOLÓGICOS

A partir de breve avaliação sobre a origem e evolução das paisagens do estado do Pará, é possível promover a caracterização dos compartimentos geomorfológicos existentes. Com base na análise dos produtos de sensoriamento remoto disponíveis, perfis de campo e estudos geomorfológicos regionais anteriores (IBGE, 1995; ROSS, 1985, 1997), os terrenos paraenses foram compartimentados, neste estudo, em 18 domínios geomorfológicos, descritos a seguir.

### Planície Costeira do Nordeste do Pará

A Planície Costeira paraense abrange uma área relativamente restrita do nordeste do estado do Pará que se estende da baía de Guajará (enorme estuário em forma de uma larga ria situada na desembocadura do rio Tocantins) até a baía de Viseu. Essa unidade está classificada pelo IBGE (1995) como Planícies Fluvio-marinhas.

Essa unidade está inserida entre a linha de costa e os tabuleiros costeiros embasados por rochas sedimentares terciárias representadas por arenitos imaturos ou conglomeráticos do Grupo Barreiras e calcários da Formação Pirabas, sendo, geralmente, delimitados por paleofalésias. A unidade apresenta um conjunto de feições deposicionais de origens fluvial e marinha, dominada por ambiente de marés. Desse modo, esse domínio é amplamente dominado por planícies fluvio-marinhas (**R1d**), ressaltando-se a ocorrência de exíguas planícies costeiras (**R1e**) e aluviais (**R1a**). Destaca-se, nesse contexto, um vasto domínio de terras baixas e inundáveis, com o recobrimento espraiado de formações pioneiras de interface entre os domínios continental e marinho, dominado por manguezais (Figuras 3.2 e 3.3).





**Figura 3.2** – Vista parcial dos “Campos de Bragança”, caracterizados por terras baixas e inundáveis, com vegetação de mangue (estrada Bragança, praia de Ajuruteua, nordeste do Pará).



**Figura 3.3** – Zona de praia de macromaré da Planície Costeira do Nordeste do Pará, que, durante as marés baixas, pode atingir cerca de 1 km de largura (praia do Atalaia, Salinópolis).

O alinhamento da linha de costa exibe um padrão recortado em rias (BARBOSA e NOVAES PINTO, 1973; COSTA et al., 1993; EL-ROBRINI et al., 2006; SOUZA FILHO e EL-ROBRINI, 2000), caracterizado pela alternância de longos estuários e extensos canais de maré, com ocorrência de protuberâncias da linha de costa formadas por cordões arenosos isolados (*cheniers*) que geram, à sua retaguarda, um ambiente de baixa energia, propício à sedimentação das planícies fluviomarinhas.

Essas extensas zonas estuarinas (de dezenas de quilômetros de comprimento), em litoral recortado, estão diretamente associadas ao entalhe dos baixos platôs em condições de linha de costa regressiva nos períodos glaciais que ocorreram ao longo do Quaternário.

O seu posicionamento em região equatorial, sob a influência de notáveis variações de marés, da ordem de 5 a 6 m de oscilação diurna (SOUZA FILHO e EL-ROBRINI, 1998), também contribui para a elaboração de vastas zonas de deposição de sedimentos fluviomarinhas recobertos por mangues. Curiosamente, o entrecortado litoral paraense contrapõe-se ao retilíneo litoral amapaense, devido à colossal descarga de sedimentos do rio Amazonas lançada na costa do Amapá.

A unidade Planície Costeira do Nordeste do Pará consiste de planícies fluviomarinhas intermarés, constituídas por sedimentos inconsolidados de idade quaternária (Holoceno). São terrenos argilosos e ricos em matéria orgânica, caracterizados como Solos de Mangue e Gleissolos Sálícos (IBGE e EMBRAPA, 2001).

Segundo a compartimentação morfoestrutural proposta por Franzinelli (1992), assinalam-se dois compartimentos distintos no litoral nordeste do Pará:

- Plataforma do Pará (baía de Guajará-baía Pirabas), caracterizada por estreita planície fluviomarinha (em geral, com menos de 2 km de extensão) e falésias ativas do Grupo Barreiras. Costa emergente por falhas normais de direção NW-SE (SOUZA FILHO, 2000).

- Bacia Bragança-Viseu, constituída por larga planície fluviomarinha (em geral, com mais de 30 km de extensão) e paleofalésias do Grupo Barreiras. Costa subsidente por falhas normais de direção NW-SE (SOUZA FILHO, 2000).

De acordo com classificação proposta por Souza Filho e El-Robrini (1996), são caracterizados os seguintes ambientes nas planícies fluviomarinhas:

- Planícies de intermaré, que consistem na feição morfológica dominante gerada por sedimentação argiloarenosa, rica em matéria orgânica, em ambiente de baixa energia e em costa de baixa declividade. Tais planícies ocupam áreas extensas, mas de largura variável, ao longo da linha de costa, sendo delimitadas por vertentes e paleofalésias dos tabuleiros do Grupo Barreiras.

- Planícies salinas, em áreas de brejos com lençol freático subafiorante entremeadas nos manguezais. São recobertas por campos halófilos de várzea (apicum), denominados “Campos de Bragança”.

- Estuários, que consistem em largas rias comandadas por remansos e refluxos diurnos dos movimentos de maré, que promovem expressivo intercâmbio de água e matéria entre o mar e as planícies fluviomarinhas.

- Planícies marinhas, de composição arenosa, formadas por cordões arenosos atuais, *cheniers* (antigos cordões arenosos isolados) e restritas acumulações eólicas (dunas) (Figura 3.4).



**Figura 3.4** – Dunas atuais que compõem a planície marinha na região nordeste do Pará (praia do Atalaia, Salinópolis).

Os principais canais que deságuam nos estuários da planície costeira do Pará são os rios Marapanim, Maracanã, Caeté, Piriá e Gurupi (esse último banha o estado do Maranhão na divisa deste com o estado do Pará). As cidades principais que se assentam na linha de costa ou no fundo das rias são: Maracanã, Salinópolis, São João de Pirabas, Augusto Correa e Viseu. Dentre as atividades econômicas, destacam-se o potencial turístico da cidade de Salinópolis, a extração de materiais para uso imediato na construção civil e o potencial pesqueiro de toda a região.

### Ilha de Marajó e Golfão Marajoara

A ilha de Marajó situa-se junto à desembocadura de dois importantes sistemas fluviais: a bacia do rio Amazonas – cuja foz deságua a norte-noroeste da referida ilha, produzindo imensa e complexa zona que mistura elementos estuarinos e deltaicos (denominada golfão Marajoara), apresentando largos canais com grande descarga de sedimentos e geração de grandes ilhas fluviais ou fluviomarinhas, tais como: Grande de Gurupá, do Pará, Queimada, Mexiana e Caviana – e a bacia do rio Tocantins, cuja foz deságua na baía de Guajará, a leste da ilha de Marajó, produzindo amplo estuário de dezenas de quilômetros de largura.

Segundo o IBGE (1995), essa unidade é subdividida em duas unidades geomorfológicas: Planícies Fluviomarinhas e Tabuleiros do Baixo Rio Amazonas. A ilha de Marajó se destaca do continente por uma complexa rede interligada de canais (furos e paranás), ressaltando-se o furo de Breves no rio Pará, que conecta o complexo ambiente deltaico-estuarino da foz do rio Amazonas e a baía de Guajará na desembocadura do rio Tocantins.

Essa unidade consiste em uma vasta bacia sedimentar quaternária, com espessura quilométrica, controlada por falhamentos transcorrentes que orientam a desembocadura do rio Amazonas e preenchem um gráben instalado junto à foz do rio Amazonas durante o Neógeno (BEMERGUY e COSTA, 1991; COSTA et al., 1995, 1996a). Na superfície, registra-se um diversificado conjunto de ambientes deposicionais de origens fluvial, marinha, lacustre ou mista. Na porção norte-nordeste da ilha de Marajó, com maior influência oceânica, predominam planícies fluviomarinhas (**R1d**), sendo frequentes exíguas planícies costeiras (**R1e**), representadas por estritos cordões arenosos e linhas de praias (Figura 3.5).

Na porção sul-sudoeste da ilha de Marajó, com maior influência fluvial, predominam planícies aluviais (**R1a**) e áreas de colmatação lacustre. Destaca-se, nesse contexto, um vasto domínio de terras baixas e inundáveis pontilhadas por formações de lagos de distintas dimensões (com destaque para o lago do Arari, na porção centro-oriental da ilha de Marajó), com o recobrimento espreado de formações de campos higrófilos de várzea – os “Campos do Marajó”.

Já na porção centro-ocidental da ilha de Marajó domina uma unidade de baixos tabuleiros (**R2a1**) embasados por rochas sedimentares inconsolidadas, de idade tércio-qua-

ternária, denominadas sedimentos pós-Barreiras. França e Souza Filho (2006) individualizaram esses terrenos como Planalto Costeiro da Ilha de Marajó. Esses baixos tabuleiros estão correlacionados ao nível mais baixo dos tabuleiros de terra firme da Amazônia (AB’SABER, 1967) e consistem em superfícies de topos planos a ligeiramente ondulados em cotas muito baixas (5 a 20 m de altitude). Também estão presentes no litoral oriental da ilha de Marajó, junto às cidades de Soure e Salvaterra (Figura 3.6).

Essa unidade consiste, portanto, de vastas planícies fluviolacustres e fluviomarinhas constituídas por sedimentos inconsolidados de idade holocênica. São terrenos argilosos e ricos em matéria orgânica, com predomínio de Gleissolos e Neossolos Flúvicos eutróficos ou distróficos e Plintossolos Háplicos distróficos. Ocorrem, subordinadamente, como Latossolos Amarelos distróficos, Neossolos Quartzarênicos, Gleissolos Sálidos e Solos de Mangue (IBGE e EMBRAPA, 2001).



**Figura 3.5** – Aspecto geral da zona de praia da planície fluviomarinha na ilha do Marajó (praia de Joanes, Salvaterra).  
Fonte: Sheila Teixeira



**Figura 3.6** – Tabuleiros baixos, de topos planos, que ocorrem nos sedimentos pós-Barreiras (Soure). Fonte: Sheila Teixeira.



De acordo com classificação proposta por França e Souza Filho (2006), são caracterizados os seguintes ambientes nas planícies aluviais, fluviolacustres e fluviomarinhas:

- Planícies marinhas, de composição arenosa, formadas por terraços marinhos, cordões arenosos atuais, *cheniers* (antigos cordões arenosos isolados), restritas acumulações eólicas (dunas) e praias.

- Planícies fluviomarinhas (brejos – campos higrófilos de várzea), que consistem na feição morfológica dominante. Tais planícies ocupam áreas extensas, mas de largura variável, ao longo da linha de costa, sendo delimitadas por paleofalésias dos tabuleiros no interior da ilha de Marajó.

- Planícies de intermaré, geradas por sedimentação argiloarenosa, rica em matéria orgânica, em ambiente de baixa energia e em costa de baixa declividade.

- Coroas de lama, que consistem em larga faixa de sedimentos argiloarenosos ou argilosos, ricos em matéria orgânica, que se posicionam na linha de costa à frente da planície de maré ocupada por manguezais. Tais sedimentos afloram apenas na maré baixa e são desprovidos de qualquer cobertura vegetal (Figura 3.7).

- Canais de maré, que consistem em rios muito pequenos que ocupam a planície de maré, comandados por remansos e refluxos diurnos dos movimentos de maré. Apesar de seu pequeno tamanho, os canais de maré apresentam uma foz bastante larga, denunciando expressivo intercâmbio de água e matéria entre o mar e o mangue. Segundo França e Souza Filho (2006), os canais de maré caracterizam-se por caminhos de drenagem e distribuição de sedimentos e nutrientes por toda a planície de maré, portanto, de relevante importância ecológica para o desenvolvimento dos manguezais.

As cidades principais que se assentam na linha de costa ou na planície fluviolacustre são: Soure, Salvaterra, Santa Cruz do Arari e Chaves. Sobre o domínio dos baixos tabuleiros, destacam-se as cidades de Breves e Anajás.



**Figura 3.7** – Coroa de lama ou planície lamosa exposta durante a maré baixa na região do porto de Camará (Salvaterra).  
Fonte: Sheila Teixeira.

Dentre as atividades econômicas, destacam-se: o potencial turístico das cidades de Soure e Salvaterra, relativamente próximas a Belém por via marítima, a pecuária bubalina e o potencial pesqueiro de toda a região.

## Planície Amazônica

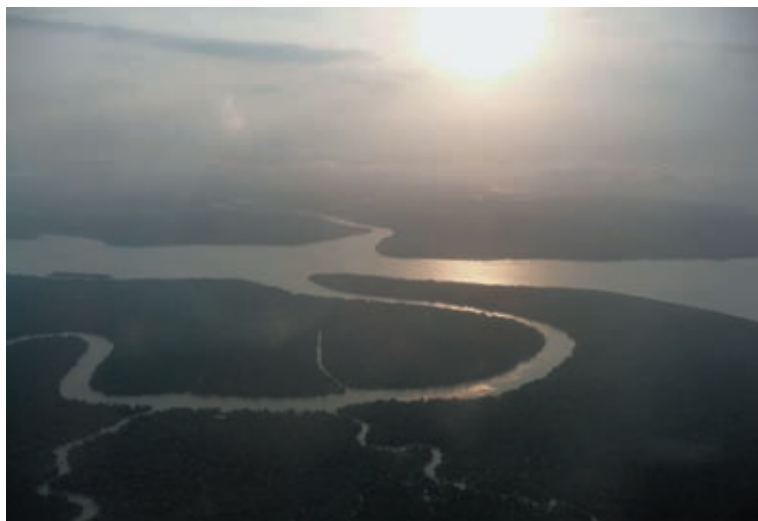
A unidade geomorfológica Planície Amazônica é representada por espaiadas planícies de inundação que ocorrem junto à calha do rio Amazonas (**R1a**), apresentando dezenas de quilômetros de largura. Os grandes afluentes do rio Amazonas (tais como Tapajós, Xingu, Tocantins, Trombetas, Paru e Jari), por sua vez, não apresentam expressivas zonas de sedimentação fluvial nos fundos de vales (Figura 3.8). Portanto, a Planície Amazônica, no estado do Pará, encontra-se restrita ao seu rio principal. Para essa unidade, segue-se a classificação proposta pelo IBGE (1995).

A Planície Amazônica consiste de sedimentos fluviais de idade holocênica e apresenta notável diversidade de formas de relevo, destacando-se planícies de inundação prolongadamente inundáveis (recobertas por matas de igapó e vegetação pioneira) a sazonalmente inundáveis (recobertas por matas de várzea); um complexo sistema de drenagem repleto de igarapés, furos e paranás, típico de rios com padrão *anabanching* (LATRUBESSE, 2008) (Figura 3.9); geração de lagos de grandes dimensões (via de regra, interconectados com o regime hidrológico do rio Amazonas); vales fluviais afogados em forma de rias; inúmeras formas deposicionais, tais como: barras de pontal; esporões ou flechas arenosas; planícies de decantação fluviolacustres, diques marginais etc. (BARBOSA et al., 1974; BEMERGUY e COSTA, 1991; NASCIMENTO et al., 1976). Tanto os esporões fluviais quanto os diques marginais, por diversas vezes, isolam lagos fluviais.

Os rios amazônicos apresentam colorações diferenciadas de acordo com pH, carga de sedimentos e



**Figura 3.8** – Planície fluvial do rio Xingu, com o desenvolvimento de ilhas (Altamira). Fonte: Firmino Correia Júnior.



**Figura 3.9** – Planície de inundação do rio Amazonas, com igarapés de alta sinuosidade. Fonte: Sheila Teixeira.

composição química de suas águas, que podem ser barrentas, claras ou pretas (SIOLI, 1957). As planícies aluviais geradas por rios de água barrenta que drenam a vertente oriental da cordilheira andina (por exemplo, o rio Amazonas) apresentam planícies de inundação e terraços fluviais muito extensos e solos com boa fertilidade natural (condição rara na Amazônia), devido à grande descarga de sedimentos oriunda da dissecação dos Andes. Já as planícies que margeiam os rios de água preta (por exemplo, o rio Trombetas) apresentam menor sedimentação aluvial, decorrente de baixa carga de sedimentos em suspensão, aliada à alta concentração de sesquióxidos de ferro. Por fim, as planícies que margeiam os rios de água clara (por exemplo, os rios Tapajós e Xingu) apresentam pouca sedimentação aluvial, decorrente de baixa carga de sedimentos em suspensão e também de baixa concentração de sesquióxidos de ferro. Em determinados trechos, os rios de água clara apresentam, durante o regime de vazante, praias fluviais de grande beleza cênica e potencial turístico, como a famosa Praia de Alter do Chão em Santarém (Figura 3.10).

Existe, portanto, um amplo domínio de solos hidromórficos, muito maldrenados e de alta fertilidade natural, nas planícies de inundação (predomínio de Gleissolos Háplicos eutróficos ou distróficos com argilas de atividade alta e, subordinadamente, Neossolos Flúvicos eutróficos e Plintossolos Háplicos) (IBGE e EMBRAPA, 2001).

Os rios amazônicos, tradicionalmente, representam os vetores de interiorização da ocupação humana e suas várzeas possuem algumas das melhores terras para agricultura. A ocupação urbana é impraticável nas planícies (Figura 3.11), mas possível nos terraços e tabuleiros adjacentes, que consistem em superfícies acima do nível da cota das cheias periódicas. Acima das barrancas dos rios e a salvo das cheias, um grande número de cidades

pontilha ao longo dos principais rios do estado do Pará. O principal risco geológico-geomorfológico nesses aglomerados urbanos decorre dos severos fenômenos de erosão fluvial (desbarrancamentos) denominados “terras caídas”, que podem promover a destruição de trechos da malha urbana dessas cidades ribeirinhas.

As cidades de Gurupá, Almeirim, Prainha, Monte Alegre, Santarém, Alenquer, Óbidos, Oriximiná e Juruti (todas no rio Amazonas) foram antigos núcleos coloniais de povoamentos que se estabeleceram e se desenvolveram a partir da navegação fluvial, da agricultura de várzea nas planícies fluviais e da ocupação de barrancas mais elevadas em terraços e tabuleiros, por onde foram implantados os sítios urbanos.



**Figura 3.10** – Praia de Alter do Chão: planície fluvial do rio Tapajós (Santarém). Fonte: Firmino Correia Júnior.



**Figura 3.11** – Planície fluvial do rio Tocantins, com ocupação humana em áreas de inundação (Marabá).

## Tabuleiros da Zona Bragantina

Os Tabuleiros da Zona Bragantina (outrora denominados Planalto Rebaixado da Amazônia por Barbosa e Novaes Pinto, 1973) ocupam o nordeste do estado do Pará, a leste do rio Tocantins, e consistem em um prolongamento da extensa faixa de deposição dos sedimentos do Grupo Barreiras ao longo da costa brasileira. O IBGE (1995) identificou essa unidade como Tabuleiros Costeiros. Ross (1985) questiona a terminologia “planalto” ou “planície” para essas vastas terras baixas, porém acima das cotas das cheias fluviais, e introduz o termo “depressão amazônica” para melhor caracterizá-las.

O domínio é delimitado, a sul e sudeste, por: Superfície do Rio Gurupi, Baixos Platôs da Bacia do Parnaíba e Depressão do Baixo Tocantins-Araguaia. Em direção a leste, os tabuleiros estendem-se para o estado do Maranhão e, a oeste, pelas planícies fluviais (R1a) que margeiam o rio Tocantins e a baía de Guajará. Por fim, a norte, esses tabuleiros estão delimitados, por vezes, de forma abrupta por meio de falésias e paleofalésias, com a planície costeira paraense (Figura 3.12).

Esse domínio é exclusivamente representado por extensos tabuleiros de baixa amplitude de relevo (invariavelmente inferiores a 30 m) (R2a1). Nas áreas mais próximas ao litoral, esses tabuleiros estão embasados por rochas sedimentares pouco litificadas de idade terciária ou tércio-quadernária do Grupo Barreiras e dos sedimentos pós-Barreiras, frequentemente recobertas por coberturas detrito-lateríticas.

Curiosamente, a dissecação dos tabuleiros exhibe formas de relevo arredondadas que se assemelham a colinas amplas e suaves (R4a1). Tal fato está relacionado ao ambiente deposicional original, pois os sedimentos Barreiras e pós-Barreiras foram gerados em ambiente marinho de plataforma rasa ou transicional (estuarino e planícies de maré) (ROSSETTI, 2006), bem diverso do Grupo Barreiras na costa leste brasileira. Em decorrência, observam-se



**Figura 3.12** – Limite abrupto em falésias dos Tabuleiros da Zona Bragantina (ilha do Outeiro, distrito de Belém).

sedimentação predominantemente argilosa e solos pouco permeáveis, o que confere uma ação mais efetiva de fluxos superficiais à dissecação dos tabuleiros. Assim, são geradas formas colinosas, inusitadas, sobre o Grupo Barreiras.

Nas áreas mais interioranas, os tabuleiros são típicos (R2a1) e estão embasados pelo Grupo Barreiras (ao sul da cidade de São Miguel do Guamá) e por arenitos, arenitos arcoseanos e argilitos caulínicos de idade cretácica (formações Ipixuna e Itapecuru), que representam o fecho deposicional da Bacia do Parnaíba.

Esse conjunto de tabuleiros encontra-se sulcado por rios meândricos (muitos deles exibindo alta sinuosidade), de padrão predominantemente dendrítico, compreendendo os rios Guamá, Moju, Acari e Capim (afluentes do rio Tocantins) e Marapanim, Maracanã, Caeté, Piriá e Gurupi, que desembocam diretamente no oceano Atlântico. Essa vasta superfície tabular apresenta cotas muito baixas, que variam entre 20 e 80 m (Figura 3.13).

Sobre esses terrenos desenvolve-se, originalmente, a Floresta Ombrófila Densa de terras baixas (IBGE, 2004). Ocorrem solos bem drenados e de baixa fertilidade natural, espessos e lixiviados (Mata de Terra Firme), predominando Latossolos Amarelos distróficos. Subordinadamente observam-se Plintossolos Háplicos distróficos, Plintossolos Pétricos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Quartzarênicos. Nos amplos fundos de vales dos rios principais, predominam, nos baixos cursos, Gleissolos Háplicos distróficos e eutróficos e, nos médios cursos, Neossolos Flúvicos eutróficos (IBGE e EMBRAPA, 2001).

Os terrenos representados pelos Tabuleiros da Zona Bragantina estão, em grande parte, desprovidos de sua cobertura florestal devido à expansão urbana da Região Metropolitana de Belém e pelo avanço da fronteira agrícola, por décadas, através de vetores de penetração representados pelas rodovias BR-316 (Belém-São Luís) e BR-010 (Belém-Brasília), dentre outras. Todavia, a Zona Bragantina é uma antiga área de colonização que remonta ao início do século XX e consiste em tradicional região agrícola



**Figura 3.13** – Tabuleiros levemente ondulados, sulcados por drenagem, típicos da Zona Bragantina (rodovia PA-242, próximo à cidade de Igarapé-Açu).



voltada, principalmente, para o abastecimento de Belém e sua hinterlândia. Coexistem nesse território tanto pequenas propriedades – destinadas à agricultura familiar e ao mercado local – quanto grandes propriedades – destinadas à criação de gado leiteiro e de corte, à fruticultura e ao cultivo de pimenta-do-reino e dendê, para os mercados nacional e internacional.

Dentre as principais cidades que se localizam nessa unidade destacam-se: Ananindeua, Castanhal, Capanema, Bragança, Moju, Tomé-Açu, Aurora do Pará e Tailândia. Na planície fluvial do rio Tocantins-baía de Guajará, adjacente a essa unidade, destacam-se as cidades de Belém e Abaetetuba e o Porto de Barcarena.

### Superfície do Rio Gurupi

A Superfície do Rio Gurupi, incluída por Barbosa e Novaes Pinto (1973) no Planalto Rebaixado da Amazônia, ocupa uma restrita área do nordeste do estado do Pará. Consiste em um prolongamento, a oeste, do Cráton de São Luís, que abrange uma expressiva área do estado do Maranhão. O IBGE (1995), em seu Mapa Geomorfológico do Brasil, individualizou essa área do embasamento pré-cambriano denominando-a Cristas e Colinas do Rio Gurupi.

Essa unidade é englobada pelos Tabuleiros da Zona Bragantina, limitando-se, a sul, com os Baixos Platôs da Bacia do Parnaíba. Seu relevo é constituído por superfícies de aplainamento (**R3a2**), por vezes, reafeiçoadas em suave relevo colinoso e por um relevo mais movimentado em colinas e morros baixos (**R4a2**) (Figura 3.14). Pequenas cristas e *inselbergs* (**R3b**) destacam-se, topograficamente, na paisagem regional (Figura 3.15).

Esse conjunto de formas de relevo resulta do arrasamento generalizado de um complexo substrato geológico do Cráton de São Luís. Ressalta-se, nesse contexto, um embasamento ígneo-metamórfico de idade paleoproterozoica constituído por gnaisses, xistos, filitos e metarenitos intrudidos por corpos graníticos. Destacam-se, ainda, rochas metavulcânicas das formações Chega-Tudo e Aurizona, mais resistentes ao intemperismo e à erosão, formando relevos amorreados com cristas e *inselbergs*.

Registram-se, também, rochas ígneas, metamórficas e sedimentares de idade neoproterozoica, constituídas por quartzitos e xistos, intrusões de nefelina-sienitos e uma cobertura de arenitos, arcóseos e conglomerados, sendo estes das formações Viseu e Igarapé de Areia. Esses terrenos aplainados ou colinosos apresen-

tam cotas baixas, que variam entre 30 e 100 m; todavia, as cristas e os *inselbergs* atingem cotas entre 150 e 200 m.

Sobre esses terrenos desenvolve-se, originalmente, Floresta Ombrófila Densa de terras baixas (IBGE, 2004) sobre solos drenados e de baixa fertilidade natural, predominando Argissolos Amarelos distróficos. Ocorrem, subordinadamente, Latossolos Amarelos distróficos e Plintossolos Háplicos distróficos (IBGE e EMBRAPA, 2001).

Os terrenos representados pela Superfície do Rio Gurupi apresentam um processo de ocupação similar ao descrito para os Tabuleiros da Zona Bragantina. As principais cidades que se situam nessa unidade são: Tracuateua, Viseu, Santa Luzia do Pará, Garrafão do Norte e Cachoeira do Piriá.



Figura 3.14 – Colinas suaves da Superfície do Rio Gurupi (rodovia BR-010, entre as cidades de Paragominas e Ulianópolis).



Figura 3.15 – Aspecto de pequenas cristas que se destacam acima do nível do relevo de colinas suaves, típicos da Superfície do Rio Gurupi (rodovia BR-316, próximo à cidade de Cachoeira do Piriá).

## Baixos Platôs da Bacia do Parnaíba

Os Baixos Platôs da Bacia do Parnaíba (outrora denominados Planalto Setentrional Pará-Maranhão, por Barbosa e Novaes Pinto, 1973) ocupam uma porção do nordeste do estado do Pará, a leste do rio Tocantins, sendo classificado pelo IBGE (1995) como Tabuleiros dos Rios Gurupi/Grajaú.

Essa unidade é delimitada, a oeste, norte e nordeste, pelos Tabuleiros da Zona Bragantina e pela Superfície do Rio Gurupi e, em direção ao sul, pela Depressão do Baixo Tocantins-Araguaia. Esses planaltos representam um conjunto de extensas áreas planas com baixas altitudes (**R2b3**) (Figura 3.16), correlacionadas a uma superfície de idade paleógena. Consistem de superfícies tabulares bruscamente delimitadas em rebordos erosivos (Figura 3.17) por amplos vales de fundo chato (Figura 3.18), apresentando desnivelamentos locais entre 50 e 100 m. Tais superfícies são sustentadas por espessos perfis lateríticos maduros, aluminoferruginosos, sendo que as couraças ferruginosas formam duras cornijas que retardam o processo de desmantelamento e destruição dos planaltos pela ação erosiva.

A rede de drenagem regional, entretanto, promoveu uma efetiva dissecação dos baixos platôs, gerando, em

cotas mais baixas, um relevo dissecado em colinas e morros (**R4a2**) (Figura 3.19). Os rios principais (Gurupi e formadores do rio Capim – Ararandeuá e Surubiju), já ajustados ao nível de base regional, abriram amplos vales, por onde interpenetram as superfícies aplainadas de idade neógena (**R3a2**). Tais rios são típicos de planície e exibem um padrão de canal meândrico de alta sinuosidade, enquanto seus tributários, que dissecam os baixos platôs, apresentam um padrão de canal entre meândrico e retilíneo. Todavia, o conjunto das bacias hidrográficas apresenta um padrão de drenagem dendrítico. Todo esse relevo situado abaixo do topo dos baixos platôs está sustentado por arenitos cretácicos da Formação Itapecuru.

As amplas superfícies tabulares dos topos dos baixos platôs estão alçadas em cotas que variam entre 150 e 350 m, apresentando um progressivo incremento de altitudes de norte para sul. Desse modo, sugere-se que essa superfície paleógena tenha sofrido um basculamento para norte, promovido por eventos neotectônicos ocorridos no Neógeno. Já os amplos fundos de vales dos rios Gurupi e dos formadores do rio Capim estão embutidos em cotas que variam entre 70 e 120 m.



**Figura 3.16** – Topos aplainados dos baixos platôs da bacia do Parnaíba (ao longo da rodovia BR-222, entre as cidades de Dom Eliseu e Rondon do Pará, sudeste do estado do Pará).



**Figura 3.18** – Vista geral de fundo de vale achatado, dissecado em suaves colinas (rodovia BR-010, próximo à cidade de Ulianópolis, sudeste do estado do Pará).



**Figura 3.17** – Superfícies tabulares delimitadas por rebordos erosivos ao fundo (rodovia BR-010, próximo à cidade de Ulianópolis, sudeste do estado do Pará).



**Figura 3.19** – Relevo dissecado em colinas (ao longo da rodovia BR-222, próximo à cidade de Rondon do Pará, no sudeste do estado do Pará).



Sobre esses terrenos desenvolve-se, originalmente, Floresta Ombrófila Densa Submontana (IBGE, 2004) sobre solos bem drenados e de baixa fertilidade natural, espessos e lixiviados, predominando Latossolos Amarelos distróficos. Ocorrem, subordinadamente, Plintossolos Pétricos concrecionários. No amplo vale do rio Gurupi, por sua vez, predominam Plintossolos Háplicos distróficos (IBGE e EMBRAPA, 2001).

Os terrenos representados pelos Baixos Platôs da Bacia do Parnaíba estão parcialmente desprovidos de sua cobertura florestal, principalmente ao longo do eixo rodoviário compreendido pela rodovia BR-010 (Belém-Brasília), onde se registra notável desenvolvimento agrícola calcado no plantio de milho e soja e na silvicultura (eucalipto e teca). Essa unidade apresenta grande potencial mineral para exploração de bauxita nos perfis lateríticos. Dentre as principais cidades que se localizam na unidade destacam-se: Paragominas, Ulianópolis, Dom Eliseu e Rondon do Pará.

### Depressão do Baixo Tocantins-Araguaia

A Depressão do Baixo Tocantins-Araguaia estende-se por uma comprida faixa de direção norte-sul que abrange o leste do estado do Pará. Neste mapeamento, abrange a Depressão do Baixo Araguaia, o Patamar de Marabá e as serras dos rios Tocantins-Araguaia, individualizados pelo IBGE (1995). Essa unidade delimita-se, a norte, com os Tabuleiros da Zona Bragantina e Baixos Platôs da Bacia do Parnaíba; a oeste, com as Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia; a leste, estende-se, em larga escala, pelo estado do Tocantins. Seu relevo é constituído por extensas superfícies de aplainamento (**R3a2**), por vezes, reafeiçoadas em um suave relevo colinoso (**R4a1**) (Figura 3.20), ou mesmo em colinas dissecadas (**R4a2**) (Figura 3.21). De forma esparsa, ocorrem baixos platôs (**R2b1**) ligeiramente ressaltados topograficamente. Esporadicamente, ocorrem algumas serras alinhadas e pequenas cristas (**R4b** e **R4c**) que se destacam em cotas bem mais elevadas na paisagem regional. Destacam-se, ainda, as planícies aluviais do rio Araguaia (**R1a**), que ocorrem de forma descontínua ao longo de seu fundo de vale. Todavia, essas planícies tornam-se mais expressivas em seu médio curso, a montante da cidade de Conceição do Araguaia.

Esse conjunto de formas de relevo resulta do arrasamento generalizado do substrato geológico da Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia. Ressaltam-se, nesse contexto, rochas de baixo a médio grau metamórfico de idade neoproterozoica, constituídas por clorita-xistos, filitos, ardósias e muscovita-

-biotita-xistos das formações Couto Magalhães, Pequi-eiro e Xambioá. Essas litologias, menos resistentes ao intemperismo e à erosão, correspondem, em geral, às vastas superfícies aplainadas observadas na região. Por outro lado, os quartzitos da Formação Morro do Campo, o Complexo Máfico-Ultramáfico e as formações ferríferas bandadas das unidades Quatipuru e Serra do Tapa geram serras imponentes, representando os relevos mais proeminentes na região. Por fim, afloram de forma esparsa rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba. Sobre esse conjunto de litologias desenvolveu-se um aplainamento generalizado do relevo e um evento de laterização durante o Neógeno que gerou perfis lateríticos imaturos. Tais perfis ocorrem de forma fragmentada nessa unidade e estão, atualmente, ressaltados na paisagem regional sob a forma de baixos platôs não dissecados, poucas dezenas de metros acima do piso da superfície de aplainamento regional.



**Figura 3.20** – Superfície de aplainamento da Depressão do Baixo Tocantins-Araguaia, observada em alguns trechos da rodovia PA-150, a sul da cidade de Marabá.



**Figura 3.21** – Vista geral do relevo colinoso da Depressão do Baixo Tocantins-Araguaia, observada na rodovia PA-257, entre as cidades de Eldorado dos Carajás e Curionópolis.

Esses terrenos aplainados ou colinosos apresentam cotas baixas, que variam entre 80 e 250 m, sendo que essas cotas são gradualmente decrescentes de sul para norte, seguindo, em linhas gerais, o curso do vale do rio Araguaia. As serras alinhadas que ocorrem esporadicamente na Depressão do Baixo Tocantins-Araguaia, por sua vez, atingem cotas bem mais expressivas, tais como as serras Quatipuru (entre 350 e 450 m), Morro do Campo (entre 350 e 550 m) e das Andorinhas (entre 350 e 600 m); essa última serra apresenta um expressivo potencial geoturístico (FIGUEIREDO e GORAYEB, 2009).

Sobre esses terrenos desenvolve-se, originalmente, Floresta Ombrófila Densa e Aberta Submontana. Entretanto, na porção sul da unidade, junto à divisa com o estado do Tocantins, desenvolvem-se formações florestais de porte aberto e transicionais para o bioma dos cerrados (IBGE, 2004). O avanço da fronteira agrícola atingiu fortemente essa região do leste-sudeste do Pará, condicionada pelo vetor de povoamento recente representado pelo eixo rodoviário norte-sul da Rodovia BR-158. Desse modo, essa unidade está integrada à franja pioneira do denominado “Arco do Desflorestamento”.

Sobre essa região desenvolvem-se solos bem drenados e de baixa fertilidade natural, predominando Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos. Ocorrem, de forma subordinada, Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos (em especial, na região do “Bico do Papagaio”, na confluência dos rios Tocantins e Araguaia); Plintossolos Pétricos concrecionários distróficos (concentrados sobre os baixos platôs revestidos por perfis lateríticos imaturos); Neossolos Litólicos distróficos (sobre os terrenos serranos de relevo acidentado); Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos e Cambissolos Háplicos distróficos. Por fim, nas planícies aluviais, predominam Gleissolos Háplicos distróficos (IBGE e EMBRAPA, 2001).

As principais cidades que se localizam na Depressão do Baixo Tocantins-Araguaia são: Goianésia do Pará, Marabá, Eldorado dos Carajás, Conceição do Araguaia e Santa Maria das Barreiras.

### Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental

Os Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental (denominados Tabuleiros do Baixo Rio Amazonas pelo IBGE, 1995) representam extensas superfícies tabulares recobertas por Matas de Terra Firme e ocupam a porção central do estado do Pará, correspondente à área abrangida pela Bacia Sedimentar do Amazonas. Essa unidade está embutida, ao norte, pelos Planaltos Dissecados da Borda Norte da Bacia do Amazonas; ao sul, pelos Planaltos Dissecados da Borda Sul da Bacia do Amazonas; a oeste, essa unidade estende-se adentro do estado do Amazonas; a leste, abrange uma porção do interior da ilha de Marajó.

Os baixos platôs (**R2b3**) caracterizam-se por terrenos de cotas modestas (em geral, entre 200 e 250 m), com solos espessos, pobres e bem drenados (em geral, Latossolos Amarelos). Essas extensas formas tabulares representam um conjunto de planaltos correlacionados a uma superfície de idade paleógena, assim como os Baixos Platôs da Bacia do Parnaíba. Tais superfícies são sustentadas por espessos perfis lateríticos maduros, aluminoferruginosos, sendo que as couças ferruginosas formam duras cornijas que retardam o processo de dismantelamento e destruição dos planaltos pela ação erosiva. Entretanto, em certas porções, esses platôs, embasados por rochas sedimentares cretácicas da Formação Alter do Chão, são dissecados em cotas mais baixas em um relevo de colinas tabulares (**R2b1** e **R2b2**), ou mesmo em colinas fortemente dissecadas (**R4a2**), em especial, nas proximidades das bordas da Bacia Sedimentar do Amazonas, por uma rede de drenagem de alta intensidade.

Na borda norte da Bacia Sedimentar do Amazonas, nas proximidades da cidade de Monte Alegre, é observada uma estrutura dômica, conhecida como Domo de Monte Alegre. Tal estrutura destaca-se da topografia regional por alcançar, em certas porções, cotas em torno de 400 m. Em planta, desenha uma feição circular, com eixo maior orientado na direção NE-SW, com aproximadamente 30 km (Figura 3.22).

O relevo do centro da estrutura é baixo e plano (Figura 3.23), enquanto as bordas são dissecadas com formas de relevo do tipo *cuestas* e *hogbacks* (Figuras 3.24 e 3.25) (ALMEIDA e PINHEIRO, 2007). Essa estrutura expõe rochas paleozoicas, de idade devoniana e carbonífera, da Bacia Paleozoica do Amazonas, que estão em contato, por meio de falhas, com rochas cretácicas da Formação Alter do Chão (CAPUTO et al., 1972). Segundo Nascimento et al. (1976), a origem dessa estrutura estaria relacionada a diapirismo magmático acompanhado de diques e soleiras jurotriássicas.

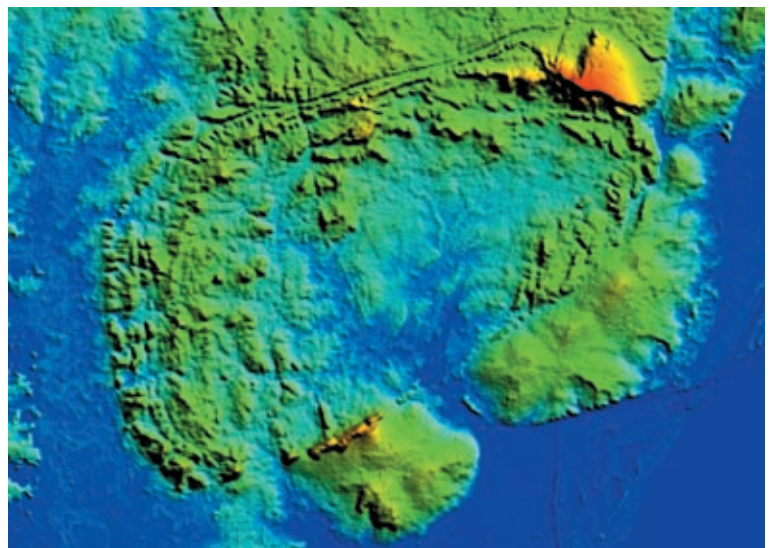


Figura 3.22 – Modelo digital de elevação (SRTM), realçando a feição circular em planta do Domo de Monte Alegre.





**Figura 3.23** – Relevo aplanado do centro do Domo de Monte Alegre; ao fundo, o conjunto de serras da borda leste.



**Figura 3.24** – Relevo colinoso da borda leste do Domo de Monte Alegre.



**Figura 3.25** – Vista de atrativo geoturístico denominado Morro do Pilão (ou Pay-tuna, que significa “lago das águas verdes” no idioma tupi), localizado na borda sudoeste do Domo de Monte Alegre; essas curiosas feições ruíniformes são sustentadas por arenitos da Formação Ererê e esculpidas por processo de erosão diferencial.

Os processos de franca esculturação desses baixos platôs também sugerem uma componente neotectônica, tendo em vista a configuração morfológica dos baixos cursos dos rios Xingu e Tapajós. Esses dois rios produzem imensas rias fluviais na medida em que atravessam os baixos platôs em direção ao rio Amazonas, com geração, inclusive, de rebordos erosivos (**R4e**) de mais de 50 m de desnivelamento no rio Tapajós. Tais feições foram designadas de “falésias fluviais” por Barbosa et al. (1974), enquanto Nascimento et al. (1976) sugerem a ocorrência de um gráben no baixo vale do rio Tapajós. Costa et al. (2001) e Bemerguy et al. (2002) corroboram as ideias anteriores e identificam estruturas de falhas normais nos vales dos rios Tapajós e Xingu. Desse modo, o rebaixamento de nível de base regional em determinado período do Neógeno e o encaixamento das modernas calhas desses dois grandes rios possibilitaram um desmonte efetivo dos baixos platôs e de grande parte da antiga superfície paleógena. O platô de Belterra, próximo a Santarém, configura notável remanescente dessa superfície.

No contexto regional, destaca-se, ainda, uma inversão de relevo entre os Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental (Cretáceo da Formação Alter do Chão), mais elevados que as Superfícies Aplainadas do Sul do Pará (Arqueano-Paleoproterozoico do Cráton Sul-Amazônico), estas inseridas na Depressão Amazônica.

Sobre esses terrenos desenvolve-se, originalmente, Floresta Ombrófila Densa de terras baixas sobre solos bem drenados e de baixa fertilidade natural, espessos e lixiviados, predominando Latossolos Amarelos distróficos. Ocorrem, subordinadamente, Argissolos Amarelos distróficos, Neossolos Quartzarênicos e Plintossolos Pétricos concrecionários. (IBGE e EMBRAPA, 2001).

Os terrenos representados pelos Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental mantêm preservada, em grande parte, sua cobertura florestal. Essa unidade apresenta grande potencial mineral para exploração de bauxita nos perfis lateríticos. As principais cidades que se situam adjacentes a essa unidade são portuárias, representadas pelos portos fluviais do rio Amazonas (Gurupá, Prainha, Santarém, Alenquer, Óbidos, Oriximiná e Juriti); do rio Xingu (Porto de Mós e Senador José Porfírio); e do rio Tapajós (Belterra e Aveiro).

### Planaltos Dissecados da Borda Norte da Bacia do Amazonas

Os Planaltos Dissecados da Borda Norte da Bacia do Amazonas (denominados Patamares Setentrionais da Borda da Bacia do Amazonas por IBGE, 1995) consistem em um longo alinhamento de planaltos descontínuos, com graus diferenciados de dissecção, recobertos por Matas de Terra Firme e ocupando uma estreita faixa da porção central do estado do Pará correspondente ao limite setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas.

A unidade consiste em terrenos mais elevados em escala regional e está delimitada, ao norte, pelas Superfícies

Aplainadas do Norte da Amazônia e, ao sul, pelos Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental. O contato entre as Superfícies Aplainadas do Norte da Amazônia e a presente unidade é demarcado por escarpas e rebordos erosivos bem definidos, voltados para NW. Os rios principais que cortam a unidade produzem gargantas epigênicas ou *perceés* (NASCIMENTO et al., 1976), tais como os rios Jari, Paru, Maicuru, Curuá, Paru do Oeste, Trombetas e Mapuera, e afluem, invariavelmente, para a calha do rio Amazonas em sentido preferencial norte-sul.

Esses planaltos dissecados abrangem um amplo conjunto de rochas sedimentares de distintas formações da sequência estratigráfica basal a intermediária de idade paleozóica da Bacia Sedimentar do Amazonas, variando entre o Ordoviciano e o Carbonífero. Desse modo, os processos de esculturação desse planalto situado em borda de bacia sedimentar apresentam grande diversidade morfológica, sendo controlados pela resistência diferencial dos distintos materiais frente aos processos de intemperismo e erosão.

Assim, os planaltos mais elevados, com topos aplainados ou francamente dissecados (**R2b3**), estão, invariavelmente, correlacionados aos arenitos muito resistentes de idade ordoviciano a devoniano da Formação Trombetas (Figura 3.26).

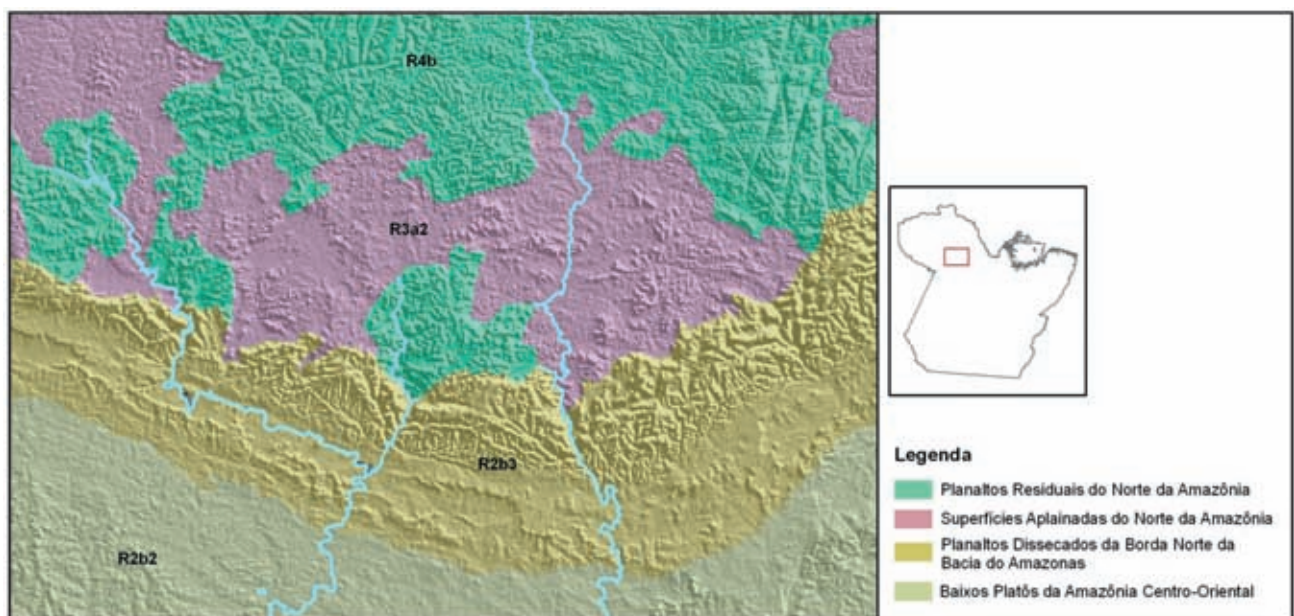
Registram-se, também, perfis lateríticos desenvolvidos sobre essas superfícies. Essas crostas ferruginosas certamente preservam o aspecto tabular de alguns dos planaltos devido a sua resistência frente aos processos de denudação do relevo pela ação erosiva. Esses terrenos estão alçados em cotas superiores a 250 m, sendo que as serras mais elevadas atingem cotas entre 500 e 800 m, tais como Azul, Jundiá e Jauru e o planalto de Maracanaquara. Essa última superfície apresenta, inclusive, altitudes correlacionáveis

às verificadas na serra dos Carajás, a qual apresenta topos planos datados do Neocretáceo.

Já os arenitos da Formação Jatapu e os arenitos e conglomerados da Formação Lontra, ambos de idade devoniana, geram relevos dissecados, posicionados no sopé do “planalto Trombetas” sob a forma de degraus litoestruturais (**R4e**). Por outro lado, os arenitos, folhelhos e siltitos das formações Ererê, Barreirinhas, Oriximiná, Faro, Monte Alegre e, em especial, os evaporitos e calcários da Formação Nova Olinda, todos de idade devoniana a carbonífera e menos resistentes ao intemperismo químico e à erosão, sofreram processos de arrasamento generalizado do relevo, estando modelados em superfícies de aplainamento (**R3a2**) notavelmente conservadas, posicionadas em cotas modestas, ainda mais baixas que as dos Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental (entre 50 e 150 m). Nesse contexto, apenas os diamictitos da Formação Curiri ressaltam-se na paisagem aplainada sob a forma de colinas dissecadas (**R4a2**), sustentando cotas entre 100 e 300 m.

Entretanto, em determinados trechos, esse pacote sedimentar pode ter sido soerguido, gerando um relevo dissecado em colinas e morros (**R4a2** e **R4b**) e apresentando, portanto, um relevo movimentado em altitudes variadas, entre 200 e 600 m. As gargantas epigênicas escavadas pelos rios que cortam essa unidade apresentam promissor potencial hidrelétrico.

Sobre os planaltos elevados predominam Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos e Neossolos Litólicos, podendo ocorrer, também, Plintossolos Pétricos. Sobre os terrenos mais rebaixados predominam Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos, com ocorrência subordinada de Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos, Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos, Neossolos Quartzarênicos órticos e, restritos a



**Figura 3.26** – Contato dos planaltos elevados dissecados da Borda Norte da Bacia do Amazonas com os Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental ao sul.

uma pequena área do vale do rio Jari, Nitossolos Vermelhos. (IBGE e EMBRAPA, 2001). Sobre esses terrenos desenvolve-se Floresta Ombrófila Densa e Aberta Submontana ou uma vegetação transicional entre Floresta e Cerrado (IBGE, 2004). A cobertura vegetal está conservada com impactos mínimos da intervenção humana, tendo em vista que o avanço da fronteira agrícola não alcançou o norte do Pará. Trata-se, portanto, de área pouco povoada. As únicas localidades nas imediações dessa unidade são Laranjal do Jari e Cachoeira Porteira, essa última junto ao rio Trombetas.

### Planaltos Dissecados da Borda Sul da Bacia do Amazonas

Os Planaltos Dissecados da Borda Sul da Bacia do Amazonas (denominados Patamares Meridionais da Borda da Bacia do Amazonas por IBGE, 1995) consistem em um extenso alinhamento de planaltos dissecados em cotas mais baixas que seus correlatos da Borda Norte da Bacia do Amazonas. Esses terrenos estão recobertos por Matas de Terra Firme e ocupam uma estreita faixa da porção central do estado do Pará, correspondente ao limite meridional da Bacia Sedimentar do Amazonas.

A unidade consiste em terrenos ligeiramente mais elevados em escala regional e está delimitada, ao norte, pelos Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental e, ao sul, pelas Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia. O contato entre as Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia e a presente unidade é demarcado por frentes de *cuestas* descontínuas voltadas para sul ou sudeste.

Assim como seus correlatos da Borda Norte da Bacia do Amazonas, esses planaltos dissecados abrangem amplo conjunto de rochas sedimentares de distintas formações da sequência estratigráfica basal a intermediária de idade paleozoica da Bacia Sedimentar do Amazonas, variando entre o Ordoviciano e o Carbonífero. Desse modo, os processos de esculturação desse planalto, situado em borda de bacia sedimentar, apresentam grande diversidade morfológica, sendo controlados pela resistência diferencial dos distintos materiais frente aos processos de intemperismo e erosão.

Assim, os terrenos mais elevados, caracterizados como planaltos dissecados (**R2b3**), estão embasados em arenitos, diamictitos e conglomerados resistentes de idade ordoviciana a devoniana das formações Trombetas, Lontra e Curuá. Frequentemente, rochas vulcânicas representadas por diabásios de idade jurássica da Formação Penatecaua também geram relevos positivos (**R4a2**). Esses terrenos estão alçados em cotas modestas entre 200 e 400 m.

Por outro lado, os arenitos, folhelhos, siltitos e calcários das formações Ererê, Monte Alegre e Itaituba e, em especial, os evaporitos e calcários da Formação Nova Olinda, todos de idade devoniana a carbonífera e menos resistentes ao intemperismo químico e à erosão, sofreram um processo mais efetivo de denudação do relevo, estando modelados em relevos colinosos (**R4a1**) (Figura 3.27) ou mesmo em superfícies aplainadas (**R3a2**). Esse conjunto de terrenos está embutido em uma longa e estreita depressão alongada, posicionada entre os planaltos dissecados supramencionados e os Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental (entre 30 e 150 m). Os rios Xingu e Tapajós cortam essa unidade em direção ao rio Amazonas. O sítio de implantação da Hidrelétrica de Belo Monte, no rio Xingu, está situado nessa unidade.

Sobre esses terrenos desenvolve-se, originalmente, Floresta Ombrófila Densa Submontana. Predominam solos espessos, bem drenados e de baixa fertilidade natural: os Latossolos Amarelos distróficos. Subordinadamente, ocorrem Argissolos Amarelos distróficos e Plintossolos Pétricos. Sobre os afloramentos do Diabásio Penatecaua desenvolvem-se, em manchas restritas, solos de boa fertilidade natural: os Nitossolos Vermelhos eutróficos. (IBGE e EMBRAPA, 2001).

Os terrenos representados pelos Planaltos Dissecados da Borda Sul da Bacia do Amazonas estão, em grande parte, desprovidos de sua cobertura florestal devido ao avanço da fronteira agrícola desde as primeiras agrovilas implantadas a partir da década de 1970, impulsionadas pelo vetor de penetração representado pela Rodovia BR-230 (Transamazônica), que atravessa, longitudinalmente, essa unidade. As principais cidades que se situam nessa unidade são: Altamira, Medicilândia, Uruará, Rurópolis e Itaituba.



**Figura 3.27** – Vista panorâmica do relevo colinoso sustentado por rochas da formação Ererê, em vicinal da BR-230 no município de Rurópolis. Fonte: Firmino Correia Júnior.



## Superfícies Aplainadas do Norte da Amazônia

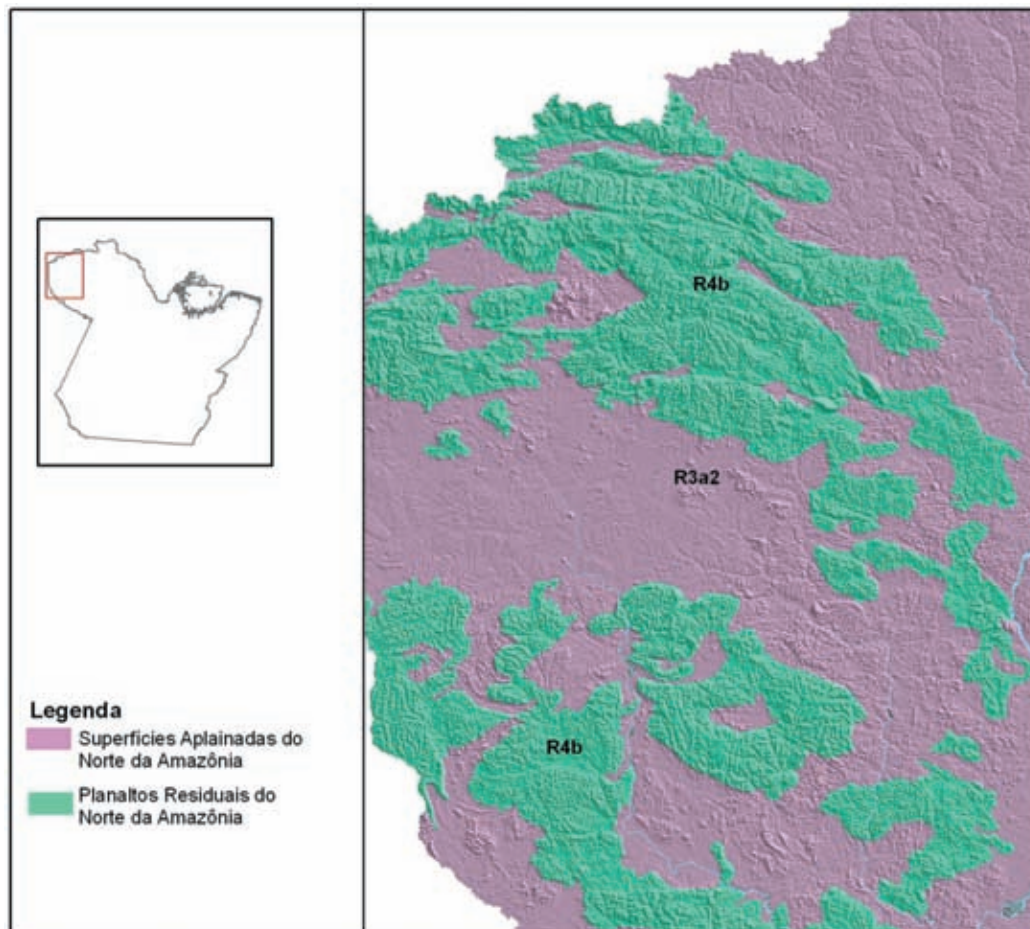
As Superfícies Aplainadas do Norte da Amazônia – outrora denominadas Depressão Interplanáltica do Sul das Guianas por Costa e Mello (1975) e posteriormente designadas Depressão da Amazônia Setentrional (IBGE, 1995) – constituem extenso domínio geomorfológico no norte-noroeste do estado do Pará. A unidade delimita-se, ao sul, com os Planaltos Dissecados da Borda Sul da Bacia do Amazonas; a leste, estende-se pelo estado do Amapá; a oeste, com os estados de Roraima e Amazonas; a norte, as Superfícies Aplainadas do Norte da Amazônia adentram pelos territórios da Guiana e do Suriname.

Essas extensas áreas, arrasadas por prolongados eventos de erosão generalizada conjugados a uma notável estabilidade tectônica em escala regional, apresentam cotas que variam entre 80 e 400 m que se elevam progressivamente de sul para norte e notabilizam-se pela ocorrência de extensas áreas aplainadas (**R3a2**) ou levemente entalhadas pela rede de drenagem (Figura 3.28). Nesse caso, as superfícies aplainadas são desfeitas em um relevo colinoso de baixa amplitude de relevo (**R4a1**). Tendo em vista

que as fases de arrasamento do relevo correspondem a longos períodos de maior aridez ao longo do Cenozoico, o atual clima quente e úmido da região tende a dissecar os aplainamentos previamente elaborados (AB’SABER, 1982; BIGARELLA e FERREIRA, 1985). De forma esparsa, ressaltam-se na paisagem montes isolados, alçados em cotas mais elevadas que a superfície aplainada, dando origem a *inselbergs* e demais feições residuais do relevo (**R3b**).

Toda a rede de drenagem apresenta um padrão predominantemente dendrítico e converge em sentido aproximado norte-sul desde a fronteira com Guiana e Suriname até a calha do rio Amazonas. Destaca-se, ainda, que essa vasta depressão encontra-se desnivelada por degraus erosivos (**R4e**), também dispostos em direção norte-sul, que seccionam a superfície de aplainamento em três distintas cotas altimétricas:

- Porção rebaixada a oeste, abrangendo as bacias dos rios Mapuera, Trombetas e Paru do Oeste, onde as superfícies aplainadas nivelam-se em cotas entre 80 e 270 m. Entre as bacias dos rios Paru do Oeste e do Curuá emerge um longo e contínuo degrau erosivo (de 100 a 150 m de desnivelamento) que divide, parcialmente, as duas bacias de drenagem. Todavia, o alto curso do rio Paru do Oeste situa-



**Figura 3.28** – Contato entre o relevo de áreas aplainadas das Superfícies Aplainadas do Norte da Amazônia e da morfologia de morros e serras dos Planaltos Residuais do Norte da Amazônia.

-se na porção mais elevada da superfície de aplainamento e, posteriormente, desce pelo rebordo erosivo, drenando a área mais rebaixada a oeste.

- Porção central mais elevada, abrangendo as bacias dos rios Curuá e Maicuru e o alto curso dos rios Paru e Paru do Oeste, onde as superfícies aplainadas nivelam-se em cotas entre 250 e 400 m. Entre as bacias dos rios Maicuru e o médio vale do Paru emerge outro extenso degrau erosivo, ainda que descontínuo, com desnivelamentos entre 50 e 150 m, que divide, parcialmente, as duas bacias de drenagem. Todavia, o alto curso do rio Paru, assim com seu homônimo do oeste, situa-se na porção mais elevada da superfície de aplainamento e, posteriormente, desce pelo rebordo erosivo, drenando a área mais rebaixada a leste.

- Porção rebaixada a leste, abrangendo as bacias dos rios Paru e Jari, onde as superfícies aplainadas nivelam-se em cotas entre 130 e 300 m.

As superfícies aplainadas abrangem, portanto, terrenos arrasados do Escudo das Guianas, constituídos por um embasamento ígneo-metamórfico cratônico de idade arqueana a paleoproterozoica. Ressalta-se, nesse contexto, o embasamento metamórfico arqueano representado por gnaisses tonalíticos, granodioríticos e charnockíticos, migmatitos e anfibolitos dos complexos Guianense e Baixo Mapari; os plútons graníticos de idade paleoproterozoica, representados pelas suítes intrusivas Água Branca, Mapuera e Carecuru (sienogranitos, monzogranitos, granodioritos, tonalitos, monzonitos e dioritos) e por rochas vulcânicas ácidas de idade paleoproterozoica representadas pelo Grupo Iricoumé.

Sobre essa região desenvolve-se Floresta Ombrófila Densa Submontana, com solos espessos, bem drenados e de baixa fertilidade natural, predominando Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos. Ocorrem, subordinadamente, Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos. De forma mais restrita ocorrem Plintossolos Háplicos distróficos e Neossolos Quartzarênicos (IBGE e EMBRAPA, 2001).

Os terrenos ocupados pelas Superfícies Aplainadas do Norte da Amazônia estão quase que inteiramente cobertos por Floresta Amazônica preservada (destaca-se, contudo, uma extensa área de cerrado nativo no alto vale do rio Paru do Oeste), devido à sua inacessibilidade e à existência de extensas terras indígenas e do Parque Nacional do Tumucumaque. Apenas pequenos povoados indígenas ocupam essa vasta região.

### Planaltos Residuais do Norte da Amazônia

Os Planaltos Residuais do Norte da Amazônia (segundo a denominação do Mapa Geomorfológico do Brasil (IBGE, 1995) representam um relevo acidentado, modelado em morros e serras (**R4b** e **R4c**), com presença de formas de relevo colinosas (Figura 3.28) mais dissecadas e rebaixadas (**R4a2**). Destacam-se, ainda, esparsas superfícies planálticas com topos aplainados, sustentadas por formações detrito-lateríticas (**R2b3** e **R2c**). Esse conjunto de planaltos

dissecados ocorre de forma disseminada em meio às vastas Superfícies Aplainadas do Norte da Amazônia e apresenta configurações morfológicas muito variadas, podendo se caracterizar como relevos serranos imponentes, com aspecto montanhoso, ou como extenso domínio de morros elevados, muitos dos quais com topos aplainados capeados por perfis lateríticos. Os relevos mais expressivos são representados pelas serras de Acari e de Tumucumaque. Destacam-se, ainda, as serras do Cachorro, Mapuera, Maicuru, Ipitinga e Urucupatá. Todavia, invariavelmente, esses relevos movimentados apresentam vertentes íngremes e vales incisos e aprofundados, com densidade de drenagem média a alta. Tal conjunto de formas de relevo demonstra um aspecto residual de planalto profundamente erodido em meio às vastas superfícies aplainadas do Escudo das Guianas.

As esparsas ocorrências de superfícies planas e elevadas, mantidas por lateritas em forma de curtos platôs, atestam o desenvolvimento pretérito de uma antiga superfície que foi totalmente destruída. Costa e Melo (1975) atestam, sobre esses platôs lateríticos, a formação de lagos, sugerindo uma antiga condição de paleoclima seco e drenagem endorreica. Esses autores indicam que essa superfície do topo dos planaltos tenha idade paleógena, devido a se situar em cotas mais baixas que as da serra do Acari (situada na fronteira Roraima-Guiana), esta gerada no Cretáceo em conjunto com o gráben do Tacutu. Costa e Melo (1975) também observam evidências de uma tectônica cenozoica no norte do Pará, denunciada por escarpas de falha e face-tas triangulares delimitando os rebordos da serra de Acari.

Ressaltam-se, nesse contexto, vários conjuntos de topografia mais elevada, em cotas que variam entre 400 e 600 m, com picos que atingem mais de 800 m de altitude na serra do Tumucumaque, em meio às terras baixas amazônicas, com cotas inferiores a 300 m. Os terrenos mais elevados do planalto residual estão, em geral, esculpido em litologias mais resistentes à erosão, que se impuseram aos longos episódios de arrasamento generalizado do relevo, os quais modelaram as vastas superfícies de aplainamento adjacentes.

Esse domínio geomorfológico abrange, portanto, terrenos acidentados do Escudo das Guianas, constituídos pelo embasamento ígneo-metamórfico cratônico de idade arqueana a paleoproterozoica. Os conjuntos litológicos principais são as rochas ígneas intrusivas de idade paleoproterozoica da Suíte Mapuera e, subordinadamente, das suítes Uaiãpi e Igarapé Urucu (granitos, sienogranitos, monzogranitos e charnockitos). Ocorrem, também, sobre rochas do embasamento metamórfico arqueano representado por gnaisses granodioríticos e charnockíticos e migmatitos dos complexos Guianense e Baixo Mapari.

Destacam-se, ainda, de forma mais restrita, rochas metamáficas e metaltramáficas dos grupos Ipitinga e Treze de Maio, além de corpos de gabros indiferenciados e rochas sedimentares de antigas coberturas plataformais do Grupo Urupi (quartzarenitos). Todas essas litologias apresentam idade paleoproterozoica e geram relevos positivos.

Nesses terrenos, os solos são, em geral, de espessura variável, pobres e bem drenados, ocupados por Floresta Ombrófila Densa Submontana e Montana (IBGE, 2004), sob clima equatorial úmido.

Predominam Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos. Ocorrem, subordinadamente, Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos e Plintossolos Pétricos. Todavia, nas vertentes mais íngremes dominam Neossolos Litólicos distróficos. Sobre as rochas máficas desenvolvem-se Argissolos Vermelhos eutróficos e Cambissolos eutróficos (IBGE e EMBRAPA, 2001).

Assim como as superfícies aplainadas subjacentes, os terrenos ocupados pelo Planalto Residual do Norte da Amazônia estão integralmente ocupados por floresta preservada em áreas de terras indígenas e do Parque Nacional do Tumucumaque.

### Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia

As Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia (outrora denominadas Depressão Periférica do Sul do Pará por Boaventura (1974) e posteriormente designadas Depressão da Amazônia Meridional por IBGE, 1995) constituem extenso domínio geomorfológico que abrange vastas áreas do centro-sul do estado do Pará. Essa unidade delimita-se, ao norte, com os Planaltos Dissecados da Borda Sul da Bacia do Amazonas; a leste, com a Depressão do Baixo Tocantins-Araguaia; a oeste, com o Planalto Dissecado do Tapajós; a sudoeste, com a Chapada do Cachimbo; ao sul, essa unidade se estende pelo estado do Mato Grosso. Em meio a esse amplo domínio geomorfológico ressalta-se um conjunto de planaltos e serras isoladas que consiste nos Planaltos Dissecados do Sul da Amazônia.

Assim como seus congêneres do norte da Amazônia, essas superfícies aplainadas são áreas arrasadas por prolongados eventos de erosão generalizada, conjugados com notável estabilidade tectônica em escala regional durante grande parte do Cenozoico, e possuem cotas que variam entre 100 e 400 m que se elevam progressivamente de norte para sul. Esse domínio geomorfológico apresenta um notório predomínio de superfícies aplainadas (**R3a2**). Apenas no interflúvio Xingu-Tapajós a ampla superfície de aplainamento encontra-se dissecada em um relevo colinoso (**R4a1** e **R4a2**). Destaca-se, ainda, significativo número de feições residuais em meio às superfícies aplainadas, tais como agrupamentos de *inselbergs*, pequenas cristas, *hogbacks* ou baixos alinhamentos de morrotes (**R3b**) (Figura 3.29). Toda a rede de drenagem apresenta um padrão dendrítico a subdendrítico e converge em sentido aproximado sul-norte desde a divisa com o Mato Grosso até a calha do rio Amazonas, primordialmente sobre as bacias dos rios Tapajós e Xingu-Iriri.

Os rios Xingu e Araguaia, assim como sua rede tributária, exibem distintas anomalias de drenagem associadas à neotectônica, tais como cotovelos de drenagem e segmentos retilinizados (COSTA et al., 1996b).

Desse modo, podemos avaliar que as Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia no estado do Pará, posicionadas invariavelmente em cotas modestas, experimentaram apenas pequena epirogênese pós-cretácica seguida de intenso e bem elaborado aplainamento durante o Neógeno. Entretanto, essa vasta superfície aplainada, pontilhada de *inselbergs*, sofreu incipiente dissecação holocênica sob clima úmido, o que lhe conferiu aspecto levemente ondulado (Figura 3.30), por vezes, desfeito em colinas suaves de topo plano.

As Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia abrangem, portanto, terrenos arrasados do Escudo Sul-Amazônico, constituídos por embasamento ígneo-metamórfico cratônico, de idade arqueana a paleoproterozoica.

O substrato rochoso que aflora sobre as superfícies aplainadas é muito diversificado e compreende rochas metamórficas, tais como os ortognaisses do Complexo Xingu, assim como paragnaisses, granulitos, tonalitos, trondhjemitos e granodioritos (série TTG). Afloram também em vastas áreas as rochas vulcânicas ácidas do Grupo Iriri (riolitos e dacitos) e rochas graníticas dos grupos Parauari e Creporizão. Os *inselbergs*, assim como todo o conjunto de relevos residuais, por sua vez, estão sustentados, preferencialmente, por granitos pós-tectônicos indiferenciados e, subordinadamente, por quartzarenitos e arenitos líticos da Formação Triunfo. Ocorrem, também, relevos residuais sobre rochas graníticas dos grupos Parauari e Maloquinha, assim como sobre as rochas efusivas ácidas dos grupos Iriri e Salustiano.

Sobre esses terrenos se desenvolvem solos pobres e bem drenados, ocupados por Matas de Terra Firme (Floresta Ombrófila Densa ou Aberta Submontana). Destaca-se a



Figura 3.29 – Vista panorâmica do relevo aplainado com alinhamento de morros e serras baixas ao fundo (rodovia PA-275, entre os municípios de Curionópolis e Parauapebas).





**Figura 3.30** – Vista panorâmica do relevo aplainado com aspecto levemente ondulado (rodovia BR-163, município de Novo Progresso).  
Fonte: Junny Kyley de Oliveira.

ocorrência de pequenas e esparsas manchas de vegetação transicional para cerrado no sudeste do Pará (IBGE, 2004), além de amplo domínio de Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos, com ocorrência subordinada de Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos. Ressalta-se, ainda, a ocorrência esparsa de Neossolos Litólicos e Afloramentos de Rocha (restritos aos *inselbergs*); Gleissolos e Neossolos Flúvicos (restritos às exíguas planícies aluviais, que se desenvolvem esporadicamente ao longo das calhas dos rios Xingu, Iri e Curuá); solos de boa fertilidade natural, como Nitossolos Vermelhos e Argissolos Vermelhos eutróficos (aparentemente associados ao afloramento de andesitos e traquitos da Formação Sobreiro, nas cercanias de São Félix do Xingu) (IBGE e EMBRAPA, 2001).

Os terrenos ocupados pelas Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia estão, em grande parte, ocupados por Floresta Amazônica preservada. Contudo, a despeito da implantação de extensas áreas de terras indígenas, deve-se ressaltar o avanço iminente da fronteira agrícola sobre essa vasta região (principalmente no sudeste do estado) e a consolidação de novos vetores de penetração, como as rodovias BR-163 (Cuiabá-Santarém) e PA-279 (Xinguará-São Félix do Xingu).

Destacam-se, ainda, os impactos ambientais decorrentes do avanço da fronteira mineral na província aurífera do Tapajós, principalmente os relacionados à contaminação da rede de canais por mercúrio.

As principais cidades que ocupam essa região são: Trairão, Novo Progresso, Novo Repartimento, Pacajás, Anapu, Xinguará, Ourilândia do Norte, Tucumã, São Félix do Xingu, Rio Maria, Pau d'Arco e Redenção.

### Planaltos Residuais do Sul da Amazônia

Os Planaltos Residuais do Sul da Amazônia (englobando as denominações Planaltos Residuais do Sul da Amazônia e Serras do Sul do Pará, segundo IBGE, 1995)

exibem um diversificado conjunto de padrões de relevo composto por alinhamentos serranos imponentes, com aspecto montanhoso, agrupamentos de morros e serras baixas e um conjunto de platôs isolados dispostos em distintos arranjos litoestruturais (**R2b3**, **R4b** e **R4c**) imersos em meio às vastas Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia. Esses conjuntos de relevos acidentados apresentam vertentes declivosas, ora fortemente dissecadas por uma rede de alta densidade de drenagem, ora preservando topos aplainados em esparsas superfícies planálticas, remanescentes de antigas superfícies de erosão.

Boaventura (1974) ressaltava a ocorrência de lateritas nos topos desses platôs (500 a 700 m), atestando sua gênese a uma antiga superfície de aplainamento. Nesse caso, observam-se, atualmente, remanescentes de uma outrora vasta superfície de idade cretácica a paleógena que teria abrangido as serras dos Carajás, de Cubencraquém, do Gradaús, do Gorotire e de Casa de Pedra.

Todo esse conjunto de formas de relevo demonstra profunda dissecação e arrasamento de um planalto intensamente erodido, apresentando caráter residual, em meio às vastas superfícies aplainadas do Escudo Sul-Amazônico. Os relevos mais expressivos são representados pelas serras do Escalado, do Cerrado, da Fortaleza, da Seringa, do Gorotire, de Casa de Pedra, de Cubencranquém e do Gradaús, dentre outras.

Ressaltam-se, nesse contexto, vários conjuntos de topografia mais elevada, em cotas que variam entre 350 e 750 m, em meio às terras baixas amazônicas, com cotas inferiores a 300 m. Os terrenos mais elevados do planalto residual estão, em geral, esculpido em litologias mais resistentes à erosão, que se impuseram aos longos episódios de arrasamento generalizado do relevo, os quais modelaram as vastas superfícies de aplainamento adjacentes.

Os planaltos residuais abrangem, portanto, terrenos acidentados do Escudo Sul-Amazônico, constituídos por embasamento ígneo-metamórfico e coberturas sedimen-



tares cratônicas de idade arqueana a paleoproterozoica. Os conjuntos litológicos principais são rochas graníticas de idade paleoproterozoica, caracterizadas por sienogranitos, monzogranitos e granodioritos das suítes intrusivas João Jorge, Parauari (Figuras 3.31 e 3.32), Maloquinha e Creporizão; pelos plútons Antônio Vicente, Xinguara, Redenção e Seringa, além de diversos corpos graníticos indiferenciados e charnockitos. Destacam-se, também, rochas metavulcânicas de idade arqueana da Formação Parauapebas; rochas vulcânicas ácidas paleoproterozoicas dos grupos Iriri e Salustiano (riolitos e dacitos) e rochas sedimentares paleo-

proterozoicas representadas por quartzarenitos, arenitos líticos, grauvasas líticas e conglomerados das formações Triunfo, Castelo dos Sonhos, Cubencranquém e Gorotire. Sobre essas coberturas sedimentares situam-se os planaltos isolados de topos planos descritos anteriormente.

Nesses terrenos, os solos são, em geral, pouco profundos, ocupados por Floresta Ombrófila Aberta Submontana e por manchas de Cerrado (IBGE, 2004), sob clima equatorial úmido a subúmido. Destaca-se o amplo domínio de Neossolos Litólicos e Afloramentos de Rocha, com ocorrência subordinada de Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos, Neossolos Quartzarênicos e Cambissolos Háplicos, assim como de solos de boa fertilidade natural, como Nitossolos Vermelhos (IBGE e EMBRAPA, 2001). Os terrenos ocupados pelo Planalto Residual do Sul da Amazônia estão integralmente ocupados por Floresta Amazônica preservada, muitos dos quais inseridos em áreas de terras indígenas.



**Figura 3.31** – Vista panorâmica, a partir da margem esquerda do rio Jamanxim (localidade Jardim do Ouro), do agrupamento de morros e serras baixas sustentados por rochas da suíte intrusiva Parauari. Fonte: Junny Kley de Oliveira.



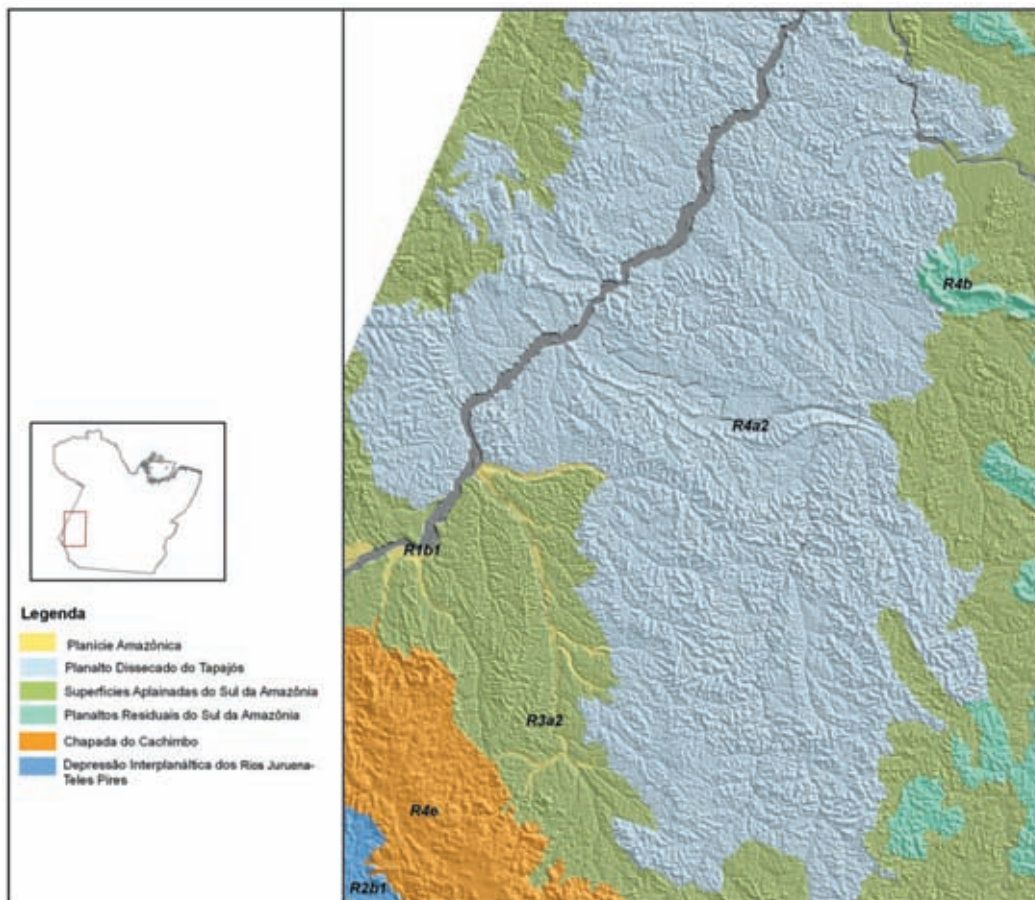
**Figura 3.32** – Detalhe da forte dissecação do relevo pela rede de drenagem em rochas da suíte intrusiva Parauari (localidade Ouro Mil, município de Itaituba). Fonte: Junny Kley de Oliveira.

### Planalto Dissecado do Tapajós

O Planalto Dissecado do Tapajós, designado como Planalto do Tapajós (IBGE, 1995), caracteriza-se por extensa região movimentada, modelada em colinas dissecadas e morros (**R4a2** e **R4b**). Essa unidade ocupa uma porção do médio vale do rio Tapajós, próximo à divisa com o estado do Amazonas, estando posicionada a oeste do vale do rio Jamanxim. As principais bacias hidrográficas que drenam a unidade são as dos rios Crepori e Ratão. A unidade delimita-se, a sul, oeste e leste com as Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia; a norte, com os Planaltos Dissecados da Borda Sul da Bacia do Amazonas.

Esse conjunto de formas de relevo resulta de uma maior resistência desses terrenos frente ao arrasamento generalizado do relevo que elaborou as superfícies de aplainamento no sul do Pará (Figura 3.33).

Ressalta-se, nesse contexto, o predomínio de rochas ígneas de idade paleoproterozoica representadas pelas suítes intrusivas Parauari, Maloquinha, Creporizão e Tropas (sienogranitos, monzogranitos, granodioritos e tonalitos). Afloram, também, rochas ígneo-metamórficas do Complexo Cuiú-Cuiú (granitos, ortognaisses e migmatitos), coberturas sedimentares da Formação Buiçu (arcóseos, arenitos líticos e conglomerados), rochas máficas da Suíte Intrusiva Ingarana (gabros e noritos) e rochas vulcânicas ácidas da Formação Salustiano (riolitos e dacitos). Esses terrenos dissecados apresentam cotas modestas que variam entre 150 e 400 m.



**Figura 3.33** – Contato entre o relevo de colinas dissecadas do Planalto Dissecado do Tapajós e a Superfície Aplainada do Sul da Amazônia.

Sobre esses terrenos desenvolve-se, originalmente, Floresta Ombrófila Densa Submontana (IBGE, 2004) sobre solos bem drenados e de baixa fertilidade natural, predominando Latossolos Amarelos distróficos e Argissolos Amarelos distróficos. Ocorrem, subordinadamente, Nitossolos Vermelhos, associados a afloramentos de rochas máficas (IBGE e EMBRAPA, 2001).

Os terrenos representados pelo Planalto Dissecado do Tapajós estão, em grande parte, ocupados por Floresta Amazônica preservada. Um processo ainda incipiente de ocupação humana se desenrola ao longo da Rodovia BR-230 (Transamazônica), entre as cidades de Ituiutaba e Jacareacanga, atravessando a unidade em questão.

### Serra dos Carajás

Essa unidade se notabiliza do conjunto dos Planaltos Residuais do Sul da Amazônia devido a sua grande extensão, sua natureza geológica (essa unidade foi modelada em um grande *greenstone belt* de idade arqueana e preservada no interior do Cráton Amazônico) e porque consiste em uma das maiores províncias minerais polimetálicas do planeta, com jazidas de ferro, manganês, cobre e ouro, dentre outros. O Mapa Geomorfológico do Brasil (IBGE, 1995)

agrupa essa unidade no domínio das serras do sul do Pará.

A unidade geomorfológica Serra dos Carajás se caracteriza por um relevo movimentado de um conjunto de morros elevados (Figura 3.34), por vezes apresentando aspecto montanhoso (**R4b** e **R4c**), frequentemente encimado por superfícies tabulares (Figura 3.35) sustentadas por cangas lateríticas (**R2c**). Esses esparsos platôs atestam uma antiga superfície de aplainamento de idade neocretácica (VASCONCELOS, 1996), posteriormente dissecada ao longo do Cenozoico. Esses terrenos estão recobertos por Matas de Terra Firme (exceto nos afloramentos de canga) e ocupam uma área na porção sudeste do estado do Pará. A unidade se ressalta, topograficamente, em meio às Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia.

Os platôs capeados por cangas lateríticas (**R2c**) caracterizam-se por superfícies planas e elevadas, alçadas pela epirogênese pós-cretácica e mantidas por erosão diferencial (as cangas formam duras cornijas que retardam o processo de dismantelamento e destruição dos platôs) em cotas que variam entre 600 e 750 m. Por outro lado, o piso das superfícies aplainadas adjacentes apresenta cotas baixas (entre 200 e 300 m). Assim, a denudação da serra dos Carajás gera um relevo acidentado com desnivelamentos altimétricos totais entre 300 e 400 m entre os topos



dos platôs e os fundos dos vales dos tributários dos rios Itacaiúnas e Parauapebas. Destacam-se, ainda, relevos escarpados (**R4d**), tanto na borda sul quanto na borda norte da unidade, e imponentes gargantas epigênicas (*water gaps*) escavadas pelos rios Itacaiúnas e Parauapebas no interior da serra dos Carajás. A superimposição dessas gargantas epigênicas reforça a hipótese de sobre-elevação da antiga superfície dos topos dos platôs de idade neocretácica devido ao soerguimento pós-cretácico.

A unidade Serra dos Carajás abrange, portanto, terrenos movimentados no interior do Escudo Sul-Amazônico,



**Figura 3.34** – Vista panorâmica do conjunto de morros elevados da serra dos Carajás, onde está situada a área de mineração de ferro da Vale (sudeste do estado do Pará). Fonte: Carlos Lessa (<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=376677>)



**Figura 3.35** – Vista parcial de topo de morros elevados com superfície plana na área do Núcleo Urbano de Carajás.

sustentados por um embasamento arqueano constituído por complexa sequência metavulcanossedimentar representada por rochas metavulcânicas das formações Parauapebas e Aquiri; rochas metamáficas e formações ferríferas bandadas do Grupo Rio Novo; formações ferríferas bandadas da Formação Carajás; rochas sedimentares (quartzoarenitos e conglomerados) da Formação Águas Claras. Esse substrato foi, posteriormente, intrudido por plútons graníticos de idade arqueana a paleoproterozoica representados por sienogranitos, monzogranitos e granodioritos dos granitos Estrela, Serra dos Carajás e Plaquê.

Sobre esses terrenos desenvolve-se, originalmente, Floresta Ombrófila Densa ou Aberta Submontana, com manchas de cerrados sobre as cangas (IBGE, 2004), sobre solos bem drenados, lixiviados, de espessura variável e baixa fertilidade natural, predominando Latossolos Vermelhos distróficos. Ocorrem, subordinadamente, Plintossolos Pétricos concrecionários e Neossolos Litólicos distróficos (IBGE e EMBRAPA, 2001).

Grande parte da serra dos Carajás mantém a Floresta Amazônica preservada (excetuando-se as restritas áreas diretamente afetadas pela exploração mineral). Todavia, sua região de influência (representada pela hinterlândia de Marabá, como os municípios de Parauapebas, Eldorado dos Carajás, Curionópolis e Canaã dos Carajás) sofre um tríplice impacto econômico: expansão da fronteira agrícola, implantação de grande empreendimento de extrativismo mineral (Complexo Grande Carajás) e de um conjunto de guseiras ao longo da Estrada de Ferro Carajás.

Em consequência, essa área apresenta um estágio avançado de degradação da cobertura florestal. Bolsões de pobreza e conflitos sociais e territoriais são particularmente relevantes nessa região, devido a ações conflitantes entre a Vale, pequenas guseiras, os grupos sociais que migraram para a região, garimpeiros e o poder público.

### Chapada do Cachimbo

A Chapada do Cachimbo (denominada Planalto do Cachimbo por IBGE, 1995) representa extensas superfícies tabulares que ocupam a porção sul-sudoeste do estado do Pará, correspondente à área abrangida por extensa cobertura plataformal que jaz sobre o Cráton Amazônico. A unidade estende-se pelo norte do Mato Grosso e sobressalta-se, topograficamente, estando englobada pelas Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia.

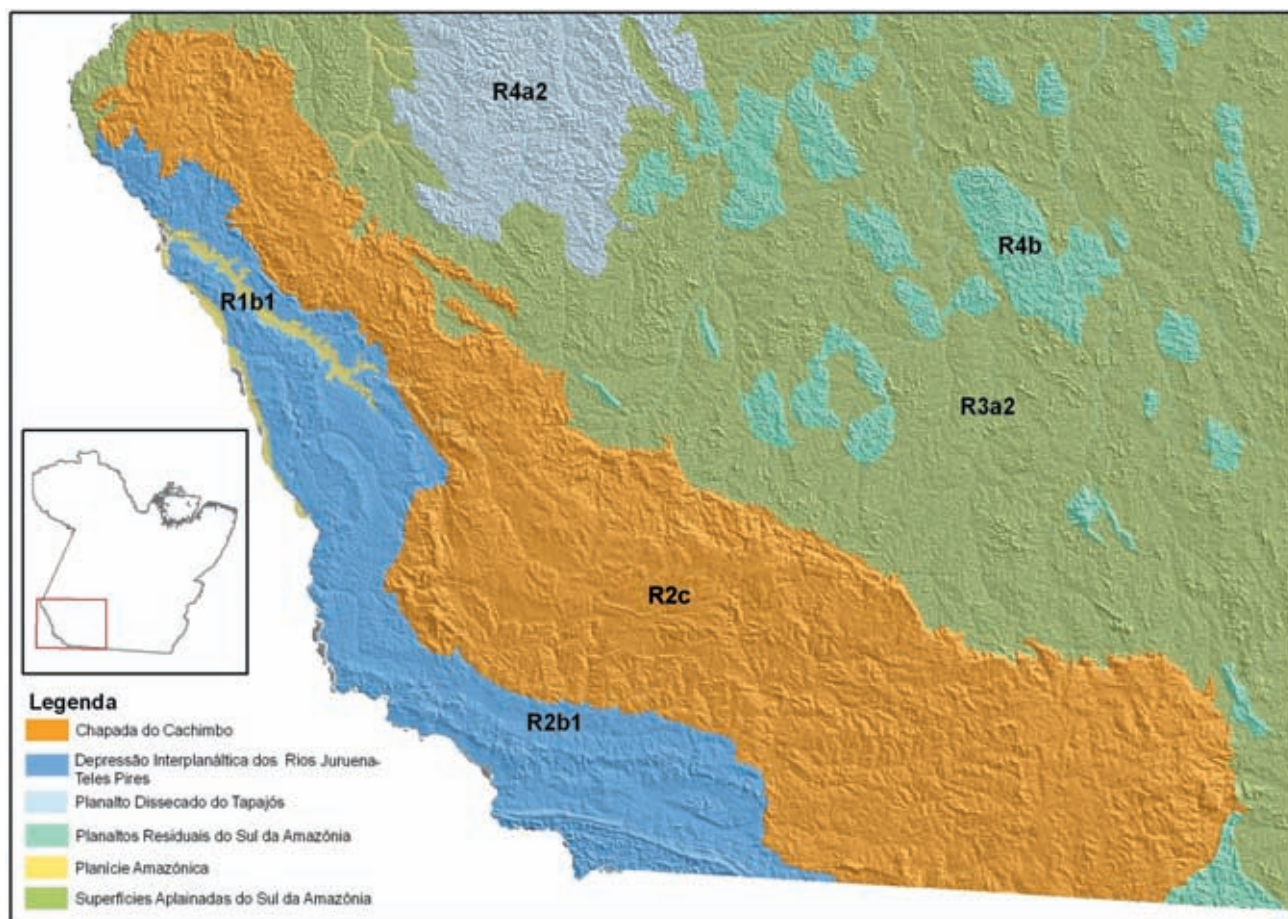
Na Chapada do Cachimbo destaca-se uma superfície cimeira não dissecada de topos planos (**R2c**), alçada em cotas entre 500 e 650 m. Neste estudo, essa superfície é correlacionada ao topo dos platôs da serra dos Carajás, de idade neocretácica. Logo abaixo da superfície cimeira espalha-se um extenso planalto levemente dissecado (**R2b3**) (Figura 3.36), resultante de uma suave desnudação da superfície mais elevada, estando posicionado em cotas que variam entre 300 e 550 m. Esses terrenos apresentam solos espessos, pobres e fortemente drenados, de textura arenosa.

A Chapada do Cachimbo configura-se, portanto, em um vasto planalto muito dissecado, cujas altitudes decrescem ligeiramente de norte para sul. Devido a esse fato, a unidade apresenta grande relevo homoclinal, com vertentes dissimétricas, no qual sua face norte é delimitada por uma abrupta escarpa erosiva (**R4d**) com desnivelamentos em torno de 200 a 400 m, enquanto sua face sul é bordejada por um escalonado rebordo erosivo (**R4e**), com amplitudes topográficas mais modestas (entre 100 e 200 m). A rede de drenagem principal, por conseguinte, drena a chapada de norte para sul, com suas cabeceiras junto à borda norte, como os rios Cururu, São Benedito e Cristalino, todos tributários do rio Teles Pires.

A Chapada do Cachimbo abrange, portanto, terrenos planos e elevados, sustentados por coberturas sedimentares no interior do Escudo Sul-Amazônico, constituídos por rochas de idade paleozoica (em uma sequência sedimentar que se estende do Devoniano ao Permiano), composta por arenitos e siltitos e, subordinadamente, argilitos, ritmitos e calcilitos das formações Capoeiras, São Manuel e Igarapé Ipixuna.

Esses terrenos estão situados em uma zona de transição fitoecológica, em solos muito permeáveis, com predomínio de vegetação transicional entre Floresta e Cerrado, com manchas de Floresta Estacional Decídua e de Cerrado, ou mesmo de vegetação endêmica da própria Chapada do Cachimbo (IBGE, 2004). Predominam, nesse contexto, Neossolos Quartzarênicos Órticos. Ocorrem, subordinadamente, Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos; Argissolos Vermelhos distróficos; Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos e Neossolos Litólicos distróficos. Nas escarpas erosivas da face norte da Chapada do Cachimbo predominam Afloramentos de Rocha (IBGE e EMBRAPA, 2001).

Os terrenos representados pela Chapada do Cachimbo mantêm preservada, em quase sua totalidade, sua cobertura vegetal original. Na região, destaca-se o povoado do Cachimbo, situado na porção leste da chapada, junto à Rodovia BR-163.



**Figura 3.36** – Contato entre o relevo de planaltos dissecados da Chapada do Cachimbo e os baixos platôs da Depressão Interplanáltica dos Rios Juruena-Teles Pires, no sudoeste do estado do Pará.



## Depressão Interplanáltica dos Rios Juruena-Teles Pires

Apenas na divisa com o estado de Mato Grosso esses terrenos apresentam cotas mais baixas, além de relevos residuais, como a serra dos Apiacás, um relevo individualizado pelo IBGE (1995).

A Depressão Interplanáltica dos Rios Juruena-Teles Pires (seguindo denominação conferida por IBGE, 1995) situa-se na divisa com o estado de Mato Grosso, estendendo-se por esse estado. Consiste em terrenos posicionados em cotas mais baixas que os da Chapada do Cachimbo, situada imediatamente a norte. Essa unidade está representada por baixos platôs (**R2b1**) (Figura 3.36) e superfícies aplainadas (**R3a2**). Ressalta-se a ampla planície aluvial do rio Cururu (**R1a**). Ocorrem, também, serras residuais (**R4b**), como a serra dos Apiacás, sustentadas por rochas mais resistentes ao intemperismo e à erosão.

O piso da Depressão Interplanáltica dos Rios Juruena-Teles Pires está posicionado em cotas entre 100 e 200 m, enquanto a crista da serra dos Apiacás eleva-se em cotas entre 300 e 400 m. Essa unidade, no estado do Pará, é drenada pelos rios Cururu, Cururu-Açu, São Benedito e Teles Pires.

Os baixos platôs e as superfícies aplainadas foram modelados sobre as coberturas sedimentares paleozoicas que ocorrem na Chapada do Cachimbo, compostas por arenitos e siltitos e, subordinadamente, ritmitos e calcilitos das formações São Manuel e Igarapé Ipixuna. Os relevos residuais estão sustentados por uma sequência vulcanossedimentar de idade paleoproterozoica do Escudo Sul-Amazônico, representada por andesitos, dacitos e riolitos do Grupo Colíder e por arenitos líticos e conglomerados do Grupo Beneficente.

Esses terrenos estão situados em zona de vegetação transicional entre Floresta e Cerrado, com manchas de Floresta Ombrófila Aberta (IBGE, 2004). Predominam solos espessos, lixiviados e de baixa fertilidade natural, como Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos e Neossolos Quartzarênicos Órticos. Sobre a ampla planície aluvial do rio Cururu desenvolvem-se Gleissolos distróficos, enquanto nas serras isoladas predominam Neossolos Litólicos distróficos (IBGE e EMBRAPA, 2001). A cobertura vegetal original nessa unidade está praticamente preservada, em uma região desprovida de aglomerados urbanos.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, A.N. Problemas geomorfológicos da Amazônia brasileira. In: LENT, H. (Ed.). **Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica**. Rio de Janeiro: CNPq, 1967. v. 1. p. 35-68.

AB'SABER, A.N. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. **Orientação**, São Paulo, n. 3, p. 45-48, 1969.

AB'SABER, A.N. The paleoclimate and paleoecology of Brazilian Amazonia. In: PRANCE, G.T. (Ed.). **Biological diversification in the tropics**. New York: Columbia University Press, 1982. p. 41-59.

AB'SABER, A.N. A base de conhecimento sobre os paleoclimas modernos da Amazônia. **Ciência Hoje**, v. 16, n. 93, p. 1-3, 1993.

ABSY, M.L.; CLEEF, A.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SERVANT, M.; SIFEDDINE, A.; FERREIRA da SILVA, M.; SOUBIÈS, F.; SUGUIO, K.; TURCQ, B.; VAN der HAMMEN, T. Mise en évidence de quatre phases d'ouverture de la forêt dense dans le sud-est de l'Amazonie au cours des 60.000 dernières années. **Comptes Rendus Academie des Sciences**, Paris, série II 312, p. 673-678, 1991.

ALMEIDA, F.F.M. Origem e evolução da plataforma brasileira. **Bol. Div. Geol. Mineral**, DNPM, Rio de Janeiro, n. 241, p. 5-36, 1967.

ALMEIDA, C.; PINHEIRO, R.V.L. O papel das falhas na história tectônica do domo de Monte Alegre, bacia do médio Amazonas, PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS – PDPETRO, 4., 2007, Campinas. **Anais...** São Paulo: ABPG, 2007, p. 1.10189.1-1 a 1.10189.1-8.

BARBOSA, G.V.; NOVAES PINTO, M. Geomorfologia. In: BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SA.23-São Luís e parte da folha SA.24-Fortaleza**. Rio de Janeiro: DNPM, 1973. p. 1-26. (Levantamento dos Recursos Naturais, 3.)

BARBOSA, G.V.; RENNÓ, C.V.; FRANCO, E.M.S. Geomorfologia. In: BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SA.22-Belém**; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1974. p. 1-36. (Levantamento dos Recursos Naturais, 5.)

BECKER, B.K. **Geopolítica da Amazônia**: a nova fronteira de novos recursos. Rio de Janeiro: Zahar, 1982.

BEMERGUY, R.L.; COSTA, J.B.S. Considerações sobre a evolução dos sistemas de drenagem na Amazônia e sua relação com o arcabouço tectonoestrutural. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**, Belém, n. 3, p. 75-97, 1991. Série Ciências da Terra.

BEMERGUY, R.L.; COSTA, J.B.S.; HASUI, Y.; BORGES, M.S.; SOARES, JR. A.V. Structural geomorphology of the Brazilian Amazon region. In: KLEIN, E.L.; VASQUEZ, M.L.; ROSA-COSTA, L.T. (Org.). Contribuições à geologia da Amazônia. Belém: SBG-Núcleo Norte, 2002. p. 245-257.

BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n. 16/17, p. 117-151, 1965.

BIGARELLA, J.J.; FERREIRA, A.M.M. Amazonian geology and the pleistocene and the cenozoic environments and paleoclimates. In: PRANCE, G.T.; LOVEJOY, T.E. (Ed.). **Amazonia**. Oxford, UK: Pergamon Press, 1985. p. 49-71.

BOAVENTURA, F.M.C. Geomorfologia. In: BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SB.22-Araguaia e parte da folha SC.22-Tocantins**. Rio de Janeiro: DNPM, 1974. (Levantamento dos Recursos Naturais, 4.)

BRAUN, O.P.G. Contribuição à geomorfologia do Brasil central. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 3, p. 3-39, jul./set. 1971.

BÜDEL, J. **Climatic geomorphology**. Princeton: Princeton University Press, 1982. 443 p.

CAPUTO, M.V.; RODRIGUES, R.; VASCONCELOS, D.N.N. Nomenclatura estratigráfica da bacia do Amazonas: histórico e atualização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., 1972, Belém. **Anais...** Belém: SBG, v. 3, p. 35-46, 1972.

COLINVAUX, P.A. Ice-age amazon revisited. **Nature**, n. 340, p. 188-189, 1989.

COSTA, J.B.S.; BORGES, M.S.; BEMERGUY, R.L.; FERNANDES, J.M.G.; COSTA Jr., P.S.; COSTA, M.L. A evolução cenozoica da região de Salinópolis, nordeste do estado do Pará. **Geociências**, Rio Claro, v. 12, n. 2, p. 373-396, 1993.

COSTA, J.B.S.; HASUI, Y.; BORGES, M.S.; BEMERGUY, R.L. Arcabouço tectônico mesozoico-cenozoico da região da calha do rio Amazonas. **Geociências**, Rio Claro, v. 14, n. 2, p. 77-103, 1995.

COSTA, J.B.S.; BEMERGUY, R.L.; HASUI, Y.; BORGES, M.S.; FERREIRA Jr., C.R.P.; BEZERRA, P.E.; COSTA, M.L.; FERNANDES, J.M.G. Neotectônica da região amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 23-44, 1996.

COSTA, J.B.S.; BEMERGUY, R.L.; ROZAL, E.O.; ESPÍRITO SANTO, C.V. O quadro neotectônico do interflúvio Xingu-Araguaia, sudeste do estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5, 1996, Belém. **Anais...** Belém: SBG/NO, p. 294-296, 1996.

COSTA, J.B.S.; BEMERGUY, R.L.; HASUI, Y.; BORGES, M.S. Tectonics and paleogeography along the Amazon river. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 14, n. 4, p. 335-347, 2001.

COSTA, M.L. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 146-160, 1991.

COSTA, R.C.R.; MELO, D.P. Geomorfologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha NA.21-Tumucumaque e parte da folha NB.21**. Rio de Janeiro: DNPM, 1975. p. 119-162. (Levantamento dos Recursos Naturais, 9.)

COSTA, R.C.R.; NATALI-FILHO, T.; OLIVEIRA, A.A.B. Geomorfologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SA.20 Manaus**. Rio de Janeiro: DNPM, 1978. p. 167-231 (Levantamento dos Recursos Minerais, 18.)

EL-ROBRINI, M.; SILVA, M.A.; SOUZA FILHO, P.W.M.; EL-ROBRINI, M.H.S.; SILVA Jr., O.G.; FRANÇA, C.F. Pará. In: MUEHE, D. (Org.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: MMA, 2006. p. 45-86.

FIGUEIREDO, S.L.; GORAYEB, P.S.S. Análise geológica, geomorfológica e turística do parque estadual da serra dos Martírios-Andorinhas: potencial para o geoturismo. **Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 41-55, 2009.

FRANÇA, C.F.; SOUZA FILHO, P.W.M. Compartimentação morfológica da margem leste da ilha de Marajó: zona costeira dos municípios de Soure e Salvaterra, estado do Pará. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 33-42, 2006.

FRANZINELLI, E. Evolution of the geomorphology of the coast of the state of Pará, Brazil. In: PROST, M.T. (Ed.). **Évolution des littoraux de Guyane et de la Zone Caraïbe Méridionale pendant le Quaternaire**. Paris: ORSTOM, 1992. p. 203-230.

HORBE, A.M.C.; COSTA, M.L. Relações genéticas entre latossolos e crostas lateríticas aluminosas e aluminoferruginosas na região de Paragominas, Pará. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, n. 29, p. 497-504, 1999.

HORBE, A.M.C.; COSTA, M.L. Lateritic crusts and related soils in eastern Brazilian Amazonia. **Geoderma**, n. 126, p. 225-239, 2005.

HORBE, A.M.C.; HORBE, M.A.; COSTA, M.L.; SUGUIO, K. A laterização na gênese das superfícies de aplanamento da região de Presidente Figueiredo-Vila Balbina, nordeste



do Amazonas. In: COSTA, M.L.; ANGÉLICA, R.S. (Org.). **Contribuições à geologia da Amazônia**. Belém: FINEP-SBG/NO, 1997. v. 2, cap. 5, p. 145-176.

IBGE. **Mapa geomorfológico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. 1 mapa, color., escala 1:5.000.000.

IBGE. **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 1 mapa, color., escala 1:5.000.000.

IBGE - EMBRAPA. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE/EMBRAPA, 2001. 1 mapa, color., 107 x 100 cm, escala 1:5.000.000.

KING, L.C. A geomorfologia do Brasil oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 147-266, 1956.

KOTSCHOUBEY, B.; TRUCKENBRODT, W. Evolução poligenética das bauxitas do distrito de Paragominas-Açailândia (estados do Pará e Maranhão). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 11, n. 3, p. 193-202, 1981.

KOTSCHOUBEY, B.; TRUCKENBRODT, W.; CALAF, J.M.C. Evolução geológica da província bauxitífera de Paragominas durante o Neógeno/Pleistoceno (noroeste da bacia do Grajaú, nordeste do Pará e oeste do Maranhão). **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 263-272, 2005.

LATRUBESSE, E.M. Patterns of anabranching channels: the ultimate end-member adjustment of mega rivers. **Geomorphology**, v. 101, n. 1-2, p. 130-145, 2008.

NASCIMENTO, D.A.; MAURO, C.A.; GARCIA, M.G.L. Geomorfologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SA.21-Santarém**. Rio de Janeiro: DNPM, 1976. p. 131-181 (Levantamento dos Recursos Naturais, 18.)

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 448 p.

ROSS, J.L.S. Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 4, p. 25-39, 1985.

ROSS, J.L.S. Os fundamentos da geografia da natureza. In: ROSS, J.L.S. (Org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1997. p. 13-65.

ROSSETTI, D.F. Evolução sedimentar miocênica nos estados do Pará e Maranhão. **Geol. USP**, Sér. cient., São Paulo, v. 6, n. 2, p. 7-18, 2006.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A. A evolução da plataforma sul-americana no Brasil e suas principais

concentrações minerais. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS H.E. (Coord.). **Geologia do Brasil**. Brasília: DNPM, 1984. p. 9-56.

SIOLI, H. Valores de pH de águas amazônicas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Geologia**, Belém, v. 1, p. 1-35, 1957.

SOMBROEK, W.G. **Amazon soils: a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region**. Wageningen: Center for Agriculture Publications and Documentation, 1966. 292 p.

SOUBIÈS, F.; SUGUIO, K.; MARTIN, L.; LEPRUN, J.C.; SERVANT, M.; TURCQO, B.; FOURNIER, M.; DELAUNE, M.; SIFEDDINE, A. The Quaternary lacustrine deposits of the serra dos Carajás (state of Pará, Brazil): ages and other preliminary results. **Bol. IG-USP**, São Paulo, v. 8, p. 223-243, 1991. Publ. Esp.

SOUZA FILHO, P.W.M. Tectonic control on the coastal zone geomorphology of the northeastern Pará state. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 30, n. 3, p. 523-526, 2000.

SOUZA FILHO, P.W.M.; EL-ROBRINI, M. Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfossedimentares da planície costeira bragantina. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 1-16, 1996.

SOUZA FILHO, P.W.M.; EL-ROBRINI, M. As variações de nível relativo do mar e a estratigrafia de sequências da planície costeira Bragantina, nordeste do Pará, Brasil. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi Cienc. Nat.**, Belém, v. 10, p. 45-78, 1998.

SOUZA FILHO, P.W.M.; EL-ROBRINI, M. Geomorphology of the Bragança coastal zone, northeastern Pará state. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 30, n. 3, p. 518-522, 2000.

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

TRICART, J. Conhecimentos sobre o Quaternário amazônico. **Paleoclimas**, São Paulo, n. 6, 1979.

TRUCKENBRODT, W.; KOTSCHOUBEY, B. Argila de Belterra: cobertura terciária das bauxitas amazônicas. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 203-208, 1981.

TURCQ, B.; SUGUIO, K.; MARTIN, L.; FLEXOR, J.M. Registros milenares nos sedimentos dos lagos da serra dos Carajás. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 16, n. 93, p. 31-35, 1993.

VAN der HAMMEN, T. Paleoecological background: neotropics. **Climatic Changes**, n. 19, p. 37-47, 1991.

VASCONCELOS, P.M. Paleoclima e evolução geomorfológica da região de Carajás: evidência geoquímica e geocronológica. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5., 27/05 a 02/06, 1996, Belém. **Anais...** Belém: SBG - Núcleo Norte, 1996. p. 26-30.

VASCONCELOS, P.M.; RENNE, P.R.; BRIMHALL, G.H.; BECKER, T.A. Direct dating of weathering phenomena by  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  and K-Ar analysis of supergene K-Mn oxides. **Geochim Cosmochim Acta**, n. 58, p. 1635-1665, 1996.

VENTURA, L.M.; D'ÁVILA, L.M.; BARBOSA, G.V. Geomorfologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Folha SB.21-Tapajós**. Rio de Janeiro: DNPM, 1975. (Levantamento dos Recursos Naturais, 7.)

# 4

## PRINCIPAIS AQUÍFEROS DO ESTADO E QUALIDADE DE SUAS ÁGUAS

Homero Reis de Melo Júnior (*homero.melo@cprm.gov.br*)

João Batista Marcelo de Lima (*joão.marcelo@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Introdução .....	55
Descrição dos aquíferos e caracterização de suas águas.....	55
Sistema aquífero Alter do Chão .....	57
Sistema aquífero Barreiras .....	62
Formação Pirabas.....	64
Formação Itapecuru.....	66
Aspectos relevantes do uso .....	71
Referências.....	73



## INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas do estado do Pará, de modo geral, são de boa qualidade, apresentando de baixa a média mineralização e pH médio variando entre 4,8 e 8,0.

Apesar de a densa rede de drenagem superficial, com inúmeros rios de vazões expressivas, cerca de 70% dos 143 municípios paraenses são abastecidos parcial ou totalmente por águas subterrâneas, devido ao baixo custo de produção (LEAL, 1999). As águas subterrâneas, mais protegidas de contaminação, são captadas no próprio local e não necessitam de tratamento prévio – apenas da adição de cloro para eliminação dos coliformes eventualmente presentes.

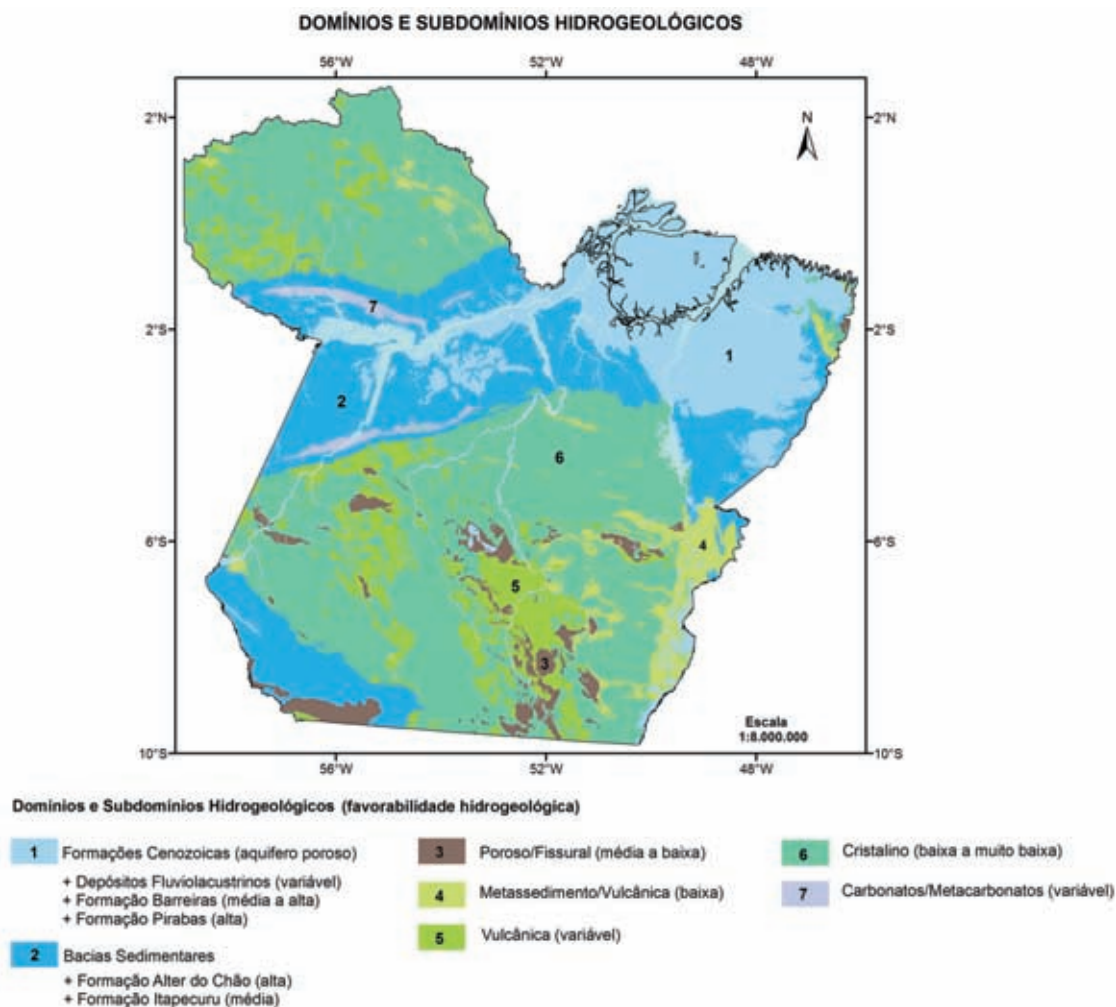
Os principais aquíferos explotados para abastecimento público no estado do Pará são Alter do Chão, Itapecuru, Barreiras e Pirabas, além daqueles relacionados às coberturas aluvionares recentes e antigas. Apesar de assentada sobre os aquíferos Barreiras e Pirabas, a cidade de Belém (capital do estado) possui um sistema misto de abastecimento, com grande percentual de consumo das águas do rio Guamá, demandando o uso de estações de

tratamento (ETA), o que garante um serviço de qualidade no atendimento à população.

As cidades situadas no sul/sudoeste do Pará, tais como São Félix do Xingu, Altamira, Novo Progresso e Jacareacanga, todas assentadas sobre o embasamento cristalino, não possuem vocação, pelo contexto geológico, de abastecimento por águas subterrâneas, ocasionando o uso em grande escala de águas superficiais, principalmente dos rios Xingu, Tapajós e Araguaia-Tocantins. Já aquelas situadas no corredor sudeste/nordeste e centro-oeste paraense possuem de média a boa vocação para uso das águas subterrâneas, pois estão assentadas sobre a borda da Bacia Sedimentar do Parnaíba (sudeste do Pará) e sobre a Bacia Sedimentar do Amazonas (nordeste e centro-oeste do Pará).

## DESCRIÇÃO DOS AQUÍFEROS E CARACTERIZAÇÃO DE SUAS ÁGUAS

O território paraense está dividido, segundo suas afinidades hidrogeológicas, em sete grandes domínios hidrogeológicos (Figura 4.1):



**Figura 4.1** – Mapa de domínios e subdomínios hidrogeológicos do estado do Pará. Fonte: BOMFIM (2006).

1. Formações Cenozoicas (aquíferos porosos, com os subdomínios aluviões, formações indiferenciadas, Barreiras e Pirabas).
2. Bacias Sedimentares (aquíferos porosos, com os subdomínios Bacia do Amazonas, Bacia do Alto Tapajós e Bacia do Parnaíba).
3. Poroso/Fissural (aquífero misto, com rochas sedimentares muito cimentadas e compactadas).
4. Rochas metassedimentares/metavulcânicas (aquífero fissural).
5. Rochas vulcânicas (aquífero fissural).
6. Rochas cristalinas (aquífero fissural).
7. Rochas carbonáticas e metacarbonáticas (aquífero fissural).

As águas subterrâneas de aquíferos sedimentares no estado do Pará não ocorrem de forma homogênea, já que cerca de 60% do território estão assentados em ambiente cristalino (BOMFIM, 2006). Essas águas, em geral, são de boa qualidade, em quantidades apreciáveis; entretanto, ainda não se tem pleno conhecimento de suas reservas.

Os principais aquíferos explorados no Pará, seja para abastecimento público ou particular, são: Barreiras e Pirabas, na porção nordeste do estado; Alter do Chão, na porção centro-oeste; Itapecuru, no sudeste; além daqueles relacionados às coberturas aluvionares (depósitos recentes e terraços fluviais) em locais diversos. Também podem ser citados os aquíferos fissurais, em rochas cristalinas, com utilização pouco expressiva nas porções sul/sudoeste do estado (Figura 4.2).

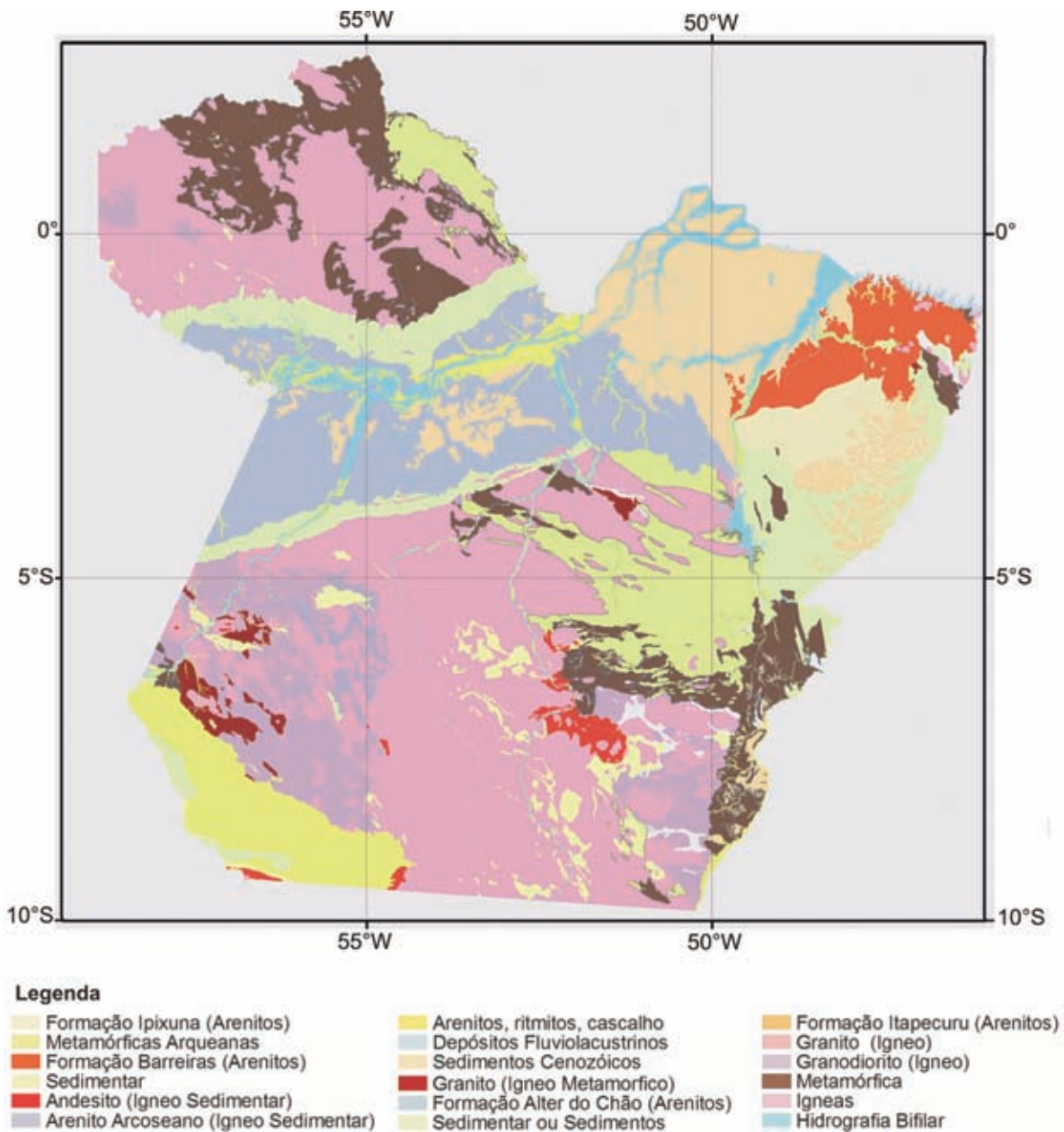


Figura 4.2 – Mapa geológico simplificado do estado do Pará. Fonte: Adaptado de Vasquez e Rosa-Costa (2008).



## Sistema Aquífero Alter do Chão

O Aquífero Alter do Chão, no estado do Pará, ocorre desde a fronteira com o estado do Amazonas, a oeste, até a borda da Bacia do Marajó, a leste, abrangendo uma área de aproximadamente 9.870 km<sup>2</sup>, sendo aflorante nas cidades de Faro, Oriximiná, Óbidos, Juruti, Terra Santa, Santarém, Alenquer, Aveiro, Prainha, Brasil Novo, Vitória do Xingu, Senador José Porfírio e Porto de Moz (Figura 4.3).

A sequência litológica da Formação Alter do Chão apresenta arenitos, argilitos, conglomerados subordinados e níveis de lateritas (TANCREDI, 1996). Os arenitos são finos a médios, geralmente com estratificação cruzada, de cor vermelha a variegada, com intercalações argilosas. Os argilitos apresentam cores vermelha, creme, branca, roxa, variegada, sendo pouco consolidados e com lentes de areia. Os conglomerados possuem seixos de quartzo claro de até 5 cm de diâmetro e seixos de quartzo leitoso de até 15 cm de diâmetro.

Ocorre, ao norte do rio Amazonas, um arenito de textura média, com cimento caulínico e silicoso, branco, geralmente manchado de vermelho, consistente, com impregnações de óxido de ferro, tendo sido considerado por muito tempo como Arenito Manaus. Entretanto, ele constitui um horizonte da Formação Alter do Chão (TANCREDI, 1996).

A Formação Alter do Chão, na região de Santarém, compreende dois sistemas de aquíferos principais. A par-

te superior é constituída por um aquífero livre e a parte inferior, por aquíferos confinados. Os dados obtidos por intermédio do inventário hidrogeológico indicam espessuras médias de 50 m para o aquífero livre e de 430 m para os aquíferos confinados.

As características hidrodinâmicas dos sistemas aquíferos da Formação Alter do Chão na região de Santarém são apresentadas na Tabela 4.1, onde se verifica que as condutividades hidráulicas apresentaram valores compreendidos entre 4,6 m/dia a 18,8 m/dia. A condutividade hidráulica varia com a seleção dos grãos nos estratos da camada aquífera. Como exemplo, citamos a condutividade hidráulica no poço ST-14, que apresenta um valor mais elevado em relação aos poços ST-13 e ST-15 (próximos), devido, principalmente, ser a camada arenosa do aquífero nesse local bem selecionada, com grãos bem arredondados. Os valores de transmissividade estão compreendidos entre 132 m<sup>2</sup>/dia a 790 m<sup>2</sup>/dia.

A variação observada nos valores do coeficiente de transmissividade é causada, principalmente, pelas diferentes espessuras das camadas geológicas que constituem os aquíferos nos locais dos ensaios de bombeamento. Foram obtidos poucos valores do coeficiente de armazenamento, devido a pouca quantidade de poços de observação disponíveis para obtenção desses parâmetros.

O estudo da qualidade da água subterrânea na região de Santarém foi realizado com amostragens e análises físico-químicas da água de poços e fontes dessa área.

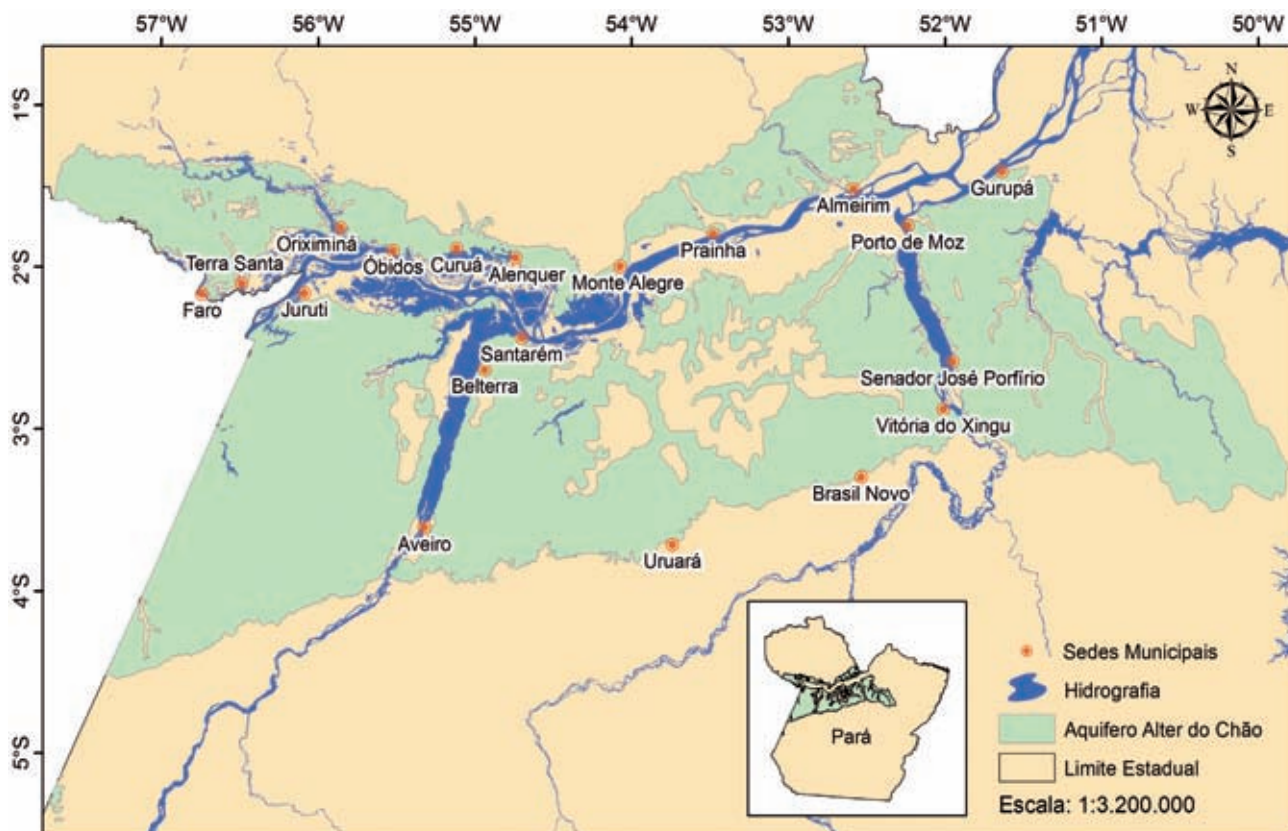


Figura 4.3 – Mapa de localização das áreas de afloramento do aquífero Alter do Chão no estado do Pará.

Na Figura 4.4 é apresentada a distribuição dos locais das amostras e, na Tabela 4.2, os resultados obtidos com essas análises (TANCREDI, 1996). As amostras S2, S3, S4, S5, S6 e S7 correspondem aos poços ST-16, ST-08, ST-23, ST-27, ST-22, ST-31 e ST-50, respectivamente; as amostras S12 e S17, por sua vez, são das fontes Emaús e Aramaná, respectivamente; as demais amostras correspondem, a outros poços tubulares dessa área.

A temperatura da água subterrânea nessa região reflete as condições climáticas. Seus valores, determinados *in situ*, situam-se entre 25,0°C e 29,6°C.

A condutividade elétrica apresentou valores no intervalo de 11,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 37,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Tais valores são devidos às baixas concentrações dos constituintes em solução.

Observa-se predominância de águas do tipo sódio-cloretadas nos aquíferos que compõem o sistema Alter do Chão, na região de Santarém. Águas do tipo misto, tanto para os cátions como para os ânions, também ocorrem, porém em menores proporções. Na Figura 4.5 são apresentados os dados das análises da água em diagrama trilinear de Piper (TANCREDI, 1996).

A proteção da água subterrânea consiste essencialmente na preservação de sua qualidade no aquífero. Para isso, devem ser tomadas medidas de controle das cargas de poluentes potenciais. Um aspecto importante para esse controle é a educação. O esclarecimento ou conscientização da população sobre a proteção ambiental de uma área é mais eficiente que suas normas de proteção.

Na região de Santarém, apenas a área urbana apresenta risco de poluição da água subterrânea. As cargas de contami-

nantes potenciais são relacionadas a: fossas, aterros sanitários, cemitérios, vazamento de postos de combustíveis, vazamento de esgotos, descarga de águas servidas, construção inadequada de poços e poços abandonados (TANCREDI, 1996).

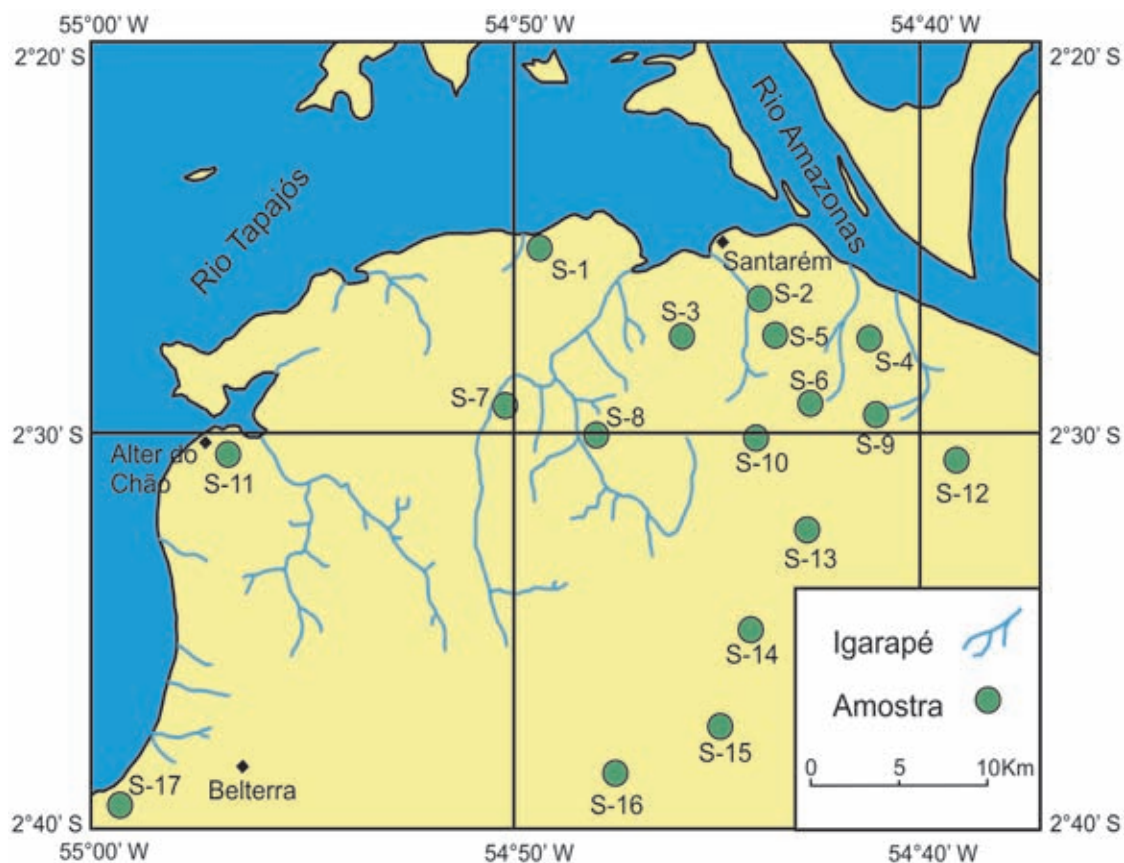
Um aspecto difícil na proteção da água subterrânea dessa área é o controle de poços abandonados. Eles devem ser tamponados com preenchimento de material argiloso. Construções inadequadas de poços, sem cimentação da parte superior do espaço anular, podem causar a migração da água superficial ou subterrânea rasa contaminada para a parte profunda do aquífero livre ou para os aquíferos confinados mais profundos. Diante do exposto, a vulnerabilidade da água subterrânea deve ser considerada de importância fundamental na proteção ambiental dessa área.

Uma maneira efetiva de se proteger a qualidade da água subterrânea é a utilização de mapas de vulnerabilidade dos aquíferos, os quais devem subsidiar planos de desenvolvimento e guia de atividades humanas para minimizar os impactos na qualidade da água. O mapeamento da vulnerabilidade da água subterrânea possibilita a definição de programas de proteção dos recursos hídricos subterrâneos (TANCREDI, 1996). Na avaliação da vulnerabilidade natural do Aquífero Alter do Chão, Tancredi (1996) aplicou o modelo GOD desenvolvido por Foster e Hirata (1988) para obter os índices de vulnerabilidade do aquífero. De acordo com o método, os parâmetros-guia para determinar a vulnerabilidade do aquífero são: tipo de aquífero (*Groundwater occurrence* – Índice G), litologia da zona não saturada (*Overall litology of aquifer* – Índice O) e profundidade do nível estático (*Depth of groundwater* – Índice D) (Figura 4.6).

**Tabela 4.1** – Parâmetros hidráulicos dos aquíferos da formação Alter do Chão na região de Santarém.

Poço	Nível Estático* (m)	Profundidade do Poço* (m)	Condutividade Hidráulica (m/dia)	Coefficiente de Armazenamento ( $\times 10^{-4}$ )	Coefficiente de Transmissividade ( $\text{m}^2/\text{dia} \times 10^2$ )
ST-04	6,65	98,40	5,90	-	2,85
ST-08	42,48	74,00	18,80	-	5,93
ST-10	-8,69	156,10	6,60	4,10	3,26
ST-11	-3,98	157,10	-	3,50	2,60
ST-12	-5,71	157,10	-	3,30	2,40
ST-13	-3,19	157,30	5,30	-	1,69
ST-14	-3,10	126,00	11,60	-	3,95
ST-15	-7,00	133,80	4,60	-	3,95
ST-16	-7,50	118,00	6,40	-	3,16
ST-18	13,80	65,00	-	-	1,98
ST-20	16,30	54,00	-	-	3,53
ST-21	35,00	72,00	-	-	1,58
ST-22	0,12	24,00	-	-	7,90
ST-23	3,20	13,50	-	-	4,45
ST-31	0,57	22,00	-	-	5,30
ST-36	17,30	40,00	-	-	1,32

(\*) Em relação ao nível do terreno.  
Fonte: Tancredi (1996).



**Figura 4.4** – Localização das amostras da água subterrânea para análises físico-químicas, na região de Santarém.  
 Fonte: Tancredi (1996).

**Tabela 4.2** – Análises físico-químicas de amostras da água subterrânea da região de Santarém.

Parâmetros	Amostras																
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17
pH	4,6	4,7	4,0	4,2	4,2	4,3	4,6	4,0	4,0	4,7	4,7	4,3	4,4	4,4	4,3	4,7	4,3
T (°C)	28,3	29,3	29,6	26,8	27,6	26,5	27,4	28,0	27,8	27,6	28,9	25,8	27,0	26,5	26,3	26,3	25,0
Condutividade Elétrica (µS/cm)	17,8	23,1	23,3	27,2	22,7	26,3	19,6	16,4	19,2	11,4	37,2	24,2	23,2	28,0	27,0	23,6	25,0
Alcalinidade (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	1,0	3,7	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	1,0	3,0	0,7	0,9	1,0	1,0	2,0	1,5
Dureza (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	2,3	3,4	2,2	2,2	2,7	3,3	4,0	2,2	1,1	2,3	4,3	1,2	4,1	3,7	3,6	2,8	3,3
Na (mg/L)	0,6	2,3	0,7	0,9	0,9	0,9	0,6	2,3	0,8	0,8	1,4	0,9	2,0	2,1	1,8	2,0	1,2
K (mg/L)	0,1	1,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,8	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8	0,4	2,4	1,1
Ca (mg/L)	0,6	1,2	0,6	1,0	0,6	1,2	0,8	0,8	0,4	0,6	1,6	0,4	1,0	1,0	0,8	0,8	1,0
Mg (mg/L)	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,5	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2
Fe <sub>total</sub> (mg/L)	0,01	0,05	0,0	0,03	0,01	0,03	0,06	0,02	0,12	0,18	0,4	0,05	0,06	0,18	0,07	0,2	0,02
Cl (mg/L)	1,5	3,2	1,5	2,2	1,8	2,2	1,8	3,8	1,5	2,0	2,2	1,8	4,3	4,2	3,2	4,6	2,0
SO <sub>4</sub> (mg/L)	1,0	2,4	1,0	2,4	1,4	2,0	2,4	2,0	0,8	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,4	2,0	2,5
HCO <sub>3</sub> (mg/L)	1,2	4,4	1,8	1,5	1,2	1,2	1,2	1,2	0,8	1,2	3,6	0,8	1,0	1,2	1,2	2,4	1,8
SiO <sub>2</sub> (mg/L)	-	1,64	3,42	0,73	3,32	1,02	5,13	3,21	2,14	2,35	2,03	2,05	0,92	0,87	1,0	1,18	1,39

Fonte: Tancredi (1996).

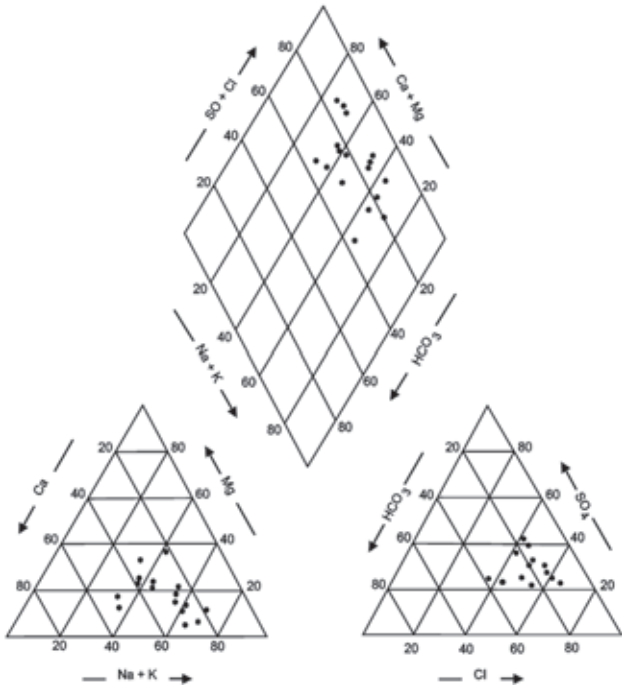


Figura 4.5 – Diagrama trilinear de Piper de amostras de água subterrânea da região de Santarém. Fonte: Tancredi (1996).

O tipo de ocorrência da água subterrânea apresenta na região sul aquíferos livres com cobertura argilosa (índice 0,6) e, na parte norte, aquíferos livres (índice 1,0). Subjacentes ao aquífero livre ocorrem os aquíferos confinados, que, segundo a topografia do local, podem ser também artesianos (índice 0,2).

A litologia considerada nessa avaliação constitui-se de argilas (índice 0,3), siltes, argilas arenosas, areias argilosas (índice 0,5) e areias com ou sem seixos (índice 0,7) da zona não saturada.

A profundidade do nível da água ou espessura da zona não saturada foi tomada em quatro classes: maior que 35 m (índice 0,5); de 35 a 25 m (índice 0,6); de 25 a 15 m (índice 0,7); de 15 a 5 m (índice 0,8); menor que 5 m (índice 0,9).

Com esses três parâmetros e seus respectivos índices definidos, multiplicando-se entre si os índices relacionados, Tancredi (1996) obteve o índice de vulnerabilidade (Tabela 4.3) e o grau de vulnerabilidade à contaminação (Tabela 4.4) da água subterrânea na região de Santarém.

Os índices de vulnerabilidade à contaminação mostram apenas dois valores maiores que 0,5, correspondendo ao grau de vulnerabilidade alta. Os demais valores são todos menores que 0,5, o que corresponde a vulnerabilidades moderada, baixa e negligenciável (TANCREDI, 1996).

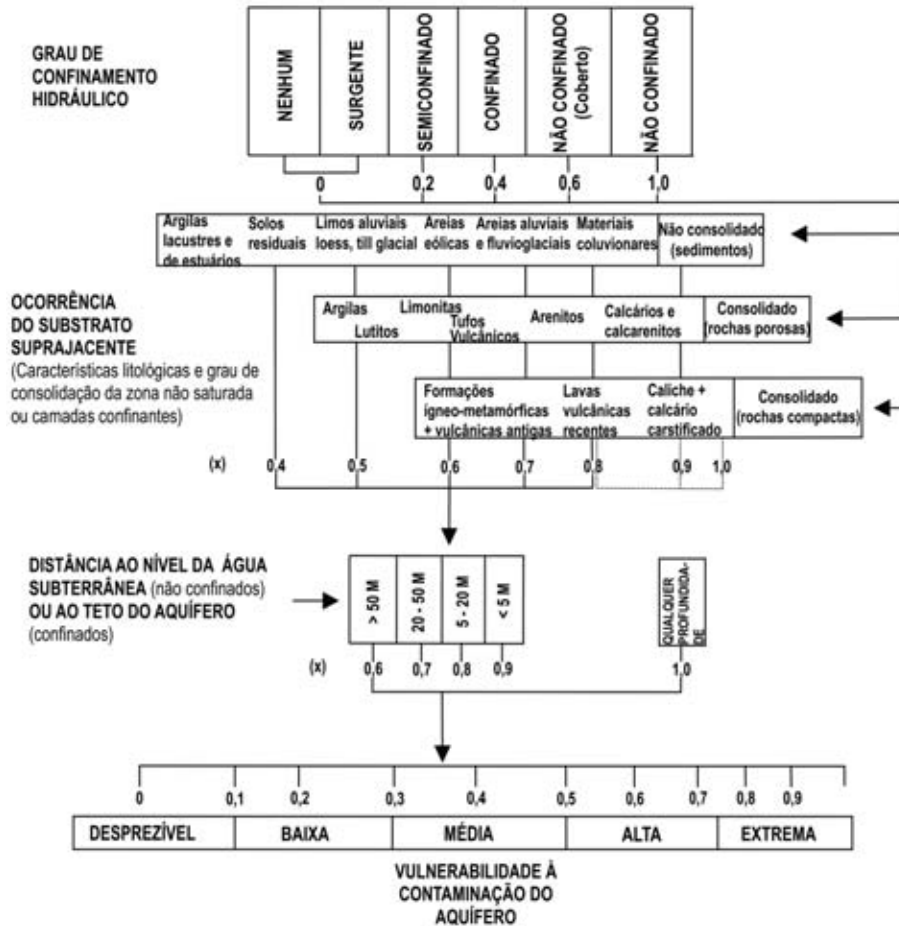


Figura 4.6 – Diagrama de aplicação do método GOD. Fonte: Foster e Hirata (1988).



**Tabela 4.3** – Índices de vulnerabilidade das águas subterrâneas na região de Santarém.

Espessura não Saturada				< 5 m	5 -15 m	15 - 25 m	25 - 35 m	> 35 m
Característica Litológica	Índice	Tipo de Aquífero	Índice	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50
Arenoso	0,70	Livre	1,00	0,63	0,56	0,49	0,42	0,35
		Livre com Cobertura	0,60	0,38	0,34	0,29	0,25	0,21
		Confinado	0,20	0,13	0,11	0,10	0,08	0,07
Siltoso Argiloarenoso	0,50	Livre	1,00	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
		Livre com Cobertura	0,60	0,27	0,24	0,21	0,18	0,15
		Confinado	0,20	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
Argiloso	0,30	Livre	1,00	0,27	0,24	0,21	0,18	0,15
		Livre com Cobertura	0,60	0,16	0,14	0,13	0,11	0,09
		Confinado	0,20	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03

Fonte: Tancredi (1996).

**Tabela 4.4** – Grau de vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea na região de Santarém.

Espessura não Saturada				< 5 m	5 -15 m	15 - 25 m	25 - 35 m	> 35 m
Característica Litológica	Índice	Tipo de Aquífero	Índice	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50
Arenoso	0,70	Livre	1,00	Alta	Alta	Moderada	Moderada	Moderada
		Livre com Cobertura	0,60	Moderada	Moderada	Baixa	Baixa	Baixa
		Confinado	0,20	Baixa	Baixa	Baixa	Neglig.	Neglig.
Siltoso Argiloarenoso	0,50	Livre	1,00	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Baixa
		Livre com Cobertura	0,60	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
		Confinado	0,20	Neglig.	Neglig.	Neglig.	Neglig.	Neglig.
Argiloso	0,30	Livre	1,00	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
		Livre com Cobertura	0,60	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Neglig.
		Confinado	0,20	Neglig.	Neglig.	Neglig.	Neglig.	Neglig.

Fonte: Tancredi (1996).

A distribuição espacial dos graus de vulnerabilidade dos sistemas aquíferos na região de Santarém é mostrada na Figura 4.7, considerando-se os graus de vulnerabilidade apresentados na Tabela 4.4 para o aquífero livre situado na parte superior da Formação Alter do Chão.

De acordo com esse mapa de vulnerabilidade, foram identificados índices de vulnerabilidade baixa na parte sul da área, nos platôs, devido, principalmente, à cobertura argilosa e à maior profundidade da água subterrânea. A parte norte da área, cujos graus de vulnerabilidade são mais elevados, sendo uma zona de descarga da água subterrânea, apresenta a possibilidade de diluição dos contaminantes, constituindo-se em fator de diminuição do risco de contaminação (TANCREDI, 1996).

A maior parte da região apresentou índices de vulnerabilidade negligenciável, baixo e moderado, cujos valores de vulnerabilidade identificados foram inferiores a 0,5. Apenas uma pequena parte dessa área apresenta índice compreendido entre 0,63 e 0,50, já considerado de grau

alto nessa escala de vulnerabilidade, que apresenta o valor máximo de 1,00. Essas áreas situam-se próximo à margem do rio Tapajós, na zona urbana de Santarém e de Alter do Chão (TANCREDI, 1996).

O volume dos espaços porosos do espesso pacote de rochas sedimentares da Formação Alter do Chão permite o armazenamento de grande quantidade de água. Dessa forma, a reserva da água subterrânea constitui a quantidade de água mobilizável existente nos aquíferos. Por intermédio dos cálculos da reserva reguladora e da reserva permanente, Tancredi (1996) estimou as reservas totais do Aquífero Alter do Chão em  $86,78 \times 10^9 \text{ m}^3$ .

Atualmente, constam no banco de dados do Sistema de Informações de Água Subterrânea (SIAGAS) da CPRM/SGB aproximadamente 160 poços tubulares profundos que captam água do Sistema Aquífero Alter do Chão (SAAC) com profundidades entre 10 m e 271 m, cujas vazões de estabilização variam entre  $12 \text{ m}^3/\text{h}$  e  $340 \text{ m}^3/\text{h}$ , com valores médios de  $48 \text{ m}^3/\text{h}$ . A capacidade específica

desses poços, por sua vez, apresentou valores mínimos de 0.265 m<sup>3</sup>/h/m e máximos de 55.94 m<sup>3</sup>/h/m, com média de 5.19 m<sup>3</sup>/h/m. O perfil construtivo e geológico do poço SIAGAS 15003759, que apresenta a vazão de 340 m<sup>3</sup>/h, encontra-se ilustrado na Figura 4.8. Nas Figuras 4.9 e 4.10 são apresentados perfis de poços perfurados pela Petrobras na Bacia do Amazonas, ilustrando, principalmente, o SAAC.

### Sistema Aquífero Barreiras

O Sistema Aquífero Barreiras tem ampla distribuição na costa brasileira, aflorando de forma descontínua da região Norte à região Sudeste. Constitui um aquífero predominantemente livre, que ocupa uma área de 176.532 km<sup>2</sup> (Figura 4.11).

Esse sistema tem grande participação no abastecimento de várias capitais brasileiras, particularmente das capitais litorâneas nordestinas de São Luís, Belém, Fortaleza, Natal e Maceió.

Em Belém, o Sistema Aquífero Barreiras apresenta águas com baixas concentrações de sais dissolvidos, resíduo seco variando entre 15,18 e 32,61 mg/L e acidez com pH de 4,3 a 4,6 (CORTEZ et al., 2000). As águas são cloretadas sódicas a mistas, sendo que algumas amostras constituíram exceções com valores de ferro e nitrato acima do padrão da legislação vigente (ALMEIDA

et al., 2004). Uma das características do Sistema Aquífero Barreiras, na região, é o alto teor de ferro, o que exige, frequentemente, a instalação de estações para a sua remoção. Os altos teores de ferro acarretam diversos problemas, tais como: gosto metálico nas águas produzidas; manchas em roupas e em instalações hidráulicas; incrustações nas bombas, nos filtros dos poços e nos materiais de revestimento, provocando diminuição de vazões e redução da vida útil dos poços (MATTA, 2002 apud ALMEIDA et al., 2004). Os valores acima de 10 mg/L de nitrato (valor de potabilidade) estão relacionados à contaminação por efluentes líquidos (principalmente esgotos domésticos) das águas superficiais que interagem com as águas subterrâneas, à presença de fossas negras e à inexistência de saneamento básico. Some-se a isso o nível estático muito raso nessas áreas, muitas vezes inferior a 5 m e, algumas vezes, subaflorante (MATTA, 2002 apud ALMEIDA et al., 2004).

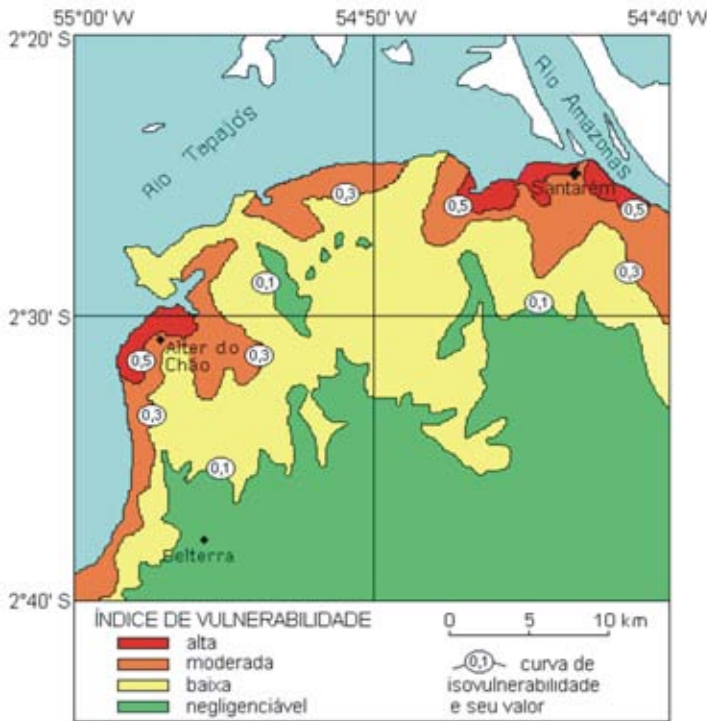


Figura 4.7 – Mapa de vulnerabilidade das águas subterrâneas na região de Santarém. Fonte: Tancredi (1996).

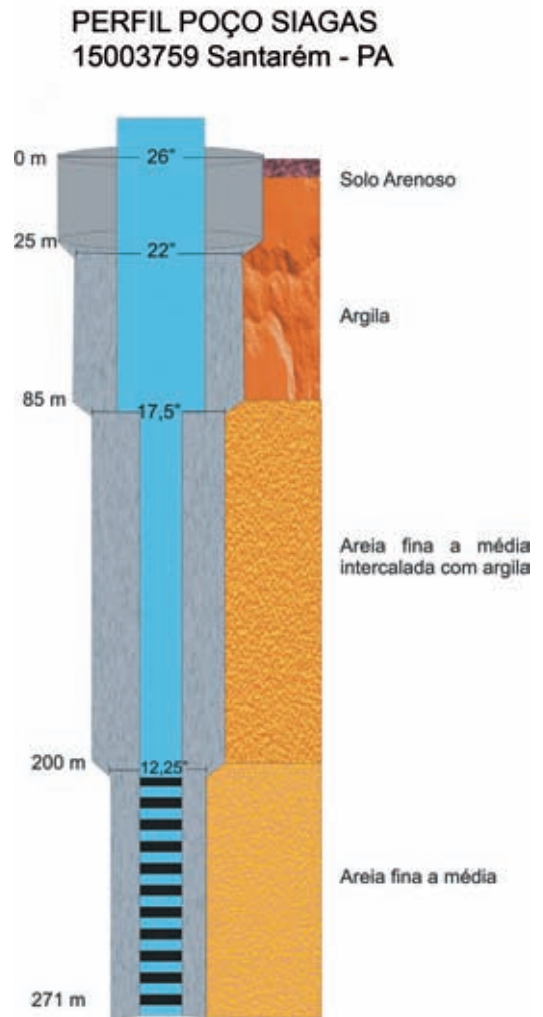
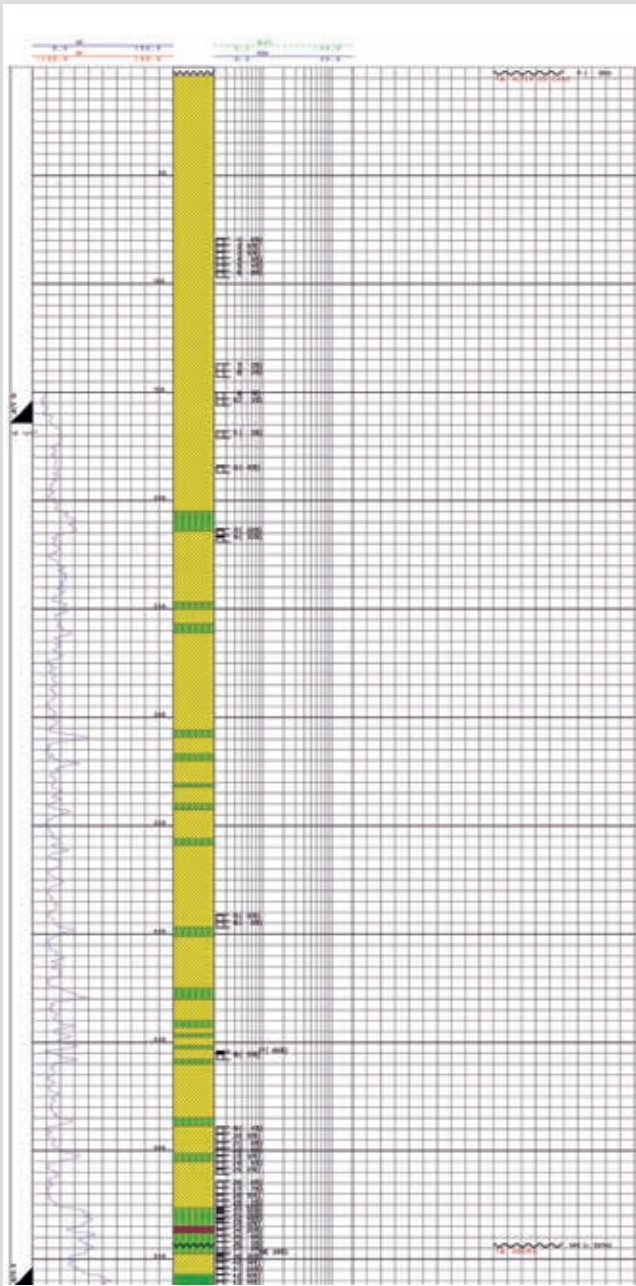
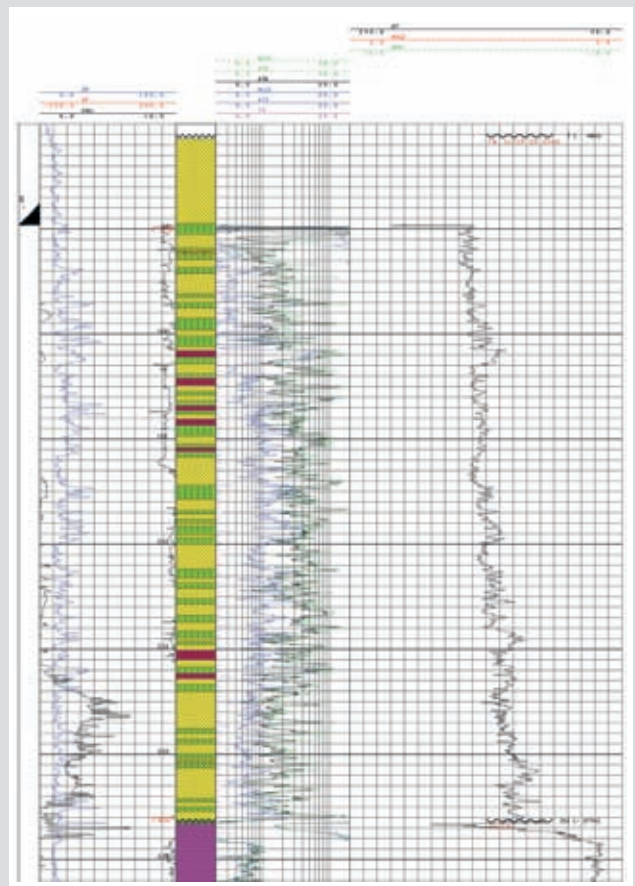


Figura 4.8 – Perfil geológico e construtivo do poço 15003759 (Santarém, PA).

**PERFIS DE POÇOS PERFORADOS PELA PETROBRAS NA BACIA DO AMAZONAS, ILUSTRANDO O SISTEMA AQUÍFERO ALTER DO CHÃO.**



**Figura 4.9** – Porção superior do perfil geológico do poço 1AC-1-PA, perfurado pela Petrobras em Alter do Chão, Santarém (PA), ilustrando os sedimentos arenosos intercalados com lentes de argila da formação Alter do Chão nos 545 m iniciais do poço.



**Figura 4.10** – Porção superior do perfil geológico do poço 1JUT-1-PA, perfurado pela Petrobras em Óbidos (PA), ilustrando os sedimentos arenosos intercalados com lentes de argila da formação Alter do Chão nos 333m iniciais do poço.



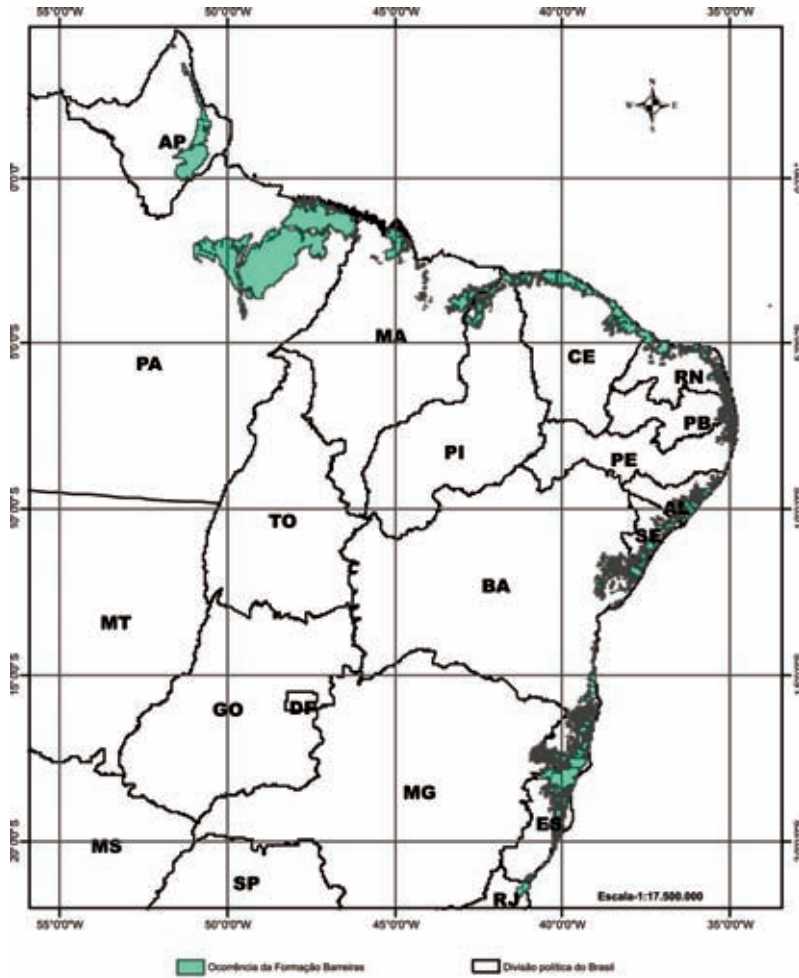


Figura 4.11 – Distribuição da formação Barreiras no Brasil. Adaptado de CPRM (2007).

No nordeste do Pará, o Sistema Aquífero Barreiras é amplamente utilizado para abastecimento da população. Na Figura 4.12 é apresentado o perfil de poço construído para fins de abastecimento público, apresentando, entretanto, elevadas concentrações de nitrato (acima da potabilidade de 10 mg/L), que foram consideradas como provenientes de esgotos domésticos (ARAÚJO; TANCREDI, 2000).

As características hidráulicas dos poços da Formação Barreiras, em nível regional, são apresentadas na Tabela 4.5

### Formação Pirabas

A Formação Pirabas faz parte do contexto geológico da região nordeste do Pará. Sua extensão também compreende as faixas litorâneas dos estados do Maranhão e Piauí (Figura 4.13).

No nordeste do Pará, apesar de a grande extensão em subsuperfície, aflora descontinuamente no litoral (Zona do Salgado) e no interior do continente (Zona Bragantina). O afloramento de maior expressão está localizado na ilha de Fortaleza, no município de São João de Pirabas, no estado do Pará. Essa formação representa uma importante uni-

dade litoestratigráfica do Cenozoico brasileiro (FERREIRA, 1966, 1982; MAURY, 1925).

A litologia dessa formação é caracterizada por leitos de calcário ricamente fossilíferos, de coloração amarelada ou acinzentada, alternados com argilas e areias. Às vezes, são calcários duros, de coloração cinza, intercalados com camadas de argila calcífera em leitos sucessivos. Tal sucessão representa a base da Formação Pirabas. A parte superior é formada por calcário compacto, disposto em camadas horizontais altamente fossilíferas (Figura 4.14).

A Formação Pirabas pode ser de origem transicional a marinha. Tende a apresentar melhor continuidade lateral de suas unidades sedimentares, com fácies arenosas importantes, o que nem sempre acontece, face à presença de sub-bacias de deposição.

Segundo levantamentos realizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), essa unidade ocorre na região de Belém e Ananindeua em profundidades entre 180 e 200 m. Sua extensão lateral é expressiva, com gradação em direção à plataforma, para os sedimentos da Formação Amapá, e na direção da ilha do Marajó, para os sedimentos da Formação Marajó (SCHALLER et al., 1971 apud SAUMA FILHO, 1996).



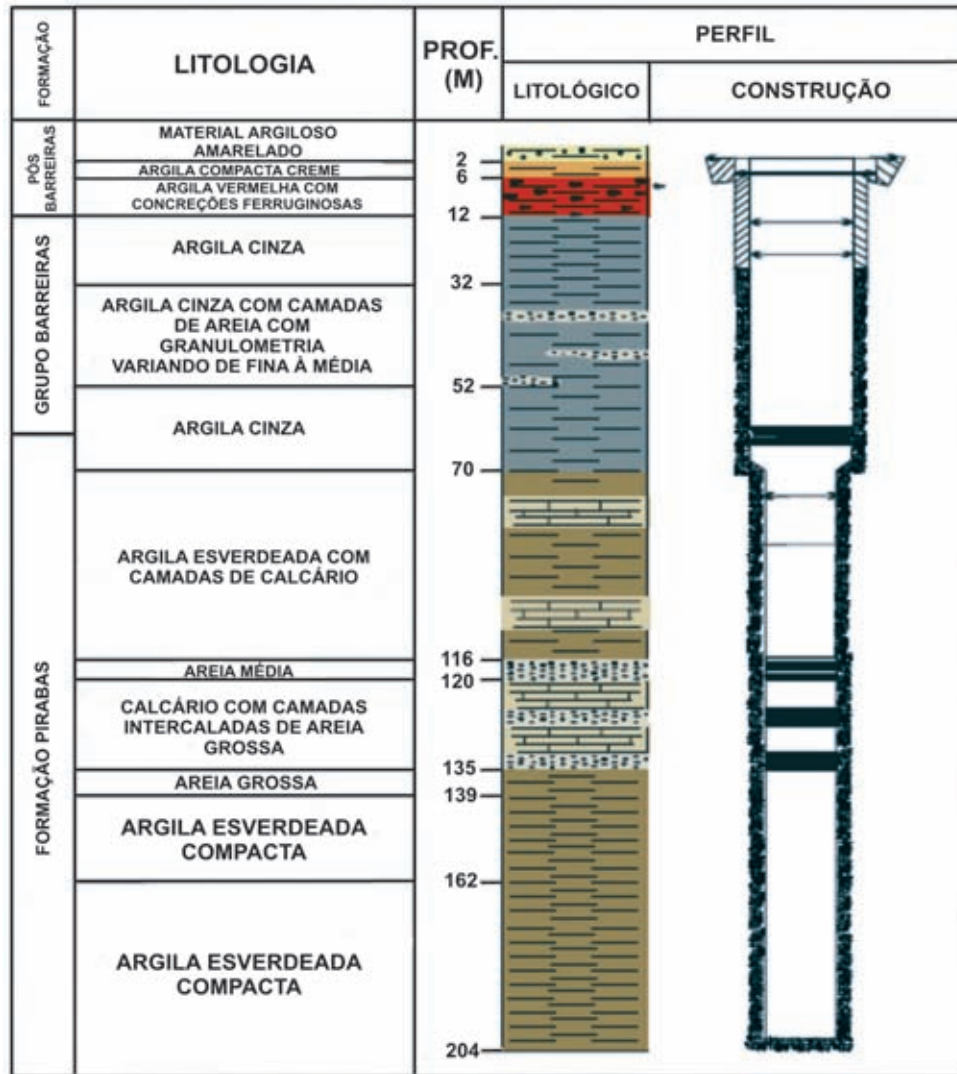


Figura 4.12 – Perfil litológico do poço PT – 01/89 SIZ-FSESP – Santa Izabel/PA. Fonte: FUNASA (1989).

Tabela 4.5 – Características hidráulicas dos poços da formação Barreiras em âmbito regional.

Nível Estático (m)	Profundidade de Captação (m)	Capacidade Específica (m³/h/m)	Tempo de Bombeamento (h)
0,80	7-12	2,30	08
0,80	7-16	2,40	08
4,50	12-36	2,80	04
3,70	16-28	1,40	24
24,00	41-58	17,50	24
6,80	70-78	5,00	26
7,57	76-84	4,70	04

Fonte: SEICOM (1995).

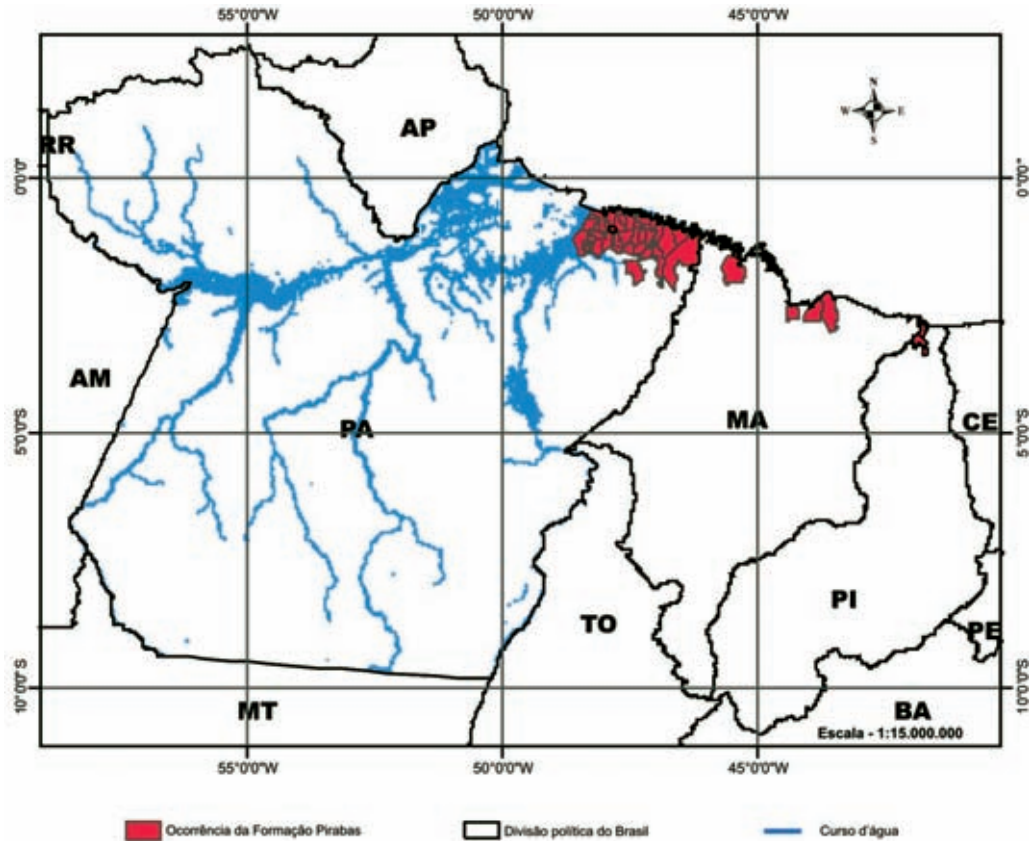


Figura 4.13 – Distribuição da formação Pirabas no Brasil. Fonte: Adaptado de CPRM (2007).

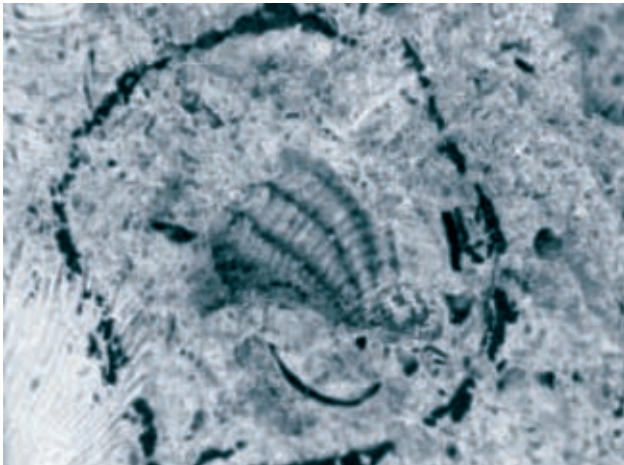


Figura 4.14 – Caryophyllia (*Acanthocyathus*) *fernandesii* n. sp. (tipificação de fóssil da formação Pirabas). Fonte: Távora et al. (2002).

Ainda em Belém, esse aquífero apresenta elevada produtividade, com vazões de até 300 m<sup>3</sup>/h (SAUMA FILHO, 1996). O pré-Pirabas, ainda praticamente desconhecido e que ocorre a partir dos 250 m de profundidade, apresenta perspectivas de excelentes vazões e água de boa qualidade, constituindo-se, portanto, em boa opção para projetos que requeiram grandes volumes de água (ANA, 2002).

A Figura 4.15 mostra o perfil SW/NE das estruturas do Quaternário, no município de Salinópolis, nordeste do Pará. Já a Tabela 4.6 apresenta as características hidráulicas dos aquíferos da Formação Pirabas.

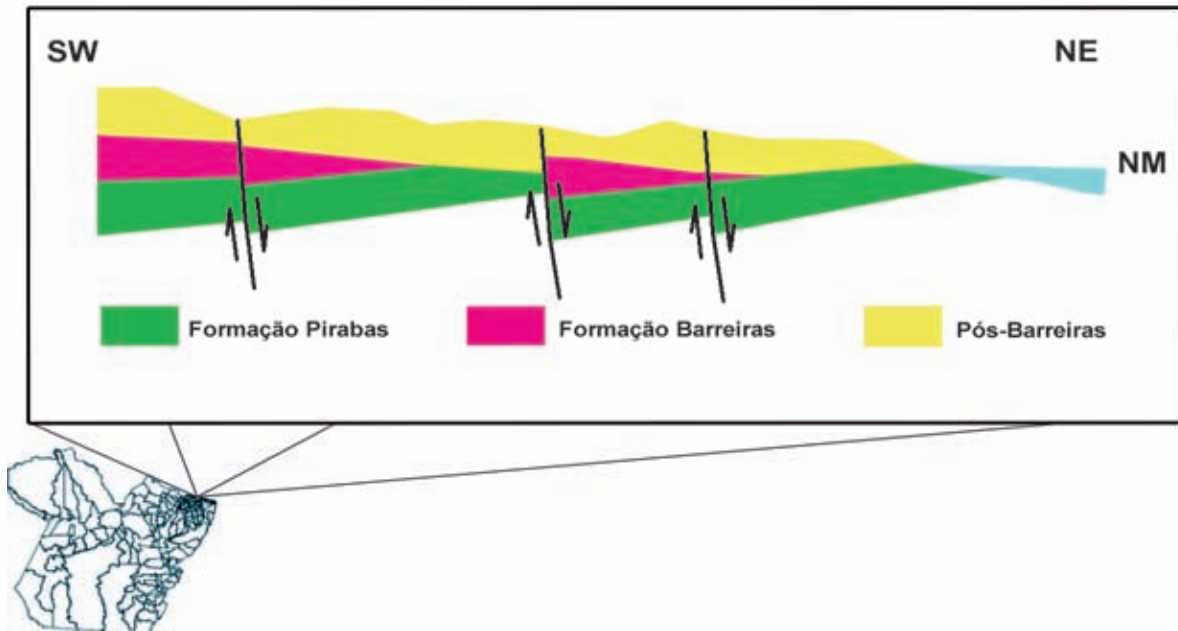
### Formação Itapecuru

A Formação Itapecuru tem ampla distribuição nas regiões nordeste e sudeste do Pará, estando suas melhores exposições localizadas em cortes de estradas, principalmente ao longo das BR-316 e BR-010.

Essa formação é constituída, principalmente, por arenitos arcoseanos de granulometria fina a média, conglomerados e, subordinadamente, folhelhos cinza-esverdeados, marrons ou avermelhados. A referida unidade é correlacionável à porção inferior da Formação Alter do Chão, da Bacia Sedimentar do Amazonas.

No estado do Pará, a Formação Itapecuru ocorre principalmente na região sudeste, sendo que, as principais cidades abastecidas pelo aquífero são: Tucuruí, Paragominas, Jacundá, Ipixuna, Nova Ipixuna, Marabá, Dom Elizeu, Ulianópolis, São Domingos do Araguaia, dentre outras, conforme é apresentado na Figura 4.16.

O Aquífero Itapecuru ocorre sob o tipo poroso, semi-confinado a livre, estando inserido na Região Hidrográfica Dominante do Tocantins (ANA, 2005), sendo que os poços



**Figura 4.15** – Perfil esquemático das estruturas do Quaternário, na direção SW-NE, na região de Salinópolis, nordeste do Pará. Fonte: Costa et al. (1993).

**Tabela 4.6** – Transmissividade e características hidráulicas dos poços dos aquíferos da formação Pirabas, em âmbito regional.

Nível Estático (m)	Profundidade de Captação (m)	Coefficiente de Transmissividade (m <sup>2</sup> /dia)	Capacidade Específica (m <sup>3</sup> /h/m)
11,94	164-234	2.090	12,57
11,13	176-198	2.275	30,25
-	204-262	-	-
5,85	184-230	2.470	11,48
12,35	186-234	1.630	19,04
6,47	190-266	1.760	12,63
9,98	196-262	1.650	11,60
1,89	202-260	4.830	32,34
21	220-263	2.220	14,27

Fonte: Modificado de SEICOM (1995).

existentes que o explotam apresentam profundidades variando entre 24 a 190 m, com vazões de exploração média de 4,0 a 48,0 m<sup>3</sup>/h. De acordo com Costa (2005), os coeficientes hidrodinâmicos médios do aquífero Itapecuru são:

- Transmissividade (T) = 1,5 x 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>/s
- Permeabilidade (K) = 3,8 x 10<sup>-6</sup> m/s
- Porosidade eficaz (m) = 1,3 x 10<sup>-1</sup>

A produtividade do aquífero é média a fraca, tendo os poços a vazão específica entre 1 e 0,13 m<sup>3</sup>/h/m e a vazão entre 25 e 3,2 m<sup>3</sup>/h para rebaixamento de nível d'água de 25 m.

Em relação à qualidade das águas do Aquífero Itapecuru, poucos estudos foram desenvolvidos enfocando o tema, a exemplo de Pereira et al. (2004), que avaliou os aspectos

físico-químicos do Sistema Aquífero Itapecuru-Barreiras, na cidade de São Luís (Maranhão). A condutividade elétrica média no aquífero ficou na faixa de 360 µS/cm e o pH entre 7,0 e 8,0.

De acordo com Pereira et al. (2004), no Aquífero Itapecuru as águas são, predominantemente, bicarbonatadas mistas, tanto no período chuvoso como durante a estiagem.

A vulnerabilidade natural foi analisada na bacia hidrográfica de primeira ordem do igarapé 54, afluente do rio Uraim, no município de Paragominas. Neste estudo, Chaves et al. (2006) utilizaram o método GOD, desenvolvido por Foster e Hirata (1988).

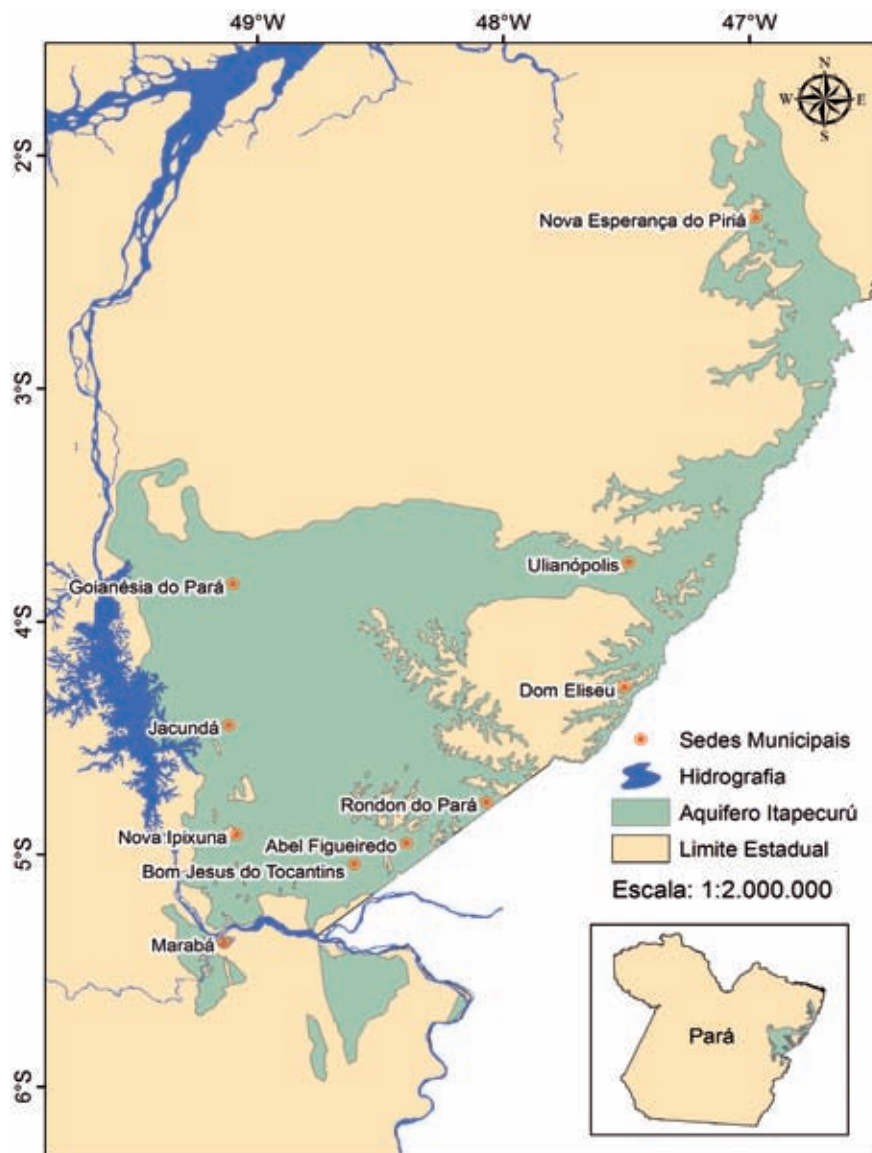


Figura 4.16 – Mapa com as áreas de afloramento do aquífero Itapecuru no estado do Pará.

Na região de Paragominas, o Aquífero Itapecuru é constituído por um conjunto de arenitos de coloração variada, com intercalações de argilitos e siltitos avermelhados, depositados em ambiente continental. Litologicamente, os arenitos são constituídos por arenitos grosseiros a conglomeráticos, arcoseanos; arenitos médios a grosseiros, com matriz argilosa, caulínicas, com estratificações cruzadas de grande porte e plano-paralela e por pequenas intercalações de siltitos e folhelhos avermelhados (CHAVES et al., 2006). Dentro do contexto da Bacia do Parnaíba, esta unidade é classificada como de baixo potencial hidrogeológico, entretanto representa o principal aquífero para captação de água subterrânea no município.

O mapeamento da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas foi realizado com as informações de sete poços tubulares construídos na área enfocada, auxiliado por imagens SRTM geradas a partir do *software* Global

Mapper (CHAVES et al., 2006). Os elementos utilizados para identificar os graus de vulnerabilidade através do método GOD se encontram na Figura 4.17.

Durante o mapeamento da vulnerabilidade do Aquífero Itapecuru, o parâmetro G recebeu valor 0,4 e o parâmetro O, 0,8, por ser considerado na região um aquífero semiconfinado, onde predominam areias aluviais na camada superior. A profundidade do nível estático é superior a 50 m, o que confere o valor 0,6 ao parâmetro D. O índice geral de vulnerabilidade identificado foi de 0,2; o que corresponde à classificação de baixa vulnerabilidade para esta formação.

Após a determinação dos parâmetros avaliados e do produto resultante, Chaves et al. (2006) atribuíram aos valores as classes definidas pela metodologia apresentada na Tabela 4.7. As classes encontradas foram apresentadas sob a forma de um mapa temático, gerado por meio do *software* ArcView 9.0 da ESRI na Figura 4.17.



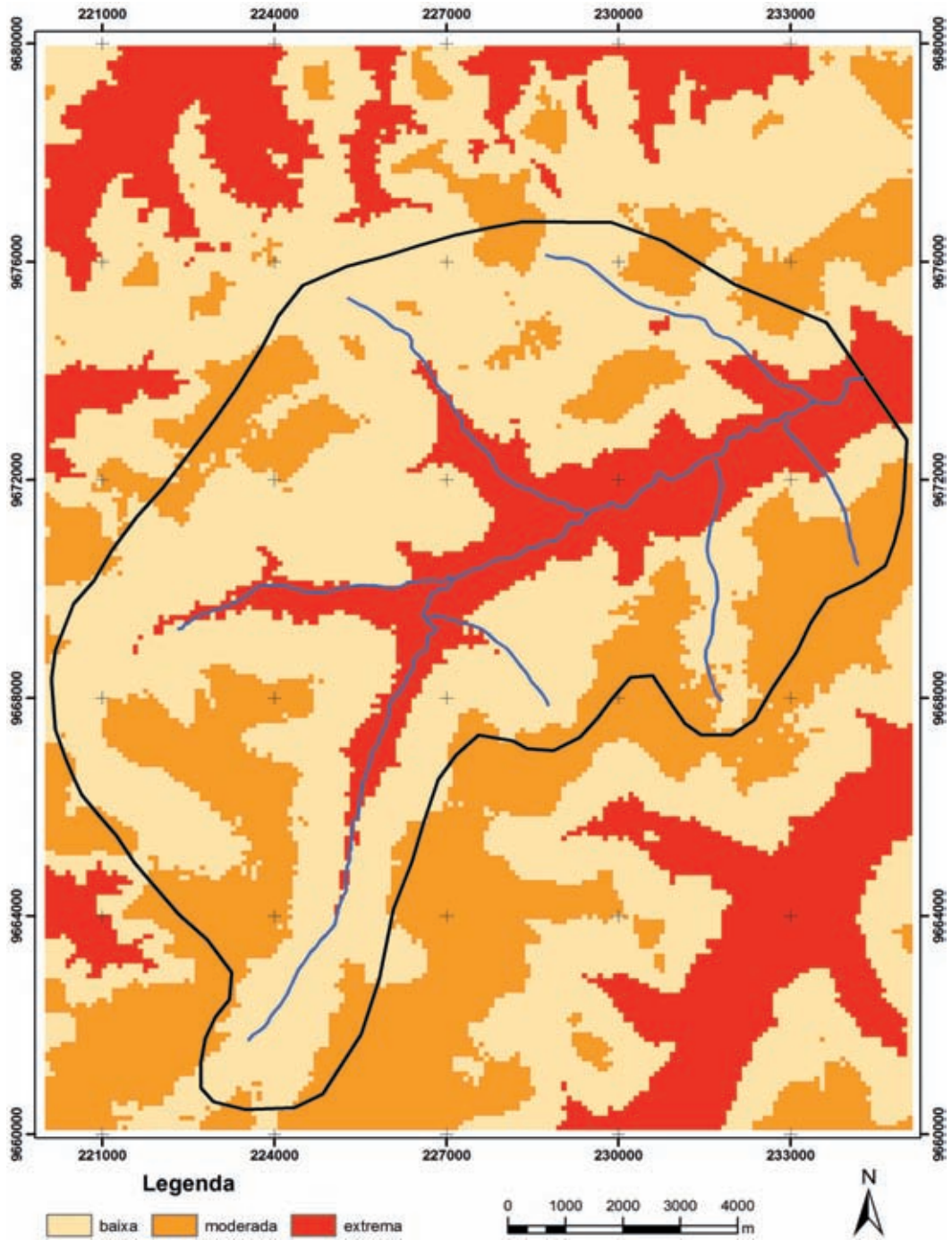


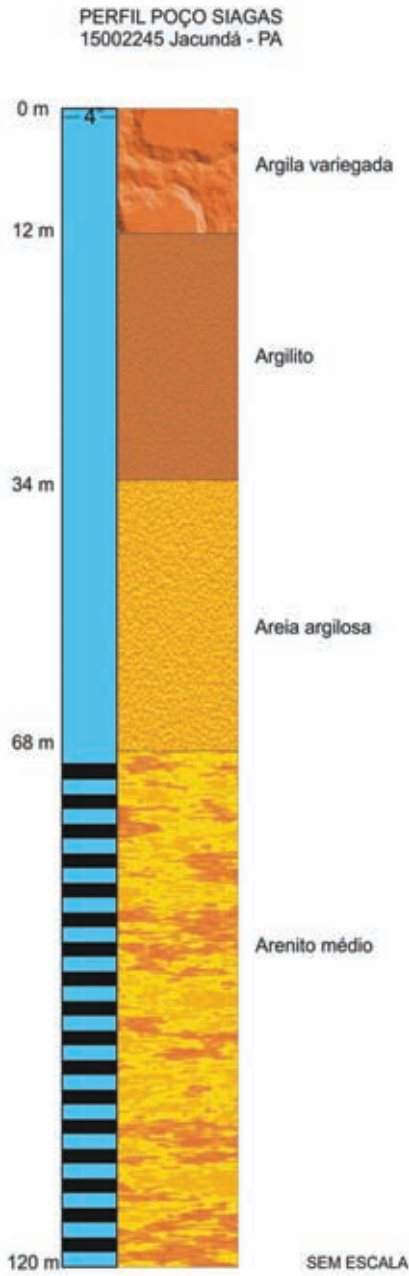
Figura 4.17 – Mapa final de avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos, utilizando o método GOD. Fonte: Foster e Hirata (1988).

Tabela 4.7 – Índice de vulnerabilidade para o aquífero Itapecuru na microbacia do Igarapé 54.

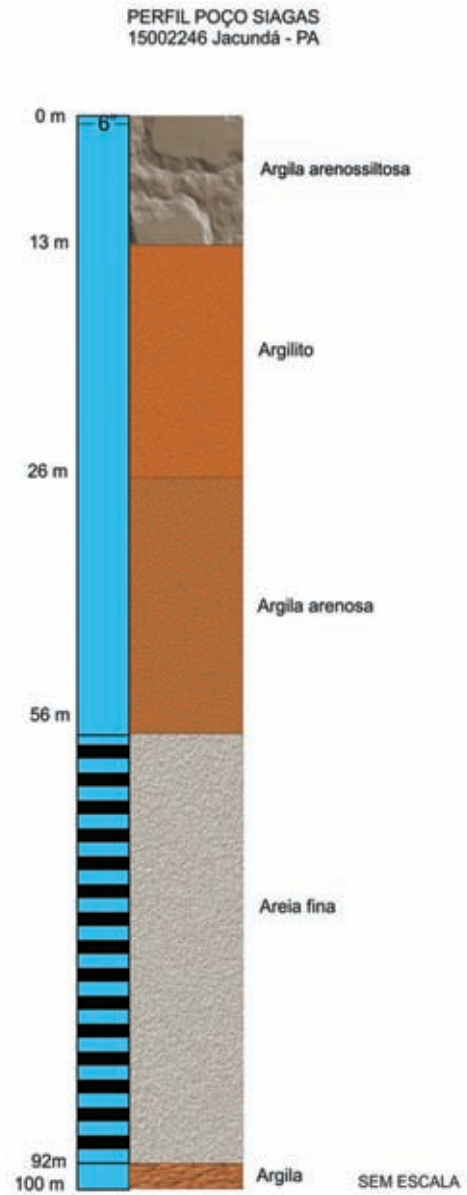
Unidade Geológica	Parâmetros			Índice de Vulnerabilidade	Classe de Vulnerabilidade
	G	O	D		
Formação Itapecuru	0,40	0,80	0,60	0,20	Baixa

Por se localizar na borda da Bacia do Parnaíba, a produtividade do aquífero Itapecuru não é muito expressiva, entretanto, os poços da região sudeste do Pará apresentam profundidades que atingem no máximo 120 metros, e, exploram somente

este aquífero, a exemplo dos poços 15002245 e 15002246 do banco de dados do SIAGAS da Superintendência Regional de Belém do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e localizados no município de Jacundá, apresentados nas Figuras 4.18 e 4.19.



**LEGENDA**



**LEGENDA**



**Figura 4.18** – Perfil geológico e construtivo do poço 15002245 do banco de dados do SIAGAS, localizado na cidade de Jacundá.

**Figura 4.19** – Perfil geológico e construtivo do poço 15002246 do banco de dados do SIAGAS, localizado na cidade de Jacundá.

### ASPECTOS RELEVANTES DO USO

O estado do Pará apresenta cenários diversificados quanto à disponibilidade de águas subterrâneas. De um lado, uma bacia sedimentar cujo potencial de armazenamento chega à casa dos bilhões de metros cúbicos (Amazonas); de outro, regiões assentadas em embasamento cristalino com potencial de acúmulo de água em subsuperfície pouco expressivo – e isso representa 60% do estado.

Apesar de essa realidade pouco atrativa para o uso das águas subterrâneas em todo o território paraense, já é uma realidade a preferência de uso desses recursos hídricos, principalmente por suas qualidades mineralógicas. De acordo com as informações levantadas pela CPRM/SGB sobre os principais aquíferos explorados no estado (Alter do Chão, Barreiras, Pirabas e Itapecuru), de modo geral as águas possuem de baixa a média mineralização, com pH variando entre 4,8 e 8,0 e produtividade de até 300 m<sup>3</sup>/h.

Basicamente, o uso das águas subterrâneas no Pará é para abastecimento de centros urbanos, sendo, portanto, os maiores usuários a Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) e os Serviços Autônomos de Água e Esgoto (SAAs) municipais. Porém, já há um uso crescente por parte de alguns setores produtivos, tais como: indústrias de alimentos, cervejarias, turismo e agronegócio, além de condomínios residenciais. Um dado preocupante é o uso descontrolado das águas de aquíferos rasos para lavagem de veículos automotores (lava-a-jatos), sobretudo na Região Metropolitana de Belém. Essa prática, além de potencialmente causar danos físicos ao ambiente urbano, com

possíveis rebaixamentos do solo e diminuição da descarga de base dos cursos d’água superficiais, lesa o patrimônio ambiental do estado, já que o depredador subtrai um bem da coletividade (Constituição Federal de 1988), dotado de valor econômico (Lei Federal nº 9.433/97), e que, ao mesmo tempo, é essencial para a manutenção da boa qualidade de vida da população.

Outro cenário bastante desanimador é o de gradativa contaminação das águas dos aquíferos freáticos por compostos nitrogenados e hidrocarbonetos, oriundos de esgotos domésticos e postos de combustíveis, respectivamente. Tal cenário se deve, segundo relatório da Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado do Pará (SECTAM, 2005), ao baixo percentual de domicílios atendidos no estado por coleta e tratamento de esgotos domésticos, algo em torno de 2,4%, para coleta, e 0,7%, para tratamento, além da falta de fiscalização permanente nas condições do subsolo dos postos de combustíveis. A ocupação desordenada do solo também se constitui em fato danoso à manutenção da boa qualidade das águas subterrâneas, já que, com a expansão das moradias, a infraestrutura urbana não atende de pronto às demandas ali instaladas, impelindo os ocupantes desses novos espaços a escavar poços sem qualquer preocupação técnica ou ambiental, transformando aquela fonte de captação de água (poço) em possível ponto de contaminação do lençol freático.

Na Figura 4.20 e na Tabela 4.8 é apresentada a espacialização de pontos de coleta de águas subterrâneas na Região Metropolitana de Belém, com os respectivos resultados das análises físico-químico-bacteriológicas.



Figura 4.20 – Bairros de Belém e pontos de coleta de águas subterrâneas para análises físico-químico-bacteriológicas.

Tabela 4.8 – Resultados de análises físico-químico-bacteriológicas em águas de poços de abastecimento público na Região Metropolitana de Belém.

PARÂMETROS	UNI-DADE	AMOSTRAS / PONTOS ANALISADOS																	
		611	713	547	324	707	701	702	711	698	600	600	541	544	530	500	623	496	54
pH	-	5,3	4,3	4,9	6,8	7,0	7,0	7,0	7,1	7,1	3,9	3,4	5,1	4,3	3,8	4,0	3,6	4,6	4,2
Condutividade Elétrica	µS/cm	209	226	23,1	348	296	334	336	341	341	174,2	309	26,3	60,1	79,1	43,6	44	26,7	25,6
Turbidez	mg/L de SiO2	4,0	4,0	4,0	7,0	7,0	4,0	4,0	7,0	7,0	7,0	4,0	4,0	7,0	4,0	7,0	4,0	4,0	3,0
STD	mg/L	224	248	25	363	339	368	368	372	372	190	339	31	66	86	48	49	29	26
Dureza Total	mg/L de CaCO3	75	35,5	18,7	235,9	210,7	208,8	229,6	234,4	229,9	17,1	32,7	12,9	9,2	14,9	9,9	12,4	6,2	9,2
COR APHA	-					2,5							15						
ALC BICARBONATO	mg CaCO	22,5	1,5	5,0	170	162	164	162	165	167	3,0	1,0	9,5	1,0	2,0	0,5	3,0	2,0	2,0
CO2 Livre	Rngn	230,79	153,86	117,49	51,48	30,9	35,15	32,4	25,62	27,78	738,16	814,76	169,34	112,47	302,71	373,3	261,84	150,71	252,38
CO2 Total	Rngn	250,59	155,18	121,89	201,06	173,5	179,47	174,96	170,62	174,74	740,8	815,84	177,7	113,35	303,59	375,06	262,26	153,35	254,14
Cloreto	Rngn	14,38	38,34	9,59	14,38	9,59	19,17	14,38	14,38	11,5	30,67	46,01	5,75	9,59	15,34	16,29	8,54	8,63	7,67
Sulfato Total	mg/L	35,04	6,18	1,15	4,54	6,52	4,38	5,84	5,0	4,89	7,41	1,62	1,0	1,62	1,46	0,85	1,46	1,15	1,15
Nitrito	mg/L	0,11	0,1	o.d.	o.d.	..d.	o.d.	..d.	o.d.	o.d.	o.d.	..d.	..d.	o.d.	o.d.	0,02	..d.	..d.	R.d.
Nitrato	mg/L	12,22	11,99	4,7	0,37	..d.	..d.	R.d.	..d.	..d.	39,26	56,32	17,86	17,99	23,08	14,36	12,95	3,52	5,57
Fosfato Total	mg/L	0,17	0,18	0,18	0,17	0,18	0,19	0,2	0,21	0,2	0,18	0,18	0,21	0,17	0,18	0,18	0,18	0,19	0,18
Na	mg/L	9,59	20,73	0,51	1,93	2,33	2,6	2,7	2,74	2,79	21,75	34,75	3,12	12,1	11,62	9,56	2,12	3,49	1,59
K	mg/L	4,75	6,98	0,43	3,76	3,47	3,59	3,7	3,89	3,87	4,56	9,57	0,23	0,56	1,67	0,6	0,92	0,15	0,51
Ca	mg/L	26,53	10,97	6,49	81	75	66	81	81	76	4,71	9,48	4,24	2,66	4,09	2,96	3,56	2,52	2,66
Fe Total	mg/L	0,06	0,36	0,08	0,39	0,27	0,67	0,57	0,61	0,63	0,08	0,08	0,41	0,08	0,08	0,06	0,08	0,06	0,08
Al	mg/L	0,1	0,34	0,05	0,1	R.d.	o.d.	n.d.	o.d.	o.d.	0,04	0,69	0,05	..d.	0,18	n.d.	n.d.	o.d.	..d.
Coliformes Totais	NIMP /100ml											3,6	43	11		43			3,6
Coliformes Fecais	NIMP /100ml											3,6	9,1	7,3	23				

Modificado de CPRM (2000).



Com o objetivo de acompanhar os níveis e a qualidade das águas dos principais aquíferos do estado, além de implementar uma das muitas ações do Plano Nacional de Recursos Hídricos, a CPRM/SGB está instalando a Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas (RIMAS), a qual, em conjunto com a Rede Hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA) e o Sistema de Informações sobre Águas Subterrâneas (SIAGAS), deverá dar suporte ao órgão gestor de recursos hídricos do Pará, no que tange ao ordenamento de uso das águas de domínio do estado, possibilitando, a médio e longo prazos, mudança no atual cenário de gestão dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H.G. **Folhas SA.23-V e SA.23-Y; São Luís NW e São Luís SW**. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.
- ANA. Ministério do Meio Ambiente. **Águas subterrâneas**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2002.
- ANA. Ministério do Meio Ambiente. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. **Caderno de Recursos Hídricos**, Brasília, 2005. v. 1.
- ALMEIDA, F.M.; MATTA, M.A.S.; DIAS, E.R.F.; SILVA, D.P.B.; FIGUEIREDO, A.B. Qualidade das águas subterrâneas do sistema aquífero Barreiras na bacia hidrográfica do Tucunduba, Belém/PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., Cuiabá, 2004. **Anais...** Cuiabá: ABAS, 2004. 1 CD-ROM.
- ARAÚJO, P.P.; TANCREDI, A.C.F.N.S. Nitrato em aquífero freático na Amazônia oriental: cidade de Santa Izabel do Pará, Brasil. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1.; CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 11., Fortaleza, 2000. **Anais...** Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH, 2000. CD-ROM.
- BOMFIM, L. F. C. (Coord.). **Mapa de domínios/ subdomínios hidrogeológicos do Brasil 1:250.000**: arquivos de impressão. Salvador: CPRM, 2006. 1 CD-ROM.
- CHAVES, L.M.L.; SCHULER, A.E.; CHAVES, C.L. Avaliação da vulnerabilidade natural do aquífero em bacia de pequeno porte do rio Uraim, Paragominas, PA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., São Paulo, 2006. **Anais...**
- CORTEZ, C.M.B.; TAGLIARINI, E.M.; TANCREDI, A.C.F.N. Utilização de águas minerais dos aquíferos do grupo Barreiras na região de Belém (PA). In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1.; CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 11., Fortaleza, 2000. **Anais...** Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH, 2000. CD-ROM.
- COSTA, J.B.S.; BORGES, M.S.; BEMERGUY, R.L.; FERNANDES, J.M.G.; COSTA Jr., P.S.; COSTA, M.L. Evolução cenozoica da região de Salinópolis, nordeste do estado do Pará. **Geociências**, v. 12, n. 2, p. 353-372, 1993.
- COSTA, W.D. Projeto Áridas: uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste. In: ÁGUA SUBTERRÂNEA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO NORDESTINO, GT 26, 2005. Brasília: Ministério da Integração, 2005.
- CPRM. Mapa de domínios e subdomínios hidrogeológicos do estado do Pará. Belém: CPRM, 2007.
- CPRM. Rede integrada de monitoramento de águas subterrâneas (RIMAS): relatório diagnóstico do aquífero Alter do Chão. Belém: CPRM, 2010. 35 p.
- CPRM. Rede integrada de monitoramento de águas subterrâneas (RIMAS): relatório diagnóstico do aquífero Itapecuru. Belém: CPRM, 2010. 22 p.
- FERREIRA, C.S. Características litopaleontológicas da formação Pirabas, estado do Pará. **Bol. Div. Nac. Geol. Min.**, v. 41, p. 101-111, 1966.
- FERREIRA, C.S. Contribuição à paleontologia do estado do Pará: o gênero *Orthaulax* Gabb, 1882, na formação Pirabas. X (Mollusca-Gastropoda). In: SIMPÓSIO BIOTA AMAZÔNICA, Belém. **Atas...** CNPq, v. 1, p. 169-187, 1967.
- FERREIRA, C.S. Notas estratigráficas sobre o cenozoico do estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1., Belém, 1982. **Anais...** Belém: SBG, 1982. v. 1, p. 84-88.
- FERREIRA, L.; HIRATA, R. Determinação de risco de contaminação de águas subterrâneas por sistemas de saneamento *in situ*. Estudo de caso: município de Campinas (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 10., Gramado, 1993. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 1993.
- FOSTER, S.; HIRATA, R. **Groundwater pollution risk evaluation**: the methodology using available data. Lima: CEPIS-OPIS-OMM, 1988. 81 p.
- LEAL, A.S. **As águas subterrâneas no Brasil**: ocorrências, disponibilidades e uso. Brasília: ANEEL, 1999. CD-ROM.

FUNASA. **Perfil litológico do poço PT-01/89 SIZ-FSESP**. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 1989.

MAURY, C.J. Fósseis terciários do Brasil com descrição de novas formas cretáceas. **Bol. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil**, Rio de Janeiro, 1925. 665 p. (Monografia 4).

OLIVEIRA, J. R. **Projeto estudos hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e adjacências**. Belém: CPRM, 2002. 1 CD-ROM.

PEREIRA, L.; SANTIAGO, M.M.F.; MENDONÇA, H.F.; LIMA, J.O.G.; MENDES FILHO, J. Medidas hidroquímicas e isotópicas em águas subterrâneas que abastecem o município de São Luís, Maranhão. **Rev. Águas Subterrâneas**, n. 18, 2004.

SAUMA FILHO, M. **As águas subterrâneas de Belém e adjacências**: influência da formação Pirabas e parâmetros físico-químicos para medidas de qualidade. 1996. 128 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

SECTAM. **Sistema de gerenciamento de recursos hídricos do estado do Pará**. Belém: Secretaria

Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado do Pará, 2005. (Relatórios Técnicos, v. 1).

SEICOM. **Plano diretor de mineração em áreas urbanas, região metropolitana de Belém e adjacências**: projeto de estudo do meio ambiente em sítios de extração de materiais de construção na região de Belém-Benevides, estado do Pará. Relatório Final. Belém: Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração/Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1995. 157 p. 2 v.

TÁVORA, V.A., GONÇALVES, D.F.; ARAÚJO, T.C.C. Ocorrência de uma nova espécie de escleractíneo (Coelenterata) na formação Pirabas (Eomioceno), estado do Pará. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, n. 2, p. 231-234, 2002.

TANCREDI, A.C.F.N.S. **Recursos hídricos subterrâneos de Santarém**: fundamentos para uso e proteção. 1996. 153 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T. (Org.). **Geologia e recursos minerais do estado do Pará**: texto explicativo. Belém: CPMR, 2008. 1 CD-ROM; Escala 1:1:000.000. Sistema de Informações Geográficas - SIG. Programa Geologia do Brasil - PGB.

# 5

## RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

Victor Hugo da Motta Paca (*victor.paca@cprm.gov.br*)

David Franco Lopes (*david.lopes@cprm.gov.br*)

João Batista Marcelo de Lima (*joão.marcelo@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Introdução .....	77
Caracterização .....	77
Rede de monitoramento hidrológico .....	77
Dados da rede de monitoramento hidrológico .....	79
Pluviometria/Evaporimetria .....	80
Fluviometria .....	81
Medição de descarga líquida .....	83
Estações telemétricas .....	85
Medição de descarga sólida .....	87
Levantamento dos parâmetros de qualidade da água .....	88
Levantamento de seção transversal .....	88
Referências .....	88





## INTRODUÇÃO

O estado do Pará é o segundo maior do Brasil em extensão territorial, com uma superfície de 1.247.690 km<sup>2</sup>, correspondente a 15% do território nacional e tem o benefício de ser entrecortado por 3 grandes bacias hidrográficas nacionais, a saber, a Amazônica (Bacia 1), Tocantins-Araguaia (Bacia 2) e Atlântico Norte (Bacia 3). Essas divisões foram estabelecidas pelo “Projeto Hidrologia”, em 1972, pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica-DNAEE (ANA, 2007) e institucionalizadas pela Res.32/03 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2003), dividindo o país em 12 regiões hidrográficas distintas.

No entanto, diante de tanta disponibilidade, é necessário conhecer tais recursos naturais, visando obter os dados necessários para a produção de conhecimento, adequado gerenciamento, valorização e valoração da água. E o monitoramento hidrometeorológico é a ferramenta adequada para atingir tal objetivo. O monitoramento dos recursos hídricos superficiais no estado do Pará se dá por meio de diversas instituições (Agência Nacional de Águas, IBAMA, Centrais Elétricas do Pará-CELPA, e Usinas Hidrelétricas, entre outras), contando com 392 estações instaladas há mais de 40 anos, por meio da qual se procede à obtenção de dados de chuvas, níveis das águas dos rios, descargas líquidas e sólidas, levantamento dos perfis transversais das seções de medição e qualidade das águas.

O interesse inicial, quando da concepção da rede, era a obtenção de dados para utilização do setor elétrico, tendo em vista a possibilidade de criação de barramentos para fins de construção de usinas hidrelétricas. Com a aprovação da Lei nº 9.433/97, que criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), foram introduzidas mudanças quanto ao uso do recurso natural “água”. Uma das mais importantes foi a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, o que ampliou o foco exponencialmente. Na atualidade, qualquer empreendimento que utilize os recursos hídricos no Brasil deve ter como meta principal a manutenção do uso múltiplo das águas.

## CARACTERIZAÇÃO

Região Hidrográfica Amazônica: a mais extensa rede hidrográfica do mundo ocupa uma área total aproximada de 6.974.410 km<sup>2</sup>, desde as nascentes, nos Andes Peruanos, até sua foz, no oceano Atlântico, sendo 64% no território brasileiro, dos quais 29% no Pará. O rio Amazonas, em sua última seção de medição antes da foz, no município de Óbidos, tem a descarga líquida média de 180.000 m<sup>3</sup>/s. Como principais afluentes no estado do Pará, em sua margem esquerda estão os rios Nhamundá, Trombetas, Curuá, Maicuru, Paru e Jarí; em sua margem direita, os rios Tapajós e Xingu. No Pará, as sub-bacias são: 16 (rio Trombetas), 17 (rio Tapajós), 18 (rio Xingu) e 19 (rio Jari). O estuário da foz do rio Amazonas influencia

toda a região do arquipélago de Marajó, tendo influência de maré registrada até as cidades de Santarém e Óbidos.

Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia, constituída pela bacia hidrográfica do rio Tocantins. Engloba os rios Itacaiúnas, Tocantins e Araguaia, que tem suas nascentes na Região Centro-Oeste do Brasil. As sub-bacias constituintes no Pará são: 23 (rio Tocantins), 27 (rio Araguaia), 28 (baixo trecho do rio Araguaia) e 29 (baixo trecho do rio Tocantins, após confluência com o rio Araguaia).

Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, que tem uma área de 254.100 km<sup>2</sup>, sendo 9% dessa área pertencentes ao Pará. Tem como seus principais rios: Capim, Moju, Acará na sub-bacia 31 (rio Guamá) e Gurupi, parte da sub-bacia 32 (rios litorâneos do Pará).

As regiões hidrográficas e respectivas sub-bacias são apresentadas na Figura 5.1.

No estado existem duas barragens hidrelétricas: Curuá-Una, próximo a Santarém, e Tucuruí, no rio Tocantins.

## REDE DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO

Atualmente, das 392 estações administradas pela Agência Nacional de Águas (ANA), que compõem a rede básica de monitoramento hidrometeorológico no estado do Pará, 147 estão sob a responsabilidade operacional da CPRM/SGB (Superintendência Regional de Belém) (Figura 5.2).

O restante das estações encontra-se sob a responsabilidade de Centrais Elétricas Norte do Brasil S/A (ELETRONORTE) desde 2003, para estudos de viabilidade de implantação de empreendimentos hidroenergéticos, além de estações de responsabilidade de Usinas Hidrelétricas (UHE), baseadas na Resolução 396/1998-Aneel, que estabelece a obrigatoriedade de instalar, manter e operar estações pluviométricas e fluviométricas nas regiões hidrográficas de aproveitamentos elétricos; IBAMA e Centrais Elétricas do Estado do Pará (CELPA)

As 147 estações sob o domínio da CPRM/SGB são operadas por intermédio de 13 roteiros, visitados, em média, quatro vezes ao ano. Esses roteiros são definidos em função da acessibilidade e logística de transporte: fluvial, terrestre e aérea.

No processo de obtenção dos dados de pluviometria (chuvas), fluviometria (nível dos rios) e evaporimetria (evaporação), estes são coletados *in loco* por observadores hidrológicos, que se constituem em moradores vizinhos das estações hidrometeorológicas, os quais colaboram com a CPRM/SGB efetuando as leituras diárias nos aparelhos e régua fluviométricas, registrando cada leitura diária no Boletim de Observação. Outra forma de obtenção desses dados é com aparelhos telemétricos (via satélite) ou *data loggers*, ambos de coleta e registro de forma automática. As demais informações – medição de descarga líquida (vazão), sólida (sedimentos) e levantamento dos parâmetros de qualidade das águas – são obtidas somente *in loco*, por Técnicos e Pesquisadores em Geociências da CPRM/SGB, nas visitas trimestrais realizadas às estações hidrometeorológicas (Tabela 5.1), seguindo critérios definidos pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

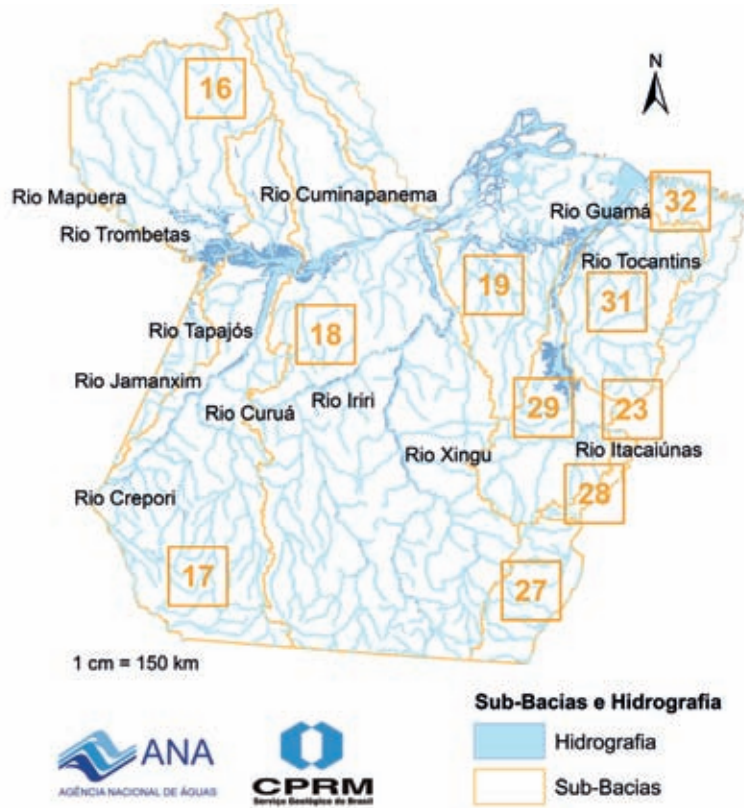


Figura 5.1 - Mapa das Sub-Bacias e Principais Rios.

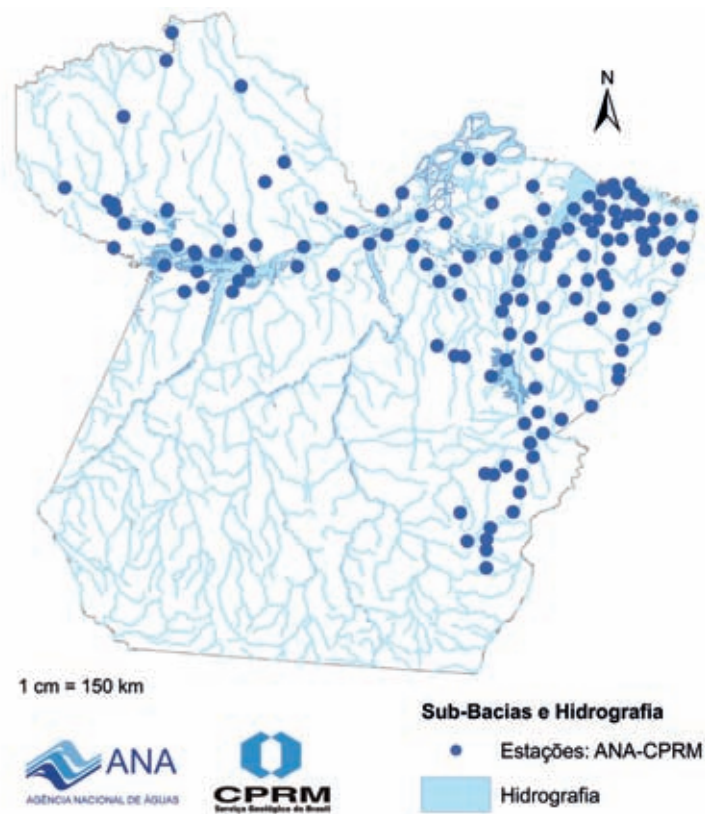


Figura 5.2 - Mapa das Estações operadas pela CPRM.

A rede de monitoramento hidrológico no Pará é operada pela CPRM/SGB (dados de 2010) da seguinte forma:

Via aérea: por aviões bimotor e monomotor, dependendo da época do ano, em função das chuvas e das condições das pistas, na Calha Norte, nas áreas de reserva indígena, tendo como principal parceiro a Fundação Nacional do Índio (FUNAI), na região dos rios Trombetas, Erepecuru, Mapuera e Pará.

Via fluvial: com barco sediado em Santarém, um roteiro que inclui o rio Trombetas, até a localidade de Cachoeira da Porteira, e os rios Cachorro e Erepecuru, até a localidade de Vista Alegre, e um roteiro que segue os rios Curuá, Maicuru, Tapajós e Aruã. Saindo de Belém, um roteiro inclui a região do baixo Amazonas e Marajó (parte sul do arquipélago), enquanto outro segue pelo rio Tocantins, até o município de Baião, e também pelos rios Capim e Guamá.

Via terrestre: nordeste e sudeste do Pará, respectivamente, a região Bragantina e o polo Marabá/Carajás.

Apesar de os constantes esforços para melhoria da rede hidrometeorológica no estado do Pará, esta ainda se encontra aquém do recomendável pela OMM (Tabela 5.2). Tal situação é reflexo da complexa logística em algumas regiões, pouco adensamento populacional em outras, acessibilidade e viabilidade de observadores em condições adequadas, além do custo operacional da rede, resultando em uma densidade abaixo da orientação da OMM, como observado na Tabela 5.3.

### Dados da Rede de Monitoramento Hidrológico

No estado do Pará, atualmente, não há problemas de escassez de água. Os principais cursos d'água mantêm-se perenes durante todo o ano, excetuando-se alguns rios da região sudeste do estado, nos quais já se observa a condição de intermitência, reflexo das estiagens severas recentemente registradas.

**Tabela 5.1** – Dados da rede de monitoramento hidrológico operada pela CPRM/SGB no estado do Pará.

Total de Estações	Estações Pluviométricas	Estações Fluviométricas	Estações Evaporimétricas	Estações Tele-métricas	Medição Descarga Líquida/Ano	Medição Descarga Sólida/Ano	Levantamento dos Parâmetros de Qualidade da Água/Ano
147	117	53	3	17	139	47	139

**Tabela 5.2** – Densidade mínima de estações recomendadas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

Densidade Mínima para uma Rede Pluviométrica/Pluviográfica		
Tipo de Região	Densidade Mínima (km <sup>2</sup> /estação)	Densidade Mínima Tolerada em Condições Adversas <sup>(1)</sup> (km <sup>2</sup> /estação)
I. Regiões planas de zonas temperada, mediterrânea e tropical	600-900	900-3.000
II. Regiões montanhosas de zonas temperada, mediterrânea e tropical	100-250	250-1.000 <sup>(2)</sup>
III. Regiões áridas e polares <sup>(3)</sup>	1.500-10.000 <sup>(4)</sup>	-

Notas:

(1) Essas densidades são toleradas excepcionalmente para regiões com baixa densidade populacional, com dificuldades de comunicação ou por razões econômicas.

(2) Sob condições adversas esse valor pode ser estendido para 2.000 km<sup>2</sup>.

(3) Grandes desertos não estão incluídos.

(4) Dependendo da viabilidade.

**Tabela 5.3** – Densidade da rede pluviométrica por sub-bacia analisada.

Sub-Bacia	Nº de Estações		Pr/P (%)	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Densidade (km <sup>2</sup> /estação)
	P	Pr			
19	29	1	3,45	219.845	7.581
29	17	0	0,00	75.040	4.414
30	12	4	33,33	81.522	6.794
31	28	3	10,70	82.023	2.929
32	35	3	8,57	87.586	2.503

## Pluviometria/Evaporimetria

Os dados de precipitação observados pela CPRM/SGB são medições pontuais, provenientes de dois tipos de equipamentos:

**Pluviômetro:** Tem suas leituras efetuadas por volta das 7 horas, registrando a chuva acumulada de 24 horas. Os pluviômetros possuem uma área de captação de 400 cm<sup>2</sup>, dos quais 40 ml correspondem a 1 mm de chuva (SANTOS et al., 2001), representando 1 litro despejado em uma área de 1 m<sup>2</sup>, lido em proveta graduada.

**Pluviógrafo:** Registra as informações durante 24 horas contínuas; os rolos gráficos são trocadas no mesmo horário em que é lida a informação do pluviômetro. O registro no rolo do pluviógrafo informa a duração e a intensidade da chuva, pois se pode aferir, a partir do registro gráfico, o quanto choveu em determinado período.

De posse das informações de chuva e após o tratamento de consistência de dados, obtêm-se informações

para cálculo e dimensionamento de sistemas de drenagem urbana, modelos matemáticos com estimativa e expectativa de chuvas para determinada região, espacialização das informações pontuais, planejamento de obras e estruturas hidráulicas, agricultura e medidas de emergência para a população, com registro das épocas de maior e menor pluviosidade.

A espacialização da rede pluviométrica/evaporimétrica no Pará é mostrada na Figura 5.3, enquanto na Figura 5.4 é mostrado um exemplo de estação que compõem essa rede.

A distribuição da precipitação média dos totais anuais do Pará apresenta como regiões mais chuvosas a parte nordeste, onde também se encontra mais bem adensada a rede (Figura 5.1), com registros de precipitações superiores a 3.000 mm/ano (Figura 5.5). Nas partes central e sudeste do estado são registrados os valores mínimos, onde há registros de rios em condições intermitentes devido às poucas chuvas no trimestre mais seco e à baixa capacidade de escoamento de base (contribuição das águas subterrâneas em períodos de estiagem).

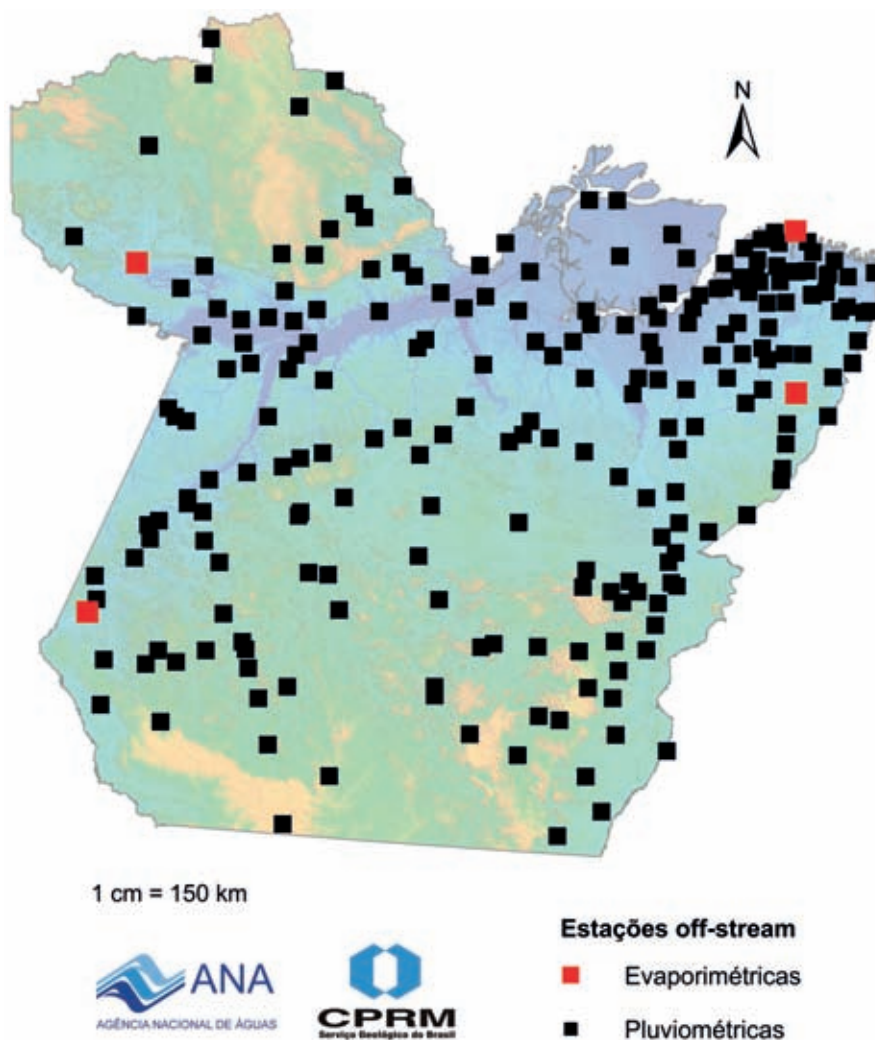


Figura 5.3 - Mapa das Estações Pluviométricas e Evaporimétricas (off-stream).





Figura 5.4 - Estação Pluviográfica em Belém - 4º Distrito Naval.

## Fluviometria

Os registros de altura dos níveis dos rios são obtidos a partir de estações fluviométricas (Figura 5.6), instaladas em seções transversais de cursos d'água estratégicos para determinada finalidade. As referidas seções compõem um conjunto de réguas niveladas, uma em função da outra, na relação de 1 m, obedecendo à declividade da margem escolhida, observada em centímetros, tendo a terminologia de cota fluviométrica, que é a altura da superfície da água referida a um plano pré-fixado (DNAEE, 1967). A seção de réguas é fixada de acordo com duas referências de nível (RRNN), que determinam planos horizontais associados a cotas arbitrárias, pela impossibilidade de referi-las ao nível médio do mar. As observações são efetuadas às 7:00 e às 17:00 horas, diariamente.

A localização das estações fluviométricas e fluviográficas no Pará é apresentada na Figura 5.7. Na Tabela 5.4 é mostrada a densidade dessas estações na rede hidrometeorológica por sub-bacia analisada, segundo os critérios da OMM e na Tabela 5.5, a densidade da rede fluviométrica por sub-bacia analisada.

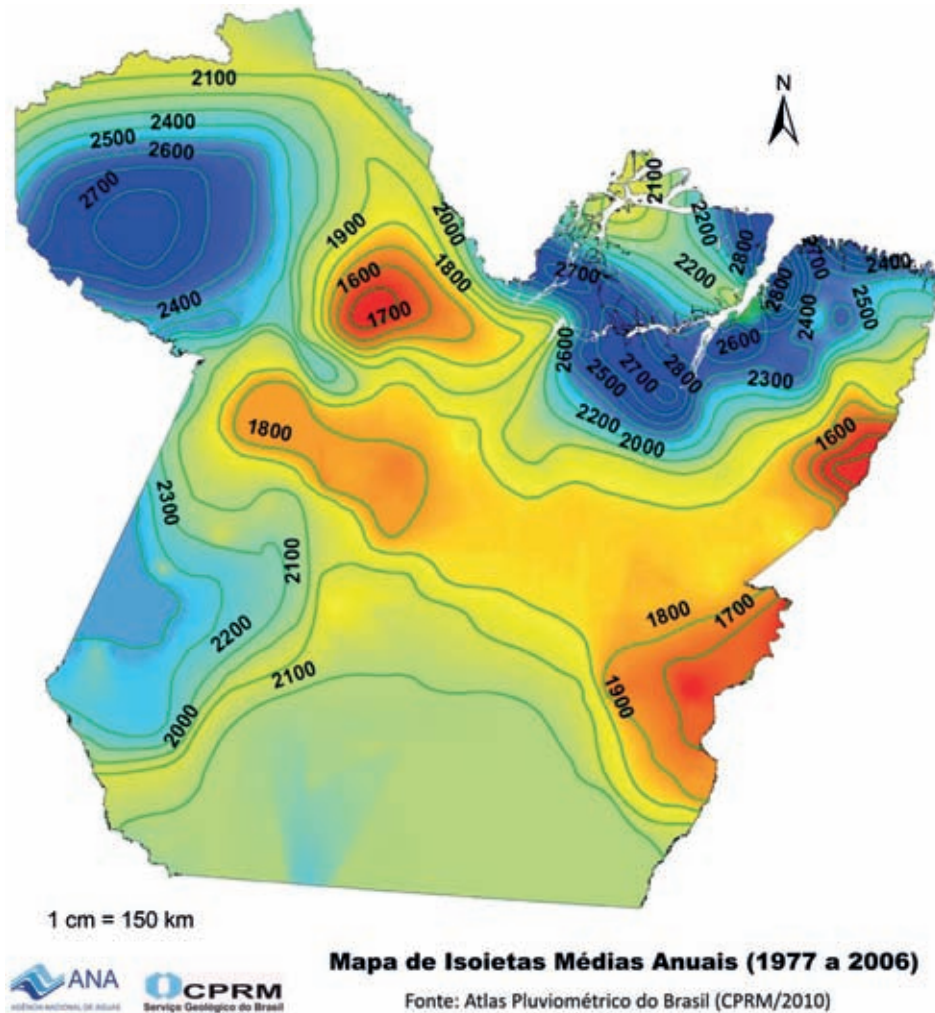


Figura 5.5 - Mapa de intensidades pluviométricas (isoietas) médias anuais.



Figura 5.6 - Estação Fluviométrica (Réguas) de Badajós.

Em cada visita à estação, é verificado o nivelamento das réguas, em função dos RRNN, para garantir a fidelidade dos valores lidos pelo observador, com relação às cotas dessas referências. Procede-se ao registro contínuo com linígrafos, que, assim como o pluviógrafo, gera gráficos trimestrais dos níveis dos rios. Devido à dificuldade de obtenção de peças de reposição dos equipamentos precursores do conjunto linigráfico da rede, eles estão sendo trocados por equipamentos automáticos (Plataformas de Coletas de Dados-PCD), que podem disponibilizar em tempo real, ou armazenar continuamente os dados em dispositivos especiais as informações das condições físicas dos rios em que são instalados e programados para monitorar.

O monitoramento fluviométrico em pontos de corredeiras e quedas d'água é de grande interesse para o setor elétrico, pois se obtêm informações, a partir da sazonalidade, de valores potenciais mínimos e máximos, que subsidiarão estudos de viabilidade de aproveitamento hidrelétrico naquele curso d'água. Da mesma forma, as informações de cotas mínimas e máximas são essenciais para sistemas de alerta contra eventos

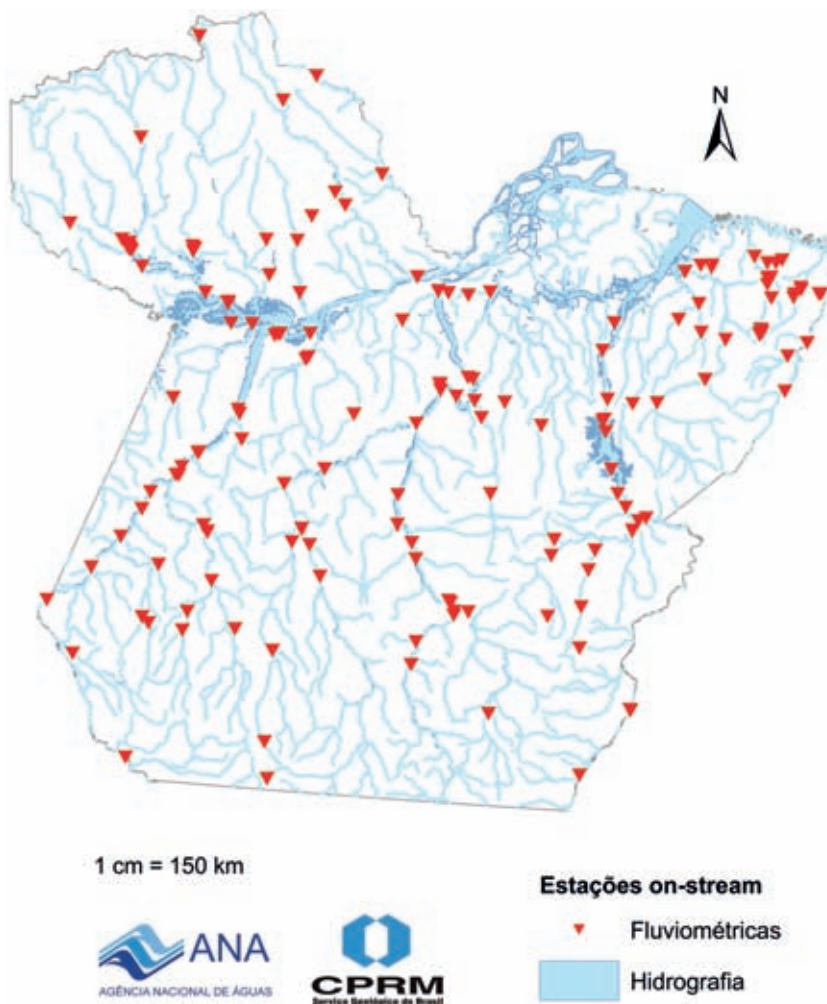


Figura 5.7 - Mapa das Estações Fluviométricas (on-stream).

**Tabela 5.4** – Densidade mínima de estações recomendadas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

Densidade Mínima para uma Rede Fluviométrica/Fluviográfica		
Tipo de Região	Densidade Mínima (km <sup>2</sup> /estação)	Densidade Mínima Tolerada em Condições Adversas <sup>(1)</sup> (km <sup>2</sup> /estação)
I. Regiões planas de zonas temperada, mediterrânea e tropical	1.000-2.500	3.000-10.000
II. Regiões montanhosas de zonas temperada, mediterrânea e tropical	300-1.000	1.000-5.000 <sup>(2)</sup>
III. Regiões áridas e polares <sup>(3)</sup>	5.000-20.000 <sup>(4)</sup>	-

Notas:

(1) Essas densidades são toleradas excepcionalmente para regiões com baixa densidade populacional, com dificuldades de comunicação ou por razões econômicas.

(2) Sob condições adversas esse valor pode ser estendido para 10.000 km<sup>2</sup>.

(3) Grandes desertos não estão incluídos.

(4) Dependendo da viabilidade.

**Tabela 5.5** – Densidade da rede fluviométrica por sub-bacia analisada.

Sub-Bacia	Nº de Estações		Fr/F (%)	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Densidade (km <sup>2</sup> /estação)
	F	Fr			
19	8	6	75,00	219.845	27.481
29	10	3	30,00	75.040	7.504
30	9	3	33,33	81.522	9.058
31	8	3	37,50	82.023	10.253
32	10	3	30,00	87.586	8.759

extremos (riscos de desastres, cheias e enchentes). Atualmente, com a visão do uso múltiplo dos recursos hídricos e gerenciamento dos interesses dos usuários, dá-se também visibilidade aos setores já consolidados, como abastecimento de água, diluição de despejos, navegação e irrigação (Tabela 5.6).

### Medição de Descarga Líquida

A CPRM/SGB realiza as medições de descarga líquida basicamente por meio de dois métodos: o convencional, com uso de molinetes hidrométricos (de hélice ou conchas) (Figura 5.8); ou com o perfilador acústico ADCP (Acoustic Doppler Current Profile, na sigla em inglês) (Figura 5.9).

No primeiro caso, há duas possibilidades da execução e cálculo da medição: método da seção média e método da meia seção (Figura 5.10). Em ambos os métodos, pelas dimensões dos rios monitorados no estado do Pará, as seções de medição são divididas em torno de 30 verticais e feita a tomada de velocidade a 20% e 80% da profundidade em cada vertical (método dos dois pontos). Com o auxílio de um contador de pulso (ou campainha) define-se o número de rotações da hélice (ou conchas) do molinete por unidade de tempo, que gira em torno de 40 segundos. A partir dessas informações (número de rotações e intervalo de tempo decorrido), obtém-se a velocidade da água, em cada vertical, através da curva de calibragem do molinete. Como em cada vertical é medida sua profundidade, podemos calcular a área

**Tabela 5.6** – Características hídricas de alguns rios do estado do Pará.

Disponibilidade e Demanda de Recursos Hídricos										
Sub-Bacia	Área (km <sup>2</sup> )	P (mm)	E (mm)	Q Média (m <sup>3</sup> /s)	Demandas (m <sup>3</sup> /s)					Demanda Total/Vazão (%)
					Humana	Irrigação	Animal	Industrial	Total	
Tocantins	391.078	1.605	1.259	4.290	3,07	22,21	3,90	0,00	29,18	0,70
Araguaia	358.126	1.739	1.246	5.596	1,90	29,18	2,62	0,00	33,69	0,60
Rio Pará	89.394	2.400	1.864	1.520	0,42	0,00	0,69	0,00	1,11	0,07
Rio Guamá	104.408	2.437	1.775	2.192	5,84	42,10	0,58	2,00	50,52	2,30
Total	943.006	1.721	1.266	13.598	12,06	93,49	7,79	2,00	114,50	0,80

P = Precipitação; E = Evapotranspiração; Q = Vazão

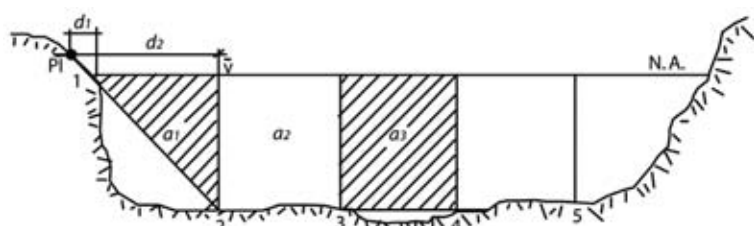




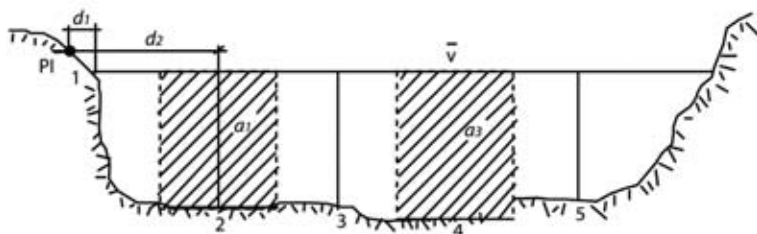
Figura 5.8 - Molinete Hidrométrico de Hélice.



Figura 5.9 - ADCP Workhorse Rio Grande 600 kHz.



1 - Cálculo pelo método da seção média



2 - Cálculo pelo método da meia seção

Figura 5.10 - Métodos de medição de vazão.

da seção molhada. De posse da velocidade ( $v$ , em m/s) e da área da seção molhada ( $A$ , em  $m^2$ ) e utilizando a equação da continuidade:  $Q=v.A$ , é obtida a vazão líquida ( $Q$ , em  $m^3/s$ ) naquela seção transversal do curso d'água.

A cada medição de descarga são observadas as cotas de início e final dos trabalhos. No decorrer do tempo, em uma seção estável e de controle adequado, obtém-se uma relação unívoca de cota x descarga – curva-chave da seção de medição, em que, para cada valor de leitura do nível d'água, há, em um intervalo de tolerância, um valor correspondente de vazão líquida (Figura 5.11).

A divisão de seções do rio para tomada de profundidade e velocidades pode ser feita a cabo graduado em seções de até 400 m, ou acima disso, com uso dos equipamentos a sextante ou GPS.

No segundo método, o processo operacional é mais simples. O ADCP é um equipamento de medição baseado

no efeito Doppler, que foi descrito teoricamente em 1842 pelo matemático e físico austríaco Christian Johann Doppler em Praga (capital da República Checa). O efeito Doppler consiste em uma característica das ondas que, quando emitidas ou refletidas por um objeto em movimento com relação a determinado referencial, possibilitam calcular a velocidade desse objeto, pela mudança de frequência observada.

O ADCP é composto por uma sonda com número variado de transdutores (emissor receptor de ondas sonoras). Existem equipamentos com três, quatro ou até nove transdutores. Os modelos antigos possuem ainda um *deck box* (conjunto de *hardware*) pois, em decorrência do tamanho dos integrados e circuitos da época, estes não cabiam no corpo do equipamento. Nos equipamentos de segunda e terceira geração todo o *hardware* é acondicionado no corpo do aparelho e,

através de seu *firmware* (*software* interno autônomo), ele emite, recebe, lê e processa os pulsos acústicos, para serem transmitidos a um computador e interpretados com um *software* específico de acompanhamento *on-line* em forma de gráficos, tabelas e dados numéricos. As ondas emitidas viajam por meio da água em frequências preestabelecidas (para uso em rios: 300, 600, 1.200 ou 2400 kHz, para os equipamentos da RDI; 500, 1.000, 1.500, 3.000 e 5.000 kHz, para os equipamentos da Sontek). Cada equipamento é utilizado até determinado limite de profundidade, em função do inverso de sua frequência. Assim, quanto maior a frequência, menor é a profundidade que o aparelho mede.

Na medição de descarga líquida com uso do ADCP, são emitidos pulsos de ondas sonoras em direção ao fundo do corpo d'água, que, ao refletirem no material em suspensão, mudam de frequência, o que é captado pelo próprio aparelho que, através de um *software* específico,



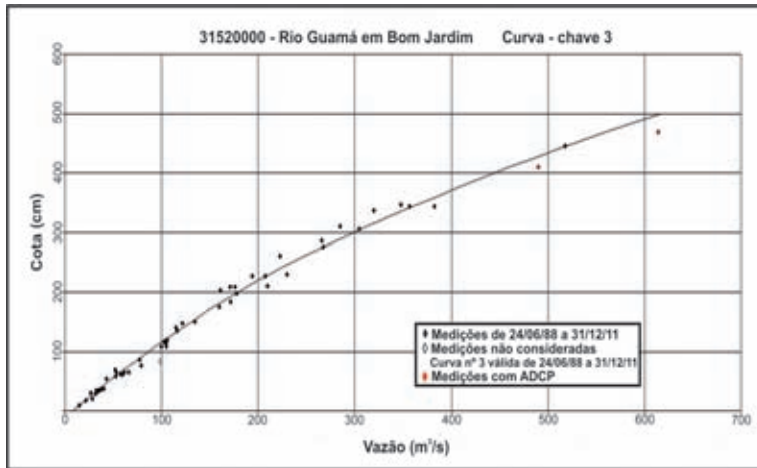


Figura 5.11 - Exemplo de Curva-Chave do Rio Guamá na estação Bom Jardim.

calcula a velocidade das partículas em suspensão, o que se considera ser a mesma velocidade da água. Durante esse processo, são registrados os perfis transversais da seção de medição, o que permite calcular o volume de água que passa por ela naquele determinado momento.

Na Figura 5.12 é apresentada o registro da medição com uso de ADCP de 600 kHz (Rio Grande), sendo lido pelo software WinRiver (Teledyne/RD Instruments), realizadas no município de Óbidos-PA, rio Amazonas, 119.000 m³/s.

Com o intuito de garantir maior confiabilidade aos cálculos do aparelho, são realizadas, normalmente, de quatro a oito travessias (medições da margem esquerda à margem direita e vice-versa), sendo que cada travessia normalmente apresenta um valor diferente para a descarga líquida medida. Assim, a média aritmética desses valores deverá ser calculada, o que representará a descarga líquida oficial daquela medição.

O desenvolvimento dos equipamentos de medição acústica ADCP representa o futuro para as medições de descarga líquida, pois permitem obtê-las com precisão,

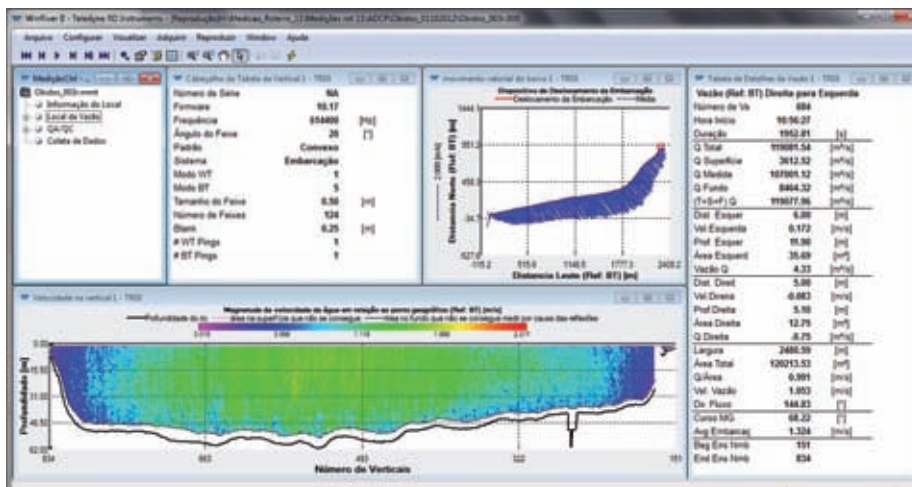


Figura 5.12 - Medição efetuada com ADCP em Óbidos (tela do software).

segurança e economia de tempo. Estudos realizados por algumas instituições no Brasil comprovam a confiabilidade nos cálculos realizados por esse aparelho.

### Estações Telemétricas

As estações telemétricas são compostas por Plataformas de Coletas de Dados (PCD) (Figura 5.13), que são pequenas estações automáticas, instaladas, geralmente, em locais remotos. Os dados adquiridos por elas são enviados aos satélites, que os retransmitem para as estações terrenas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em Cuiabá (MT) e Alcântara (MA). A partir daí, os dados são enviados para o Centro de Missão, em Cachoeira Paulista (SP), onde é realizado o

seu tratamento e a sua distribuição imediata aos usuários do sistema. Há PCDs que transmitem as informações via telefone ou rádio. Em algumas delas, o observador também pode inserir informações para validar os dados dos sensores, bastando que as digite em um teclado existente nesse tipo de equipamento.

No estado do Pará, existe um total de 64 PCDs pluviométricas/fluviométricas, sendo 17 da rede hidrometeorológica básica nacional da ANA/CPRM (Figura 5.14).

A primeira geração de PCDs foi construída com padrão militar e conectores CPC de 3, 4 e 8 vias, sendo instaladas a partir da década de 1990. Sua manutenção e inspeção *in loco* são efetuadas empregando-se notebooks ainda em ambiente MS-DOS® e porta serial RS-232. Uma nova geração de equipamentos passou a ser instalada no final da década de 2000, já empregando ambiente MS-Windows® e portas USB para conexão. No entanto, elas apresentam as mesmas características técnicas: placa controladora lógica, antena e transponder (envio dos dados para o satélite), regulador de voltagem, placa solar e bateria (armazenamento de energia nos períodos diurnos e alimentação do sistema nos noturnos), pluviômetro e sensor de pressão (nível fluviométrico).

O registro é efetuado a cada 10 minutos de ambos os parâmetros. Os dados de pluviometria são contabilizados a cada 0.25 mm de chuva, pois o registro é feito com sistema basculante. Já o nível dos rios é obtido por meio de sensor de pressão, ou seja, o peso proporcionado pela coluna d'água acima da sonda é convertido em corrente (miliAmperere) e registrado pela PCD.

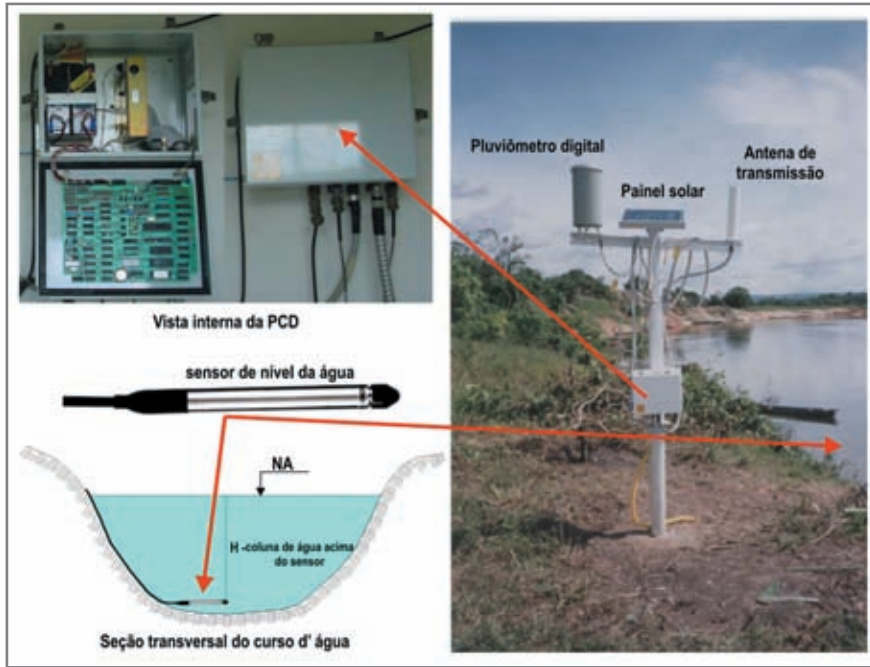


Figura 5.13 - Estação Telemétrica, com vista interna da PCD e instalação do sensor de pressão.

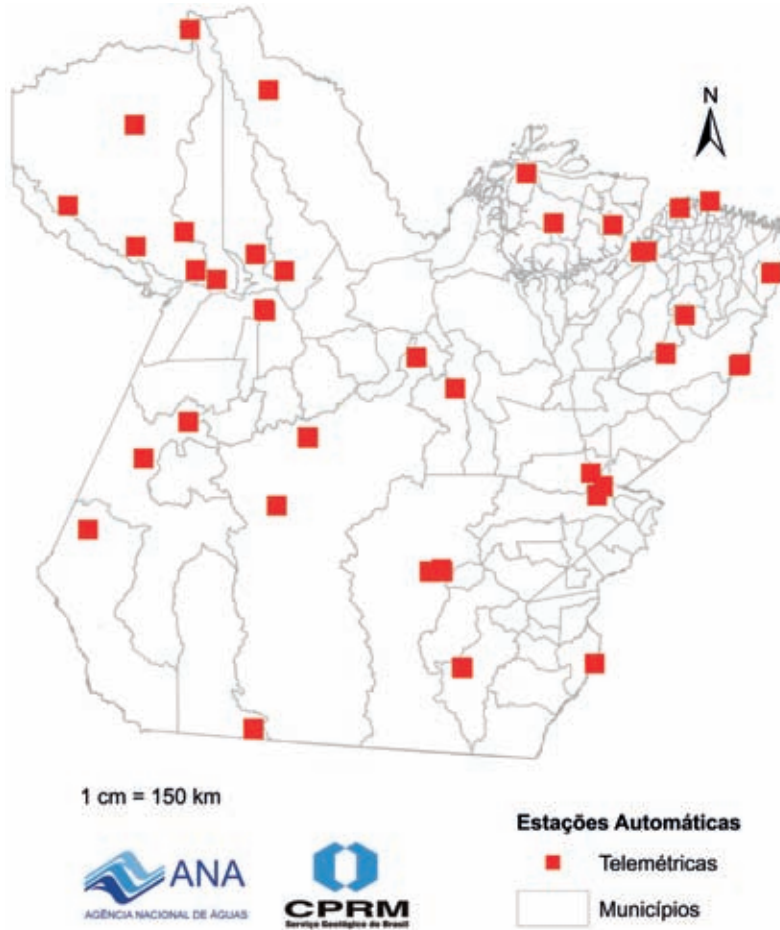


Figura 5.14 - Mapa das Estações Telemétricas.

É empregada a estrutura do INPE para comunicação com as estações telemétricas, sendo utilizados para isso os satélites CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) e SCD (Satélite de Coleta de Dados), que recebem os dados a cada hora cheia e os transmitem para Cachoeira Paulista (SP). Essas informações ficam armazenadas no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos e disponibilizadas para consulta pública via plataforma digital (<[www.ana.gov.br/telemetria](http://www.ana.gov.br/telemetria)>), permitindo a elaboração de gráficos temporais, com limite máximo de três meses.

O monitoramento hidrológico não pode prescindir de uma estação convencional – aquela em que o observador anota diariamente os parâmetros monitorados –, seja para corroborar os valores obtidos pela PCD, seja para contrapor o alto custo de implantação das automáticas, já que as convencionais são eficazes em regiões povoadas. Porém, é inegável, hoje, a importância das estações telemétricas para obtenção de dados em tempo real, bem como no monitoramento de regiões isoladas. Com essa sistemática de levantamento e transferência de informações, os órgãos gestores ambientais e de recursos hídricos podem intervir de forma mais eficaz, quando necessário, nas bacias hidrográficas ou cursos d'água com riscos de degradação da qualidade ambiental.

### Medição de Descarga Sólida

As medições de descarga sólida são realizadas para se conhecer a quantidade de sedimentos transportados pelos rios, proporcionando dados para os estudos de aproveitamento hidráulico (barragens, hidrovias etc.), visando à avaliação do comprometimento do investimento em termos de assoreamento dos cursos d'água ou de reservatórios.

As técnicas de amostragem são: pontual instantâneo, pontual por integração e integração na vertical ou em profundidade.

As amostragens pontuais são utilizadas somente em trabalhos específicos ou científicos. A mais rotineira é a integração na vertical, porque permite a obtenção da concentração e da granulometria média na vertical. Na amostragem por integração, a amostra é coletada em certo tempo, normalmente superior a 10 segundos, o que permite uma determinação da concentração média mais representativa que a pontual.

A amostragem é feita em várias verticais para permitir a obtenção de valores médios em toda a seção, uma vez que a distribuição de sedimentos é variável em toda a largura do rio e em profundidade.

Além da necessidade de se efetuar amostragens nas verticais ao longo de toda a seção transversal, tanto em largura quanto em profundidade, deve-se ter o cuidado de coletar amostras em quantidade suficiente para que sejam realizadas análises com a precisão desejada.

Para sedimento em suspensão, procede-se à análise de concentração e, quando necessário, também de granulometria. A quantidade e as características dos sedimentos,

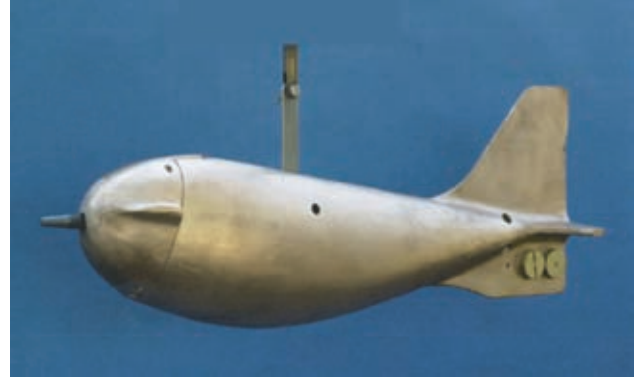


Figura 5.15 - Amostrados de Sedimentos em Suspensão D-49.

bem como as qualidades químicas dos componentes presentes na água, influenciam o processamento das amostras. Amostras com pequena quantidade de sedimentos não oferecem condição de análise com a precisão desejada, porque conduzem a erros de pesagem, enquanto as que contêm grandes quantidades requerem bipartição da amostra ou também causam problemas de pesagem.

A amostragem por integração na vertical pode ser feita em um sentido ou em dois – descida e subida. Faz-se em um sentido apenas quando se controla a entrada da amostra por abertura e fechamento da válvula, como no caso do amostrador P-61. Os equipamentos DH-48, DH-59, D-49 (Figura 5.15), amostrador de saca e outros só permitem a amostragem em dois sentidos.

Na amostragem por integração na vertical, a mistura água-sedimento em suspensão é acumulada continuamente no recipiente e o amostrador se move verticalmente entre a superfície e um ponto a poucos centímetros acima do leito, entrando a mistura com uma velocidade aproximadamente igual à velocidade instantânea da corrente em cada ponto na vertical; o amostrador não deve tocar o leito, para não se correr o risco de coletar sedimento de arrasto, o que ocasiona uma zona não amostrada de poucos centímetros de profundidade acima do leito do rio.

Como métodos de amostragem, utiliza-se o IVT – igual velocidade de trânsito (do inglês ETR, *equal transit rate*) ou o IID – igual incremento de descarga (do inglês EDI, *equal discharge increment*).

No método ETR, a largura da seção transversal de medição é dividida em verticais igualmente espaçadas, onde são coletadas amostras de sedimentos em suspensão por integração vertical com a mesma velocidade de trânsito, utilizando-se o mesmo amostrador e o mesmo bico.

Para determinação da velocidade de trânsito adequada à seção transversal em estudo, coleta-se a primeira amostra na vertical de maior velocidade, anotando-se o tempo de ida e volta do amostrador necessário para que seja coletado um volume até o limite permitido na garrafa, ou próximo, sendo as demais amostras obtidas com tempos proporcionais a partir de uma regra de três entre o tempo padrão e as profundidades.



No método EDI a seção transversal é dividida em segmentos, representando iguais incrementos de descarga, onde são coletadas as amostras. Para esse procedimento é necessário, previamente, efetuar a medição de descarga líquida e calculá-la. Para cada amostra pode-se escolher o bico, de acordo com a velocidade da corrente. A regra é que todas as amostras tenham o mesmo volume – o desejável é 400 ml ou próximo.

### Levantamento dos Parâmetros de Qualidade da Água

A qualidade da água é monitorada, no âmbito da Rede Hidrometeorológica Nacional, por meio de levantamento sistemático, *in loco*, de cinco parâmetros: oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica, turbidez, pH e temperatura. Os levantamentos são realizados em todas as estações fluviométricas com medições de descarga líquida; por conseguinte, essa amostragem é trimestral, de acordo com o cronograma de operação da Rede ANA/CPRM.

São empregados equipamentos portáteis de campo com autonomia de seis horas, que permitem a operação completa durante uma viagem de manutenção, sem necessidade de recarga. Uma versão moderna de sonda multiparamétrica de qualidade da água é apresentada na Figura 5.16.

### Levantamento de Seção Transversal

Os levantamentos de seção transversal são executados, em geral, a partir de agosto, época em que os rios apresentam queda contínua do nível d'água, devido à diminuição na quantidade de chuvas na região. Com esse levantamento, verifica-se a estabilidade do leito do curso d'água. A metodologia empregada é bastante simples: resume-se ao levantamento da topografia da parte molhada e uma faixa das margens (TUCCI, 2003) (Figura 5.17).

Esses levantamentos periódicos são essenciais para análise da condição de estabilidade do leito, pois, do con-



- Sonda multiparamétrica. Mede:
- Oxigênio dissolvido
  - Condutividade
  - Condutividade específica
  - Salinidade, resistividade
  - Sólidos dissolvidos totais (TDS)
  - pH, ORP
  - Combinação de pH e ORP
  - Amônia
  - Nitrato
  - Cloreto
  - Temperatura

Figura 5.16 - Sonda portátil de Qualidade da Água.

trário, após uma grande cheia, pode ocorrer uma erosão, causando alteração da curva-chave. Por esse motivo, é importante que se priorize a escolha da seção transversal em local apropriado, onde, no máximo, poderão ocorrer alterações na curva-chave por deposição de sedimentos e não por erosão.



Figura 5.17 - Nivelamento Topográfico para Levantamento de Seção Transversal.

### REFERÊNCIAS

- ANA-Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2009.
- ANA-Agência Nacional de Águas. **Evolução da Rede Hidrometeorológica Nacional**. Brasília: ANA, 2007. v. 1, n.1, p. 1-15.
- CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JÚNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. **Guia de práticas sedimentométricas**. Brasília: ANEEL, 2000.
- CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº32, de 15 de outubro de 2003**. Institui a Divisão hidrográfica nacional. Brasília, 2003.
- CPRM- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Atlas pluviométrico do Brasil**. Rio de Janeiro: CPRM, 2010.
- DNAEE-Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. **Normas e recomendações hidrológicas**. Brasília: MME/DNAEE, 1967.
- SANTOS, I. et al. **Hidrometria aplicada**. Curitiba: LACTEC, 2001.
- TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS; ABRH, 2003.



# 6

## PANORAMA DOS RECURSOS MINERAIS METÁLICOS E NÃO METÁLICOS

Xafi da Silva Jorge João (*xafi.joao@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Introdução .....	91
Reservas minerais.....	91
Produção mineral.....	91
Valor da produção mineral comercializada.....	92
Bens minerais primários e transformados produzidos no estado do Pará.....	93
Minerais metálicos.....	94
Ferro.....	94
Manganês.....	95
Bauxita.....	95
Alumina.....	96
Alumínio.....	97
Cobre.....	98
Ouro.....	98
Ferro-gusa.....	99
Silício metálico.....	100
Minerais não metálicos.....	100
Caulim.....	100
Calcário.....	102
Areia, argila, cascalho.....	102
Água mineral.....	102
Referências.....	102



## INTRODUÇÃO

As reservas minerais do estado do Pará estão estreitamente vinculadas à fertilidade de seu substrato geológico, condicionadas e controladas, de modo geral, espacialmente por arranjos estruturais, litológicos e estratigráficos dos mais variados domínios geológicos, que, por sua evolução, foram especializados mineralogicamente. Atualmente, representam e edificam o portfólio de investimentos e de negócios do estado.

## RESERVAS MINERAIS

As reservas minerais paraenses, divulgadas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) no “Anuário Mineral Brasileiro”, são discriminadas por classes/substâncias e tipos (Tabela 6.1) e representam o conjunto atualmente quantificado dos recursos minerais reais e potenciais que compõem a dotação mineral do estado, com sua localização geográfica intimamente relacionada aos distritos mineiros individualizados no espaço paraense. Os quantitativos volumétricos estão discriminados por tipos de reservas, estando diretamente relacionados ao grau de conhecimento da jazida, as quais são categorizadas como Medida, Indicada e Inferida.

As reservas de ferro e bauxita merecem destaque, pois possibilitaram a implantação de grandes projetos mineiros ou de indústrias extrativas, que, nas décadas de 1970 e 1980, deram início à exploração mineral das jazidas de grande porte de bauxita, em Oriximiná (Mineração Rio do Norte (MRN) – 1979), e de ferro, na Província Mineral de Carajás (Vale – 1986), em Parauapebas. Outras reservas minerais importantes deram origem a empreendimentos mineiros de médio e grande porte, como: mina de caulim no município de Ipixuna do Pará (Ymeris e PPSA – 1996); mina de bauxita da MRN, em Oriximiná, alimentando o Complexo Albrás-Alunorte para produção de alumínio/alumina no município de Barcarena (Vale); Projeto Cobre do Sossego (2004), em Canaã dos Carajás; Projeto Paragominas (Vale – 2007), para produção de bauxita em Paragominas; Projeto Vermelho (Vale – 2007), na produção de níquel em Canaã dos Carajás; Projeto Onça-Puma, em Ourilândia do Norte; Projeto Juruti (Alcoa – 2007), para produção de bauxita no município de Juruti.

A ativação desses empreendimentos dinamizou a economia paraense, que passou a ser fortemente impulsionada pelo setor mineral. Se em 1975 não chegava a compor 1% da pauta de exportações, em 2007 já representava cerca de 80% do total exportado pelo estado. Em 2005, o valor da produção da indústria de base mineral paraense, incluindo a indústria mineral extrativa e a indústria de transformação, atingiu uma produção de US\$ 5,8 bilhões, chegando a US\$ 7,0 bilhões no ano seguinte – um crescimento de 20% (IBRAM, 2007). Segundo a mesma fonte, a tendência de crescimento do setor deverá elevar essa produção para US\$ 14,2 bilhões até 2013, em função da implantação de

novos projetos em solo paraense, bem como à expansão de outros já existentes e resultantes da classe mundial das reservas minerais em lavra do subsolo paraense.

No Pará, a descoberta da principal e mais exuberante reserva mineral de ferro localizada na serra dos Carajás, em 1967, foi fundamental para determinar a vocação mineral do estado, sendo decisiva para consolidar a história da Vale, empresa originalmente estatal fundada em 1942, que, nos primeiros anos de atividade em Minas Gerais, produzia cerca de quatro milhões de toneladas de minério de ferro, quase que totalmente destinadas à Companhia Siderúrgica Nacional (CSN). A partir de 1984, a Vale passou a lavar as jazidas de ferro de Carajás, que possuíam uma reserva total de 18 bilhões de toneladas de minério de ferro de alto teor, produzindo inicialmente cerca de 25 milhões de toneladas/ano, o que projetava uma expectativa de 720 anos de exploração para a exaustão da reserva. Todavia, em 2007, a Vale já alcançava uma produção total de 91,7 milhões de toneladas, diminuindo a expectativa de exploração para metade do período previsto.

Além do megaempreendimento mineiro a partir da reserva de classe mundial do ferro de Carajás, a Vale desenvolve outros projetos voltados à produção mineral na Província de Carajás, com destaque para o níquel do Projeto Onça-Puma, no município de Ourilândia do Norte, com entrada em produção prevista em 2010, e o níquel do Vermelho, ainda sem data para entrar em operação. Das reservas minerais de cobre paraense, a Vale está operando produtivamente, desde 2004, o Projeto de Cobre do Sossego, com a produção de concentrado de cobre. Outras reservas minerais cupríferas estão representadas no portfólio de empreendimentos mineiros da Vale, como o Projeto Salobo, no município de Marabá, com entrada em produção prevista para 2013. As reservas minerais de cobre de Alemão, 118 e Cristalino deverão ser transformadas pela Vale em projetos mineiros no início da próxima década.

## PRODUÇÃO MINERAL

A produção da indústria de base mineral (extrativa e de transformação) do estado do Pará, nos anos de 2008 e 2009 (Tabela 6.2), caracteriza-se pelo predomínio dos minerais de classe metálica, em que se destacam o ferro (96.500.000 t e 84.640.000 t, respectivamente) produzido pela Vale, a bauxita metalúrgica (18.000.000 t e 15.645.000 t, respectivamente) produzida pela MRN e o manganês (2.003.000 t e 1.382.000 t, respectivamente) produzido pela Vale; subordinadamente, o cobre produzido pela Vale (126.000 t e 117.000 t, respectivamente, de concentrado de cobre) e o ouro (3,0 t e 3,9 t, respectivamente), com sua produção centrada na atividade garimpeira.

A produção de bens minerais primários não metálicos, nos anos de 2008 e 2009, é fortemente concentrada no caulim (1.728.000 t e 1.349.770 t, respectivamente) lavrado e comercializado por Imerys e PPSA. Alguns dos

bens minerais produzidos no estado sofreram algum grau de verticalização, pelo estágio de processamento, como a hematita e a bauxita, que resultaram, respectivamente, na produção de ferro-gusa, alumina e alumínio. Nos anos de 2008 e 2009, merecem destaque, entre os bens minerais transformados: alumina (5.028.000 t e 5.910.000, respectivamente t), produzida pela Alunorte; alumínio (455.000 t e 450.000 t, respectivamente), produzido pela Albrás; silício metálico (37.000 t e 23.000 t, respectivamente), produzido pela Dow Corning; ferro-gusa (1.730 t e 1.000 t, respectivamente), com sua produção distribuída por Cosipar/Usimar/Simara/Terra Norte/Ibérica/Sidepar.

A produção mineral paraense está concentrada predominantemente em uma única megaempresa de capital privado (Vale) e suas coligadas, sendo quase que generalizadamente destinada ao mercado externo, compondo cerca de 80% da pauta de exportação estadual, com a forte expectativa

de, até o início da próxima década, assumir a posição de topo no *ranking* da produção mineral nacional.

A produção mineral paraense mostra historicamente um desempenho sempre crescente, com volumes anualmente ascendentes, resultantes das demandas mundiais, dos preços elevados, das tecnologias de extração e dos investimentos para expansão operacional das minas ativas.

### Valor da Produção Mineral Comercializada

A indústria de base mineral do estado do Pará encerrou o ano de 2009 com um valor de produção de US\$ 10 bilhões (Tabela 6.3), mostrando um decréscimo de 22,9% em relação ao ano de 2008, em que o Pará produziu US\$ 12,2 bilhões.

No ano de 2009, a indústria extrativa mineral contribuiu com 66,3% (US\$ 6.627 milhões) do valor de produção total atingido e a indústria de transformação mineral participou

**Tabela 6.1** – Reservas minerais do estado do Pará em 2005.

CLASSE/SUBSTÂNCIA	UNIDADE	RESERVAS		
		MEDIDA	INDICADA	INFERIDA
<b>Metálicos</b>				
Bauxita metalúrgica	t	1.682.612.694	399.077.890	550.712.800
Bauxita refratária	t	84.498.615	30.223.058	1.490.200
Cassiterita primária	kg Sn	2.186.628	-	-
Cassiterita secundária	kg Sn	3.165.884	281.225	176.620
Cobre	t Cu	5.537.687	7.182.519	6.345.440
Ferro	t	3.484.671.828	1.385.777.000	12.175.427.000
Manganês	t	48.467.524	16.547.478	147.529
Níquel	t Ni	798.120	381.035	321.160
Ouro primário	kg Au	294.885	376.423	334.045
Ouro secundário	kg Au	339	43	30
Prata primária	kg Ag	1.226.842	1.864.515	1.498.718
Tungstênio	t WO3	647.368	1.078	909
Zinco	t Zn	12.977	33.691	38.044
<b>Não Metálicos</b>				
Areia industrial	t	46.440.394	17.263.842	-
Argilas comuns	t	32.275.329	27.228.572	-
Calcário	t	544.286.274	223.100.554	219.894.511
Caulim	t	307.481.094	319.091.186	263.500.666
Dolomito	t	2.946.667	5.240.000	-
Filito	t	177.851	406.717	124.240
Gipsita	t	189.619.891	204.119.355	185.739.654
Leucita e nefelina-sienito	t	13.257.425	14.807.000	42.015.480
Quartzito industrial	t	1.576.334	213.829	812.000
Quartzo	t	521.385	150.000	-
Brita e cascalho	m3	n.d.	n.d.	n.d.
Rochas ornamentais	m3	30.736.635	-	-

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro (DNPM, 2006).



com 34% (US\$ 3.373 milhões) (Figura 6.1). Mantendo a tradição dos demais anos anteriores, o minério de ferro liderou o *ranking*, respondendo por 41,4% do total de *commodities* produzidas no estado, seguido por alumina (13,8%), alumínio (12%) e cobre (7,8%).

A evolução do valor da produção mineral comercializada do estado, no período de 2002 a 2009 (Figura 6.2), registrou um significativo crescimento – de US\$ 2,5 bilhões para US\$ 10 bilhões –, o que correspondeu a um incremento de 250%, resultante de políticas empresariais centradas na expansão de minas operativas e na implantação de novos empreendimentos mineiros.

Uma projeção otimista elaborada pelo IBRAM/Amazônia (2008) demonstra que, nos cinco anos posteriores, a produção mineral do Pará triplicaria o seu valor de comercialização, devendo alcançar cerca de US\$ 25 bilhões, resultantes de entrada em operação de novas minas e expansão da maioria das atuais minas ativas. É evidente que a evolução positiva do valor da produção mineral comercializada do Pará se reflete, também, na evolução do setor mineral estadual, especialmente dos municípios mineradores. No ano de 2007, esses municípios valoraram a produção mineral estadual em US\$ 7,9 bilhões. Na Figura 6.3 é mostrada a participação percentual de cada um no VPM paraense (indústrias extrativa e de transformação mineral).

Esse fato permite afirmar uma garantia de benefícios diretos para essas regiões, com destaque para a arrecadação de encargos e impostos, como a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) e o repasse do

Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), impulsionados pela indústria minerária. Como benefícios indiretos da evolução do VPM estadual, destacam-se o aquecimento da economia municipal ou regional, a arrecadação de tributos como Imposto sobre Serviços (ISS) ou Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) etc. Em adição, os municípios mineradores são alvos de projetos de desenvolvimento ambiental e social, preservação do patrimônio histórico, incentivo à educação e à inclusão digital, dentre outros.

## BENS MINERAIS PRIMÁRIOS E TRANSFORMADOS PRODUZIDOS NO ESTADO DO PARÁ

O estado do Pará hospeda 46 minas ativas registradas no DNPM em 2005 (Tabela 6.4), das quais oito representam minas de minerais metálicos e 38 são de minerais não metálicos. Das oito minas produtoras de bens minerais metálicos, quatro são de grande porte (bauxita, cobre, ferro e manganês), duas são de médio porte (manganês e ouro) e duas são de pequeno porte (ouro). Das 38 minas produtoras de bens minerais não metálicos, duas se destacam (caulim) por serem de grande porte, seguidas de três minas de médio porte (calcário, brita e cascalho) e 33 de pequeno porte (areia, areias industriais, argilas, calcário, brita e cascalho).

Convém ressaltar que as 46 minas ativas no espaço paraense, em sua totalidade, operam na modalidade de lavra a céu aberto.

**Tabela 6.2** – Produção de bens minerais primários beneficiados e transformados, nos anos de 2008 e 2009, no estado do Pará.

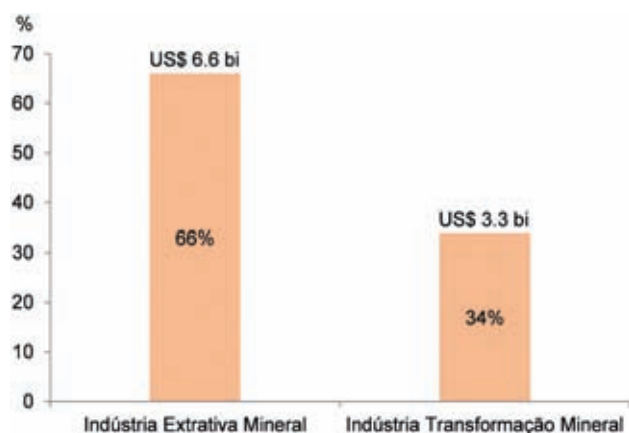
PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA DE BASE MINERAL			
Empresa	Produto	Produção (t)	
		2008	2009
Albrás	Alumínio	455.000	450.000
Alunorte	Alumina	5.028.000	5.910.000
Alubar	Vergalhão e cabo Al	40.000	40.000
Dow Corning	Si metálico	37.000	23.000
Cosipar/Usimar/Simara/Terra Norte/Ibérica/Sidepar	Ferro-gusa	1.730	1.000
MRN	Bauxita	18.000.000	15.645.000
PPSA	Caulim	528.000	354.000
Imerys	Caulim	1.200.000	995.770
Vale – Carajás	Ferro	96.500.000	84.640.000
Vale – Sossego	Cobre	126.000	117.000
Vale – Carajás	Manganês	2.003.000	1.382.000
Vale – Paragominas	Bauxita	4.400.000	6.203.000
Buritirama	Manganês	700.000	400.000
Mineração Floresta Araguaia	Ferro	1.000.000	1.000.000
Alcoa	Bauxita	-	670.000
Garimpo	Ouro	3	3,9

Fonte: IBRAM (2010).

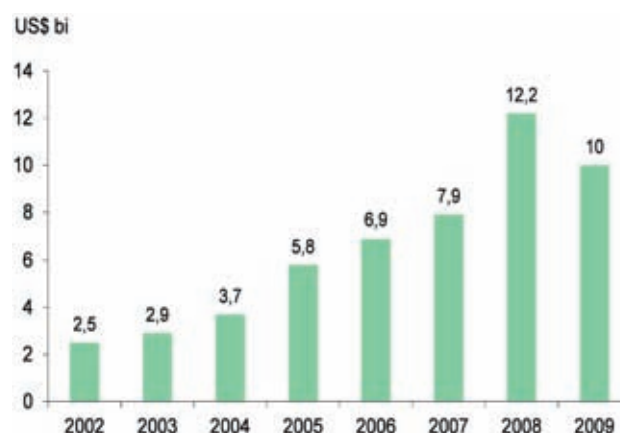
**Tabela 6.3** – Valor da produção de bens minerais primários e transformados, nos anos de 2008 e 2009, no estado do Pará.

VALOR DA PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA DE BASE MINERAL			
Empresa	Produto	Valor – US\$ Milhões	
		2008	2009
Albrás	Alumínio	1.470	840
Alunorte	Alumina	1.700	2.000
Alubar	Vergalhão e cabo Al	150	120
Dow Corning	Si metálico	65	66
Cosipar/Usimar/Simara/Terra Norte/Ibérica/Sidepar	Ferro-gusa	830	347
MRN	Bauxita	630	550
PPSA	Caulim	70	46
Imerys	Caulim	155	130
Vale – Carajás	Ferro	5.080	4.250
Vale – Sossego	Cobre	960	610
Vale – Carajás	Manganês	600	420
Vale – Paragominas	Bauxita	154	217
Buritirama	Manganês	210	120
Mineração Floresta Araguaia	Ferro	35	45
Alcoa	Bauxita	-	24
Garimpo	Ouro	140	210
Outros		41	5
TOTAL		12.290	10.000

Fonte: IBRAM (2010).



**Figura 6.1** – As indústrias extrativa e de transformação mineral com suas participações (%) no valor da produção da indústria de base mineral, no ano de 2009, no estado do Pará. Fonte: IBRAM (2010).



**Figura 6.2** – Evolução do valor da produção de base mineral comercializada, no período de 2002 a 2009, no estado do Pará. Fonte: IBRAM (2010).

## Minerais Metálicos

### Ferro

No estado do Pará, o minério de ferro representou o principal bem mineral produzido e comercializado no ano de 2009, oriundo da atividade extrativa beneficiada da grande jazida da serra dos Carajás, situada no município de Parauapebas, entre os rios Tocantins e Xingu.

A prospecção de minério de ferro na serra dos Carajás, no leste do Pará, começou em 1966, com a participação de empresas transnacionais. Em 1970, os depósitos hematíticos tinham sido localizados, constituindo-se, então, a Amazônia Mineração S.A., que associava empresas estrangeiras com a então Companhia Vale do Rio Doce (CVRD). No final dos anos de 1970, a Vale (ex-CVRD) indenizou as suas parceiras, assumiu o controle total do empreendimento e lançou o Programa Grande Carajás.

## Manganês

O estado do Pará vem, historicamente, desde a década de 1990, produzindo minério de manganês de forma sistemática e anualizada, tendo, ao longo da série 1995-2009, alcançado um pico de produção em 2005 e forte decréscimo em 2007 apenas comparáveis ao ano de 1999 (Figura 6.4).

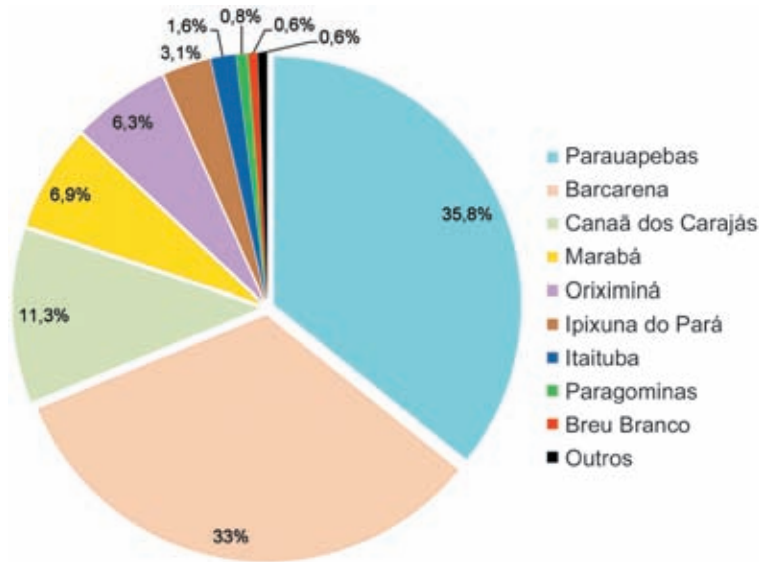


Figura 6.3 – Municípios hospedeiros da indústria de base mineral do estado do Pará. Fonte: IBRAM (2008).

Tabela 6.4 – Porte e quantidade das minas ativas no estado do Pará em 2005.

CLASSE/ SUBSTÂNCIA	GRANDE*	MÉDIA**	PEQUENA***	TOTAL
<b>Estado do Pará</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>35</b>	<b>46</b>
<b>Metálicos</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
Bauxita	1	-	-	1
Cobre	1	-	-	-
Ferro	1	-	-	-
Manganês	1	1	-	2
Ouro	-	1	2	3
<b>Não Metálicos</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>33</b>	<b>38</b>
Areia	-	-	2	2
Areia industrial	-	-	3	3
Argila	-	-	13	13
Calcário	-	2	2	4
Caulim	2	-	1	3
Brita e cascalho	-	1	12	13

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro (DNPM, 2006).

Notas:

\*Grande: produção bruta (ROM) anual maior que 1.000.000 t

\*\* Média: maior que 100.000 t até 1.000.000 t

\*\*\* Pequena: maior que 10.000 t até 1000.000 t

A produção paraense de minério de manganês totalizou 1,7 milhões de toneladas no ano de 2009 (1.382.000 t produzidas por Rio Doce Manganês e 400.000 t por Mineração Buritirama), significando uma redução aproximada de 34% quando comparada ao ano de 2008, em que a produção estadual atingiu um volume de cerca de 2,7 milhões de toneladas.

A Mina do Azul, localizada em Carajás (estado do Pará), produziu 945 mil toneladas no ano de 2007, contra 1,7 milhão de toneladas no ano anterior, em consequência da suspensão de sua operação, de julho a dezembro de 2007, objetivando dar prioridade ao transporte de minério de ferro na Estrada de Ferro Carajás (EFC).

O retorno da operação mineira para manganês ocorreu em dezembro de 2007. Vale acrescentar que a queda expressiva na produção de manganês no estado do Pará foi motivada, adicionalmente, pela depressão no preço do minério no mercado consumidor, havendo, contudo, a expectativa positiva de que a sua produção voltará à normalidade, tendo em vista a projeção animadora de preços para o minério. Do elenco de *commodities* minerais primárias e transformadas produzidas no estado em 2009, o manganês teve uma participação insignificante (5,3%) no montante do valor da produção mineral paraense.

## Bauxita

O estado do Pará é o maior produtor de bauxita (matéria-prima do alumínio) do país, representando 85% das operações extrativas. Esse desempenho extraordinário deve-se à Mineração Rio do Norte (MRN), uma das maiores operações de bauxita do mundo e a primeira do Brasil, localizada no complexo minerioindustrial de Porto Trombetas (município de Oriximiná) (Figura 6.5).

Em 2009, o estado do Pará fechou o ano com produção de 22,5 milhões de toneladas de bauxita, reproduzindo praticamente a mesma tonelagem volumétrica de 2008 – 22,4 milhões de toneladas. A produção de 15,6 milhões de toneladas de bauxita oriunda da MRN, acrescida da produção de 6,2 milhões de toneladas oriunda da Vale em Paragominas e da produção de 670 mil toneladas da Alcoa, declara uma produção total de 22,47 milhões de toneladas de bauxita, no ano de 2009, no estado do Pará, o qual, sistematicamente, vem anualmente incrementando a sua produção ao longo dos últimos 30 anos (Figura 6.6).

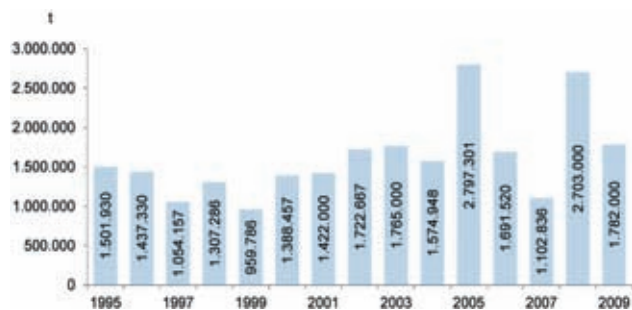


Figura 6.4 – Evolução da produção beneficiada de minério de manganês no estado do Pará (1995-2009). Fonte: IBRAM (2010).

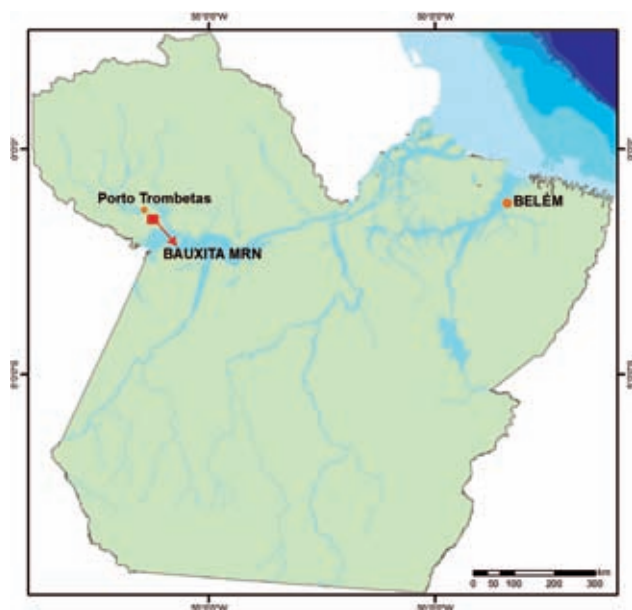


Figura 6.5 – Localização da mina de bauxita metalúrgica da MRN, no município de Oriximiná (Pará).

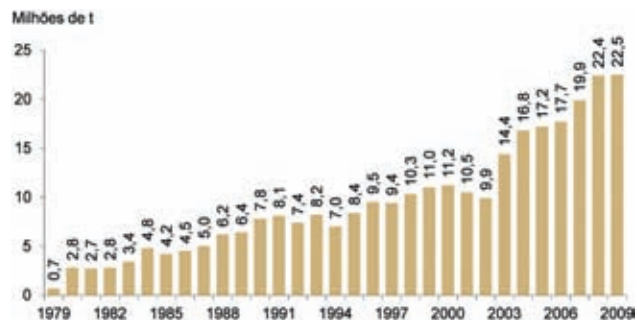


Figura 6.6 – Série histórica da produção de bauxita metalúrgica no período 1979-2009, no estado do Pará. Fonte: IBRAM (2010).

A MRN, que lava e comercializa o minério bauxitífero na região oeste do Pará, realizou, em março de 2008, a primeira das reuniões preparatórias para discussão do Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (RIMA), objetivando a operação de seis novos platôs mineralizados a serem transformados em minas ativas. Com a entrada em operação de novas minas nesses seis platôs, a capacidade produtiva

da MRN não será alterada, pois essas minas substituirão as que estão em processo de exaustão e a empresa continuará produzindo e embarcando a marca de 18 milhões de toneladas de bauxita nos próximos cinco anos.

O estado do Pará é o terceiro produtor mundial de bauxita. Até o final desta década, as minas já ativas ou a serem ativadas estarão produzindo cerca de 30 milhões de toneladas, quase o dobro da marca atual. Ainda assim, tal expectativa de produção será volumetricamente insuficiente para atender ao nível de demanda projetada; certamente, novos projetos minerais bauxitíferos deverão ser desenvolvidos.

A exploração do depósito de Paragominas, que deverá se constituir em uma das maiores operações de bauxita do mundo, é considerada pela Vale como um marco estratégico na verticalização da cadeia produtiva do alumínio. Conforme a Vale, a mina de Paragominas e o crescimento da produção de bauxita em Trombetas viabilizaram a produção, pela refinaria de Barcarena, de 5,9 milhões de toneladas de alumina em 2009, 17% acima do ano anterior, cujo resultado representa um novo recorde de produção de alumina pela companhia.

A importância da bauxita de Paragominas para os planos da Vale na cadeia produtiva do alumínio tem valor estratégico, pois, além de abastecer a expansão da Alumina do Norte do Brasil S.A (ALUNORTE) para mais de seis milhões de toneladas anuais de alumina, as grandes reservas existentes no município de Paragominas foram fundamentais para o plano de implantação de uma segunda refinaria de alumina em Barcarena. O mineroduto, o primeiro no mundo para movimentação de bauxita, está dimensionado para uma capacidade de produção de 14,4 milhões de toneladas por ano, o que será alcançado na terceira fase de Paragominas.

Como outro projeto mineiro bauxitífero, destaca-se o Juruti, localizado no município do mesmo nome, na porção noroeste do estado, a ser desenvolvido pela Alcoa, pela instalação de uma unidade de extração e beneficiamento de bauxita no município, tendo gerado mais de 4.300 empregos diretos e indiretos na fase de instalação. O projeto terá vida útil mínima de 45 anos. A Alcoa investirá R\$ 1 bilhão na extração, beneficiamento e transporte da bauxita e o minério será retirado de cinco áreas (Platô Central, Central Sul, Mauari, Guaraná e Capiranga) no município de Juruti. A mina deverá produzir seis milhões de toneladas de bauxita por ano e, no auge da operação, a extração será de 10 milhões de toneladas por ano.

## Alumina

O levantamento do Centro Internacional de Negócios, da Federação das Indústrias do Estado do Pará, mostra que um dos destaques na pauta de exportação de minerais é a alumina (produto intermediário entre a bauxita e o alumínio) produzida pela Alunorte, em Barcarena. A produção paraense de alumina, no período de 2005 a 2009, foi, respectivamente, de 2.570, 3.939, 4.300, 5.028 e



5.910 milhões de toneladas, uma variação 2009/2005 de 130% (Figura 6.7). Enquanto em 2005 e 2006 a empresa comercializou, respectivamente, US\$ 1.090 milhão e 1.273 milhão, no ano de 2009 a comercialização do produto chegou a US\$ 2.000 milhões, uma variação 2009/2005 de cerca de 80% (Figura 6.8).

A Alunorte, instalada a 50 km de Belém, em Barcarena, transformou-se, no ano de 2007, na maior empresa de alumina (o principal insumo do alumínio) no mundo. Para que a sua capacidade de produção se elevasse de 2,5 milhões para 4,4 milhões de toneladas por ano, a empresa precisou investir dois bilhões de reais em três anos. Em 2008, foram aplicados mais R\$ 2,2 bilhões, que colocaram a Alunorte em um patamar com capacidade de produzir 6,3 milhões de toneladas anuais de alumina. A empresa entrou em operação em 1995, com capacidade para 1,1 milhão de toneladas e terá, em 13 anos, ampliado quase seis vezes essa capacidade. Até 2008, o investimento realizado ultrapassou 2,7 bilhões de dólares, investimentos motivados pelos preços da alumina alcançados no mercado internacional, os quais duplicaram em relação à década de 1980. A matéria-prima da alumina produzida pela Alunorte é a bauxita extraída da mina do Projeto Trombetas, localizado nos municípios de Oriximiná e de Paragominas (PA).

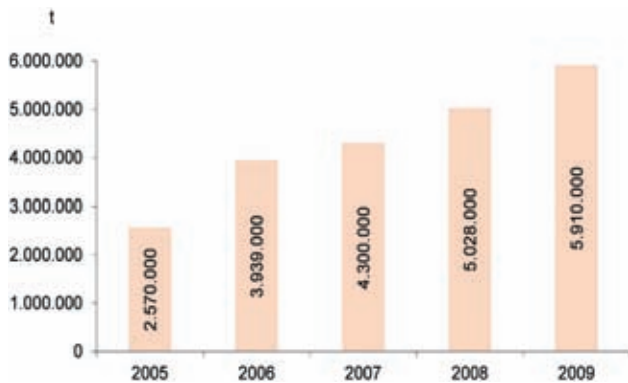


Figura 6.7 – Evolução da produção de alumina do estado do Pará, com uma variação 2009/2005 de 130%. Fonte: IBRAM (2008).

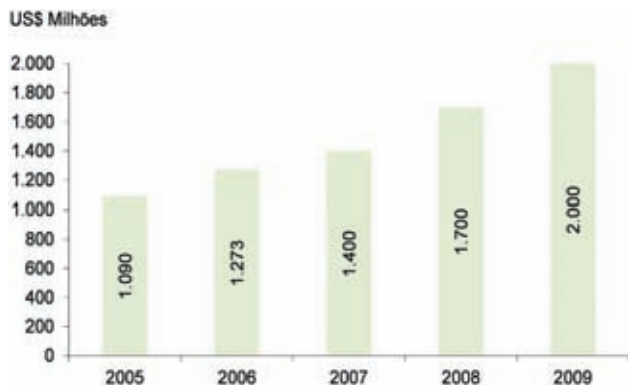


Figura 6.8 – Evolução da comercialização de alumina do estado do Pará, com uma variação 2009/2005 de 84%. Fonte: IBRAM (2010).

## Alumínio

O mercado de alumínio metálico movimentou, no mundo inteiro, 34 milhões de toneladas, dos quais o Brasil contribuiu com cerca de dois milhões de toneladas. No segundo semestre de 2006, o mercado do alumínio ficou agitado com a decisão da Russian Aluminium (RUSAL) em adquirir a Ural Aluminium (SUAL), refinaria controlada pela suíça Glencore, bem assim a nigeriana Aluminium Smelter Company of Nigeria. Concretizadas essas negociações, a nova gigante passaria a deter um portfólio de quatro milhões de toneladas de alumínio e 11 milhões de toneladas de alumina.

Em paralelo, a norte-americana Alcoa, líder mundial do alumínio, está operacionalizando uma mina de bauxita em Juruti, para lavar quatro milhões de toneladas de minério e, a partir dele, dois milhões de toneladas de alumina, com investimento de US\$ 1,4 bilhão (e mais um bilhão na Hidrelétrica de Belo Monte, no rio Xingu).

A Alumínio Brasileiro S.A. (ALBRÁS), no município de Barcarena (PA), produziu 455 mil toneladas de alumínio nos anos de 2006 a 2009 (Figura 6.9). A Figura 6.10 mostra os valores comercializados pela Albrás nos anos de 2006 a 2009, posicionando a empresa como líder no ranking nacional.

Nesse contexto, o estado do Pará surge como região importante, por hospedar as maiores minas de bauxita do mundo, localizadas em Porto Trombetas (Oriximiná – MRN), Paragominas (Paragominas – Vale) e Juruti (Juruti – Alcoa), com produção de 22 milhões de toneladas anuais, respondendo por cerca de 95% do total nacional. A Albrás, no município de Barcarena (PA), produzindo 455 mil toneladas de alumínio, nos anos de 2006 a 2009 (Figura 6.9), e comercializando, respectivamente, US\$ 1.104 milhão, US\$ 1.200 milhão, US\$ 1.400 milhão e 840 mil (Figura 6.10), a posiciona como líder no ranking nacional. Por outro lado, é importante destacar que a ampliação da produção de alumínio metálico em solo paraense dependerá da oferta de energia, um de seus principais insumos. O Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal prevê a implantação da Hidrelétrica de Belo Monte, que será estratégica para a manutenção da cadeia produtiva do alumínio.

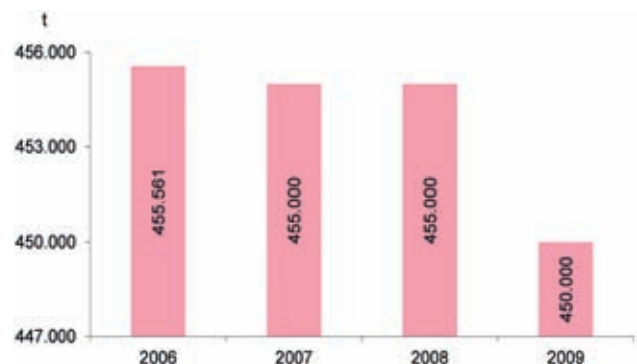
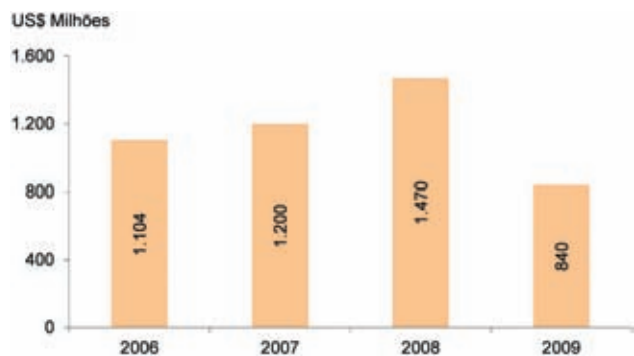


Figura 6.9 – Evolução da produção de alumínio no estado do Pará, nos anos de 2006 a 2009.



**Figura 6.10** – Valor da comercialização de alumínio pela Albrás, no estado do Pará, nos anos de 2006 a 2009.

## Cobre

No início dos anos de 1990, a equipe de exploração da Vale identificou, na Província Mineral de Carajás (PA), mais de 100 anomalias magnéticas, que revelaram a existência de calcopirita, o principal minério de cobre.

Pesquisas posteriores confirmaram a existência de cinco depósitos de cobre – Sossego, Salobo, Cristalino, 118 e Alemão. A mina de cobre do Sossego foi descoberta em 1997. Sua implantação foi iniciada em 2002 e o primeiro embarque aconteceu em junho de 2004, o que representa um tempo recorde na implantação de um projeto de cobre, inserindo a Vale no mercado mundial desse minério. Da mina do Sossego, em junho de 2004, seguiram 16,5 mil toneladas de concentrado de cobre para a Alemanha e, em julho, mais 17 mil toneladas para o mercado interno, com uma forte evolução em sua produção nos anos subsequentes (2005 a 2009) (Figura 6.11).

A Vale possui contratos de longo prazo com os principais smelters do mundo na Ásia, Europa e Brasil e embarca cerca de 20 navios por ano de concentrado de cobre da mina do Sossego. A usina do Sossego tem capacidade para produzir cerca de 140 mil toneladas de concentrado de cobre por ano, utilizando-se de uma planta convencional, que opera de acordo com processo consolidado na indústria do cobre.

O cobre, produto em que o Brasil sempre esteve em posição secundária, ocupa cada vez mais destaque na pauta de produção mineral do país, a partir da Província Mineral de Carajás. No plano de investimentos da Vale, o cobre terá o maior aumento de produção de metais de 2008 a 2012, com elevação prevista de 15,3%, em cinco anos, para 592 mil toneladas. O Sossego é o primeiro projeto de cobre da Vale e o único projeto *greenfield* no mundo que começou a operar no ano de 2004. Está localizado na região sul da Província Mineral de Carajás, no município de Canaã dos Carajás (PA). Constitui-se em uma das mais competitivas minas do mundo e a maior do Brasil e que marca a inversão da balança comercial brasileira na área do cobre.

O depósito do Sossego é composto por dois corpos minerais, Sossego e Sequeirinho, com reservas provadas

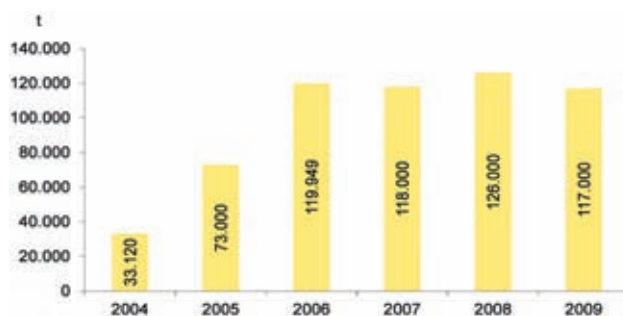
e prováveis de 244,7 milhões de toneladas de minério de cobre. O teor de cobre é estimado em 1%, com aproximadamente 0,26 gramas de ouro por tonelada como subproduto. O depósito do Sossego será lavrado pela construção de duas cavas principais. A cava do Sequeirinho, primeira a ser minerada, atingirá cerca de 1.000 metros de largura por 2,8 mil metros de comprimento e profundidade de 450 metros. A cava do Sossego, um pouco menor, terá em torno de 1.000 metros por 800 metros de diâmetro e até 350 metros de profundidade.

No ano de 2002, o Produto Interno Bruto (PIB) do município de Canaã do Carajás, sede do Projeto Sossego, era de R\$ 43 milhões, tendo a sua economia centrada na pecuária e na agricultura. No ano seguinte, o PIB municipal já experimentava uma expressiva evolução, para R\$ 103 milhões, em razão do investimento da Vale na implantação do Projeto Sossego. A partir do ano de 2004, com o início das operações mineiras de cobre, o PIB de Canaã dos Carajás sofreu um incremento para R\$ 463 milhões, evoluindo para R\$ 628 milhões no ano de 2005, sendo o maior crescimento no PIB entre os 143 municípios paraenses. Mais que isso, o empreendimento mineiro cuprífero foi o grande responsável pela variação positiva no aumento do PIB *per capita* do município.

A Vale, por meio de seus cinco projetos de cobre no Pará (Sossego, 118, Alemão, Cristalino e Salobo), pretende, até 2012, produzir cerca de 650 mil toneladas de cobre no país, o que poderá tornar o Brasil, juntamente com outros projetos (Mineração Caraíba, Mineração Maracá e Caraíba Metais), autossuficiente e exportador do metal. Novos projetos minerais poderão ocorrer em vários estados do país, em função das pesquisas em andamento realizadas principalmente por Vale, Codelco, Noranda-Falconbridge, Phelps Dodge e Gold Fields.

## Ouro

Com relação à produção de ouro no espaço paraense, merece destaque a produção aurífera originária da atividade garimpeira fortemente espalhada na geografia paraense, porém, centrada na região do Vale do Tapajós e delimitada pelo Distrito Mineiro Tapajós. No presente, a



**Figura 6.11** – Evolução da produção de concentrado de cobre na mina do Sossego (Vale), no município de Canaã dos Carajás.

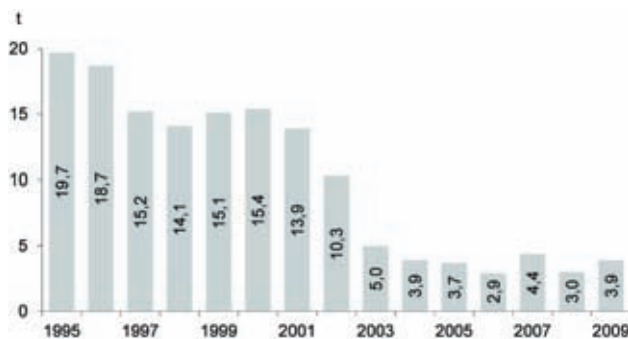
Fonte: IBRAM (2010).

produção aurífera empresarial é praticamente insignificante quando comparada à produção histórica e tradicional dos garimpos. Ao longo da série histórica (1995-2009), tiveram participação destacada na produção as minas do Igarapé Bahia (Vale – fechada em 2002) e do Palito (Serabi Mineração – aberta em 2005) e os garimpos da região do Vale do Tapajós (Figura 6.12).

A região do Vale do Tapajós há muitos anos é reconhecida como a maior produtora de ouro do país, por processos de garimpagem, e também a de maior área contínua mineralizada da América do Sul, correspondendo a mais de 100.000 km<sup>2</sup>. Historicamente, desde a descoberta da primeira ocorrência, no final da década de 1958, essa produção está estimada em mais de 600 toneladas, bem superior aos dados oficiais registrados pela Secretaria da Receita Federal (quase 200 toneladas). Na região existem mais de 2.000 pontos de ocorrência de ouro registrados e mais de 500 pistas de pouso (atualmente, operando cerca de 60 pistas), que servem de apoio a essa atividade mineral.

Atualmente, a produção aurífera é resultado da extração de jazimentos aluvionares (em fase de exaustão) e primários (em fase de expansão). Embora a região tenha sofrido um declínio da atividade garimpeira ao longo dos últimos anos, continua sendo a de maior representatividade na economia da mesorregião tapajônica. A produção de ouro no estado do Pará apresentou um crescimento de 30% no ano de 2009, atingindo 3,9 toneladas contra 3 toneladas no ano de 2008. Os garimpos espalhados no espaço paraense responderam por 80% da produção, com o município de Itaituba contribuindo com 63%. A produção industrial no estado é precariamente representada pela Serabi Mineração, que produziu, no ano de 2007, 0,9 tonelada de ouro, com participação de 20,5% na produção estadual. Nos anos de 2008 e 2009, a produção aurífera do estado foi totalmente oriunda da atividade garimpeira, sendo comercializada pelo valor de US\$ 140 milhões e US\$ 210 milhões, respectivamente.

Observa-se, ao longo da série histórica, um forte declínio na produção a partir do ano de 2003, em consequência da exaustão do ouro empresarial da mina do Bahia (CVRD), na serra dos Carajás. A ascensão do preço do ouro no mercado



**Figura 6.12** - Produção histórica (garimpos e empresas) de ouro no estado do Pará (1995-2009). Fonte: IBRAM (2010).

internacional provocou a mobilização de uma série de pequenas empresas, as *junior companies*, que priorizaram suas pesquisas em busca do metal, como acontece no presente, em que apenas na região do Tapajós, até o final de 2007, atuava cerca de uma dezena dessas empresas, como Brazmin, Brazauro, CRC, Verena, Amerix, Magellan, Tiger, Altoro e Serabi; essa última, de origem australiana, transformada em um empreendimento mineiro exitoso, a partir do garimpo do Palito, com reservas estimadas da ordem de 40 toneladas.

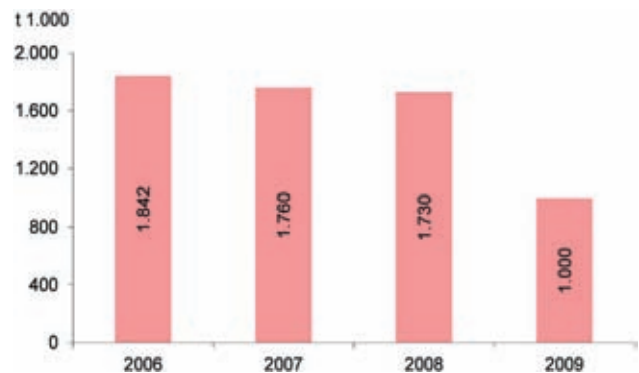
## Ferro-gusa

As siderúrgicas do Polo Carajás – 15 indústrias no total: oito no Pará e sete no Maranhão – são responsáveis, atualmente, por mais de 60% das exportações brasileiras de ferro-gusa, o principal insumo na indústria do aço.

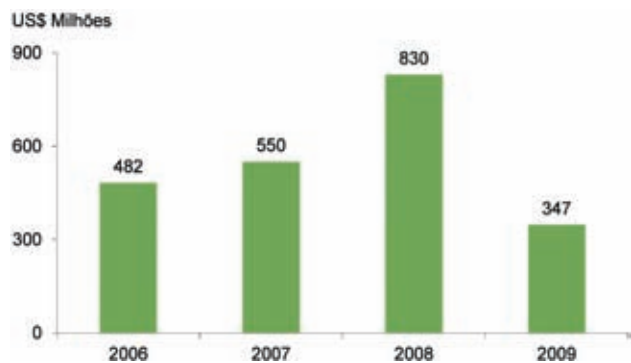
O estado do Pará responde por aproximadamente um quarto de toda a produção de ferro-gusa do Brasil. O ferro-gusa é um dos principais itens do comércio exterior paraense, ocupando a quinta colocação na pauta de exportações do estado.

No ano de 2009, as vendas paraenses de ferro-gusa para o mercado externo totalizaram 1,0 milhão de toneladas e receita de US\$ 347 milhões. No ano de 2008, foram comercializados 1.730 milhão de toneladas, com uma receita de US\$ 830 milhões (Figuras 6.13 e 6.14). Segundo a Associação das Siderúrgicas de Carajás (ASICA), são mais de R\$ 200 milhões em salários, contribuições sociais e impostos recolhidos por ano aos cofres do Governo Federal, dos estados e dos municípios da região, respondendo, as usinas do Polo Carajás, pela geração de 35 mil empregos diretos e indiretos.

As dez siderúrgicas instaladas no Distrito Industrial de Marabá são representadas pela Companhia Siderúrgica do Pará (COSIPAR), Ferro Gusa Carajás S/A, Ibérica do Pará, Siderúrgica do Pará S/A (SIDEPAR), Siderúrgica Marabá S/A (SIMARA), Terra Norte Metais Ltda., Usina Siderúrgica de Marabá S/A (USIMAR), Siderúrgica Ltda. (SIDENORTE), Da Terra Siderúrgica Ltda. e Marabá Gusa Ltda. (MARAGUSA), fortemente atraídas pela cotação do produto no mercado internacional.



**Figura 6.13** – Produção paraense de ferro-gusa nos anos de 2006 a 2009. Fonte: IBRAM (2010).



**Figura 6.14** – Valor da produção paraense de ferro-gusa nos anos de 2006 a 2009. Fonte: IBRAM (2010).

### Silício metálico

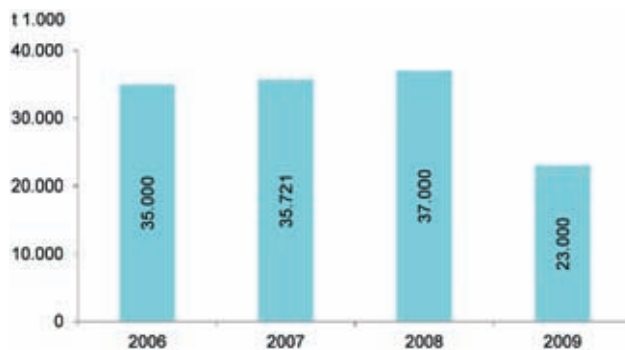
Com relação ao silício metálico, a Camargo Corrêa Metais (CCM) implantou o Projeto Silício no município de Breu Branco (PA), com investimentos de US\$ 120 milhões para a produção de silício metálico, utilizando mão de obra de cerca de 340 pessoas.

Na década de 1980, o Governo Federal criou o Programa Grande Carajás (PGC), incentivando, em sua área de abrangência, a instalação de empresas siderometalúrgicas que se dedicassem à produção de ferro-gusa, ferroligas e silício metálico, autorizando a concessão de benefícios para a implantação de 22 empresas. Aproveitando as jazidas de quartzo descobertas durante a construção da Hidrelétrica de Tucuruí e motivada pela política de incentivos fiscais do PGC, a Construtora Camargo Corrêa criou a Camargo Corrêa Metais (CCM). É uma das empresas cuja previsão de operação pelo PGC se concretizou, tendo a origem de seu capital vinculada a incentivos fiscais concedidos no âmbito do PGC, tendo a empresa participado da construção da Hidrelétrica de Tucuruí.

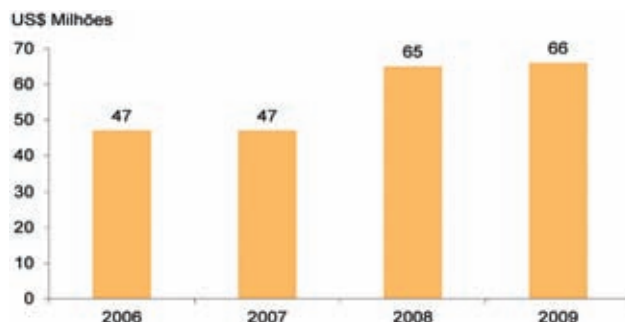
A CCM, fundada em 1983 e operando na região a partir do ano de 1988, é uma das maiores produtoras do Brasil de silício metálico (Figura 6.15) e sílica fumê, matérias-primas utilizadas nas indústrias de eletrônicos, química, metalurgia, cimento e refratários. A empresa possui em sua unidade de produção quatro fornos que, em 2009, produziram 23 mil toneladas de silício metálico, cerca de 20% da produção nacional, com faturamento de US\$ 66 milhões (Figura 6.16).

Assim, nos anos de 2008 e 2009, a CCM exportou o equivalente a US\$ 66 milhões em silício metálico, um aumento de 40% em relação aos valores exportados em 2006 e 2007, de US\$ 47 milhões, comercializando 90% de sua produção para a Europa.

A Camargo Corrêa S/A concretizou, em janeiro de 2007, a venda de sua unidade produtora de silício metálico, a Camargo Corrêa Metais (CCM), para a Globe Specialty Metals Inc., dos Estados Unidos, fabricante de silício metálico e ligas de silício metálico. Em decorrência, a CCM passou a ser denominada Globe Metais S.A., em uma operação que envolveu a cifra de R\$ 85 milhões.



**Figura 6.15** – Produção de silício metálico no estado do Pará, nos anos de 2006 a 2009. Fonte: IBRAM (2010).



**Figura 6.16** – Valor da produção de silício metálico no estado do Pará, nos anos de 2006 a 2009. Fonte: IBRAM (2010).

### Minerais Não Metálicos

#### Caulim

As reservas mundiais de caulim são consideradas abundantes e com larga distribuição em termos geográficos, concentradas, essencialmente, em apenas quatro países, que detêm 95% de um total estimado de aproximadamente 14,2 bilhões de toneladas.

Os Estados Unidos detêm 53%, o Brasil contribui com 28%, a Ucrânia tem uma participação de 7% e a Índia responde por 7% das reservas mundiais conhecidas. As reservas brasileiras de caulim atingiram, em 2000, um total em torno de 4 bilhões de toneladas, das quais 2,2 bilhões são medidas.

Os estados do Amazonas, Pará e Amapá são as Unidades da Federação com maior destaque, participando, respectivamente, com 63,4%, 18,9% e 8,9% do total das reservas brasileiras. Os depósitos de caulim atualmente conhecidos nos estados do Amazonas, Pará e Amapá são do tipo sedimentar, caracterizando-se por grandes reservas e com propriedades para diversas aplicações industriais, principalmente em revestimentos de papel (*coating*) e tintas.

O nordeste do estado do Pará, na região do rio Capim, destaca-se nacionalmente por suas grandes reservas de caulim para cobertura de papel. Essa região está localizada entre a Rodovia Belém-Brasília (trecho entre Ipixuna do Pará e Mãe do Rio) e o médio curso do rio Capim. O minério caulínico puro minerado é sobreposto por um nível caulínico



mais ferruginoso e por sedimentos argiloarenosos sotopostos da Formação Barreiras e está contido no contexto da Formação Ipixuna. Atualmente, o caulim do rio Capim está sendo industrializado pelas empresas Pará Pigmentos S/A (PPSA) e Imerys Rio Capim Caulim S/A (IRCC).

Vinculada a uma multinacional francesa, a IRCC é a líder nacional na produção de caulim. De acordo com os dados mais recentes (IBRAM, 2010), referentes ao ano de 2009, a empresa foi responsável por 40% da produção brasileira, com 995 mil toneladas de caulim beneficiadas no ano.

Em 1996, a empresa iniciou sua operação, na região do rio Capim, com uma capacidade de produção instalada de 250 mil toneladas anuais de caulim. Após a realização de quatro expansões, a empresa assumiu a liderança na produção de caulim, com a previsão de atingir 1,6 milhão de toneladas/ano.

Extraído no município de Ipixuna do Pará, a 158 km de Barcarena, o caulim chega à planta de beneficiamento por um mineroduto com 14 polegadas de diâmetro, em uma vazão de 350 m<sup>3</sup> por hora. Depois de industrializado, o produto segue para o porto, onde é embarcado para clientes nacionais e predominantemente estrangeiros.

A IRCC está produzindo em torno de 1 milhão de toneladas/ano de caulim, proveniente de sua mina no município de Ipixuna do Pará, onde existem três plantas de beneficiamento de caulim. Em Barcarena, além da IRCC, o município hospeda a planta da Pará Pigmentos S/A (PPSA); no rio Jari, e a planta da Caulim da Amazônia S/A (CADAM), essas duas últimas controladas pela Vale.

A produção de caulim no estado do Pará iniciou, no ano de 1996, com um volume de 85.529 toneladas. Desde então, vem mostrando uma produção anual sempre crescente, atingindo, no ano de 2009, uma tonelage de 1.349.770, total obtido pela operação mineira conjunta da IRCC e da PPSA (Figura 6.17). No ano de 2009, o estado do Pará exportou o equivalente a US\$ 176 milhões em caulim, um decréscimo de 22% em relação ao ano de 2008 (Figura 6.18).

Com as obras de ampliação, nas quais estão trabalhando 750 pessoas, a Imerys Rio Capim Caulim (IRCC) passará a produzir 1,6 milhão de toneladas anuais, fortemente motivada por uma corrida pelo caulim paraense, mercado por sua excepcional qualidade e teor (a IRCC desativou uma unidade na Inglaterra, em 2007-2008, para ampliar sua produção no Pará, tendo como motivo a melhor qualidade).

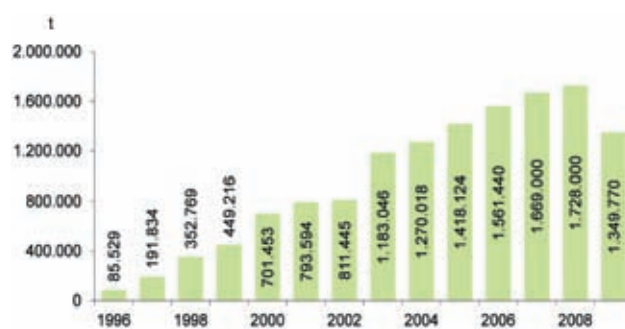
A Pará Pigmentos S/A (PPSA) opera com uma mina no município de Ipixuna do Pará e uma planta industrial no município de Barcarena. Atualmente, cerca de 5% da produção da empresa é destinada à fabricação de tintas e o restante comercializado para aplicação como revestimento de papel, sendo considerados pela indústria papelreira mundial como os produtos *premium* do segmento. O caulim de qualidade superior confere ao papel excelentes propriedades de impressão, devido a suas características de brilho e alvura.

A PPSA é suportada por jazidas de caulim de classe mundial em termos de qualidade, tamanho e flexibilidade, localizadas na bacia do rio Capim.

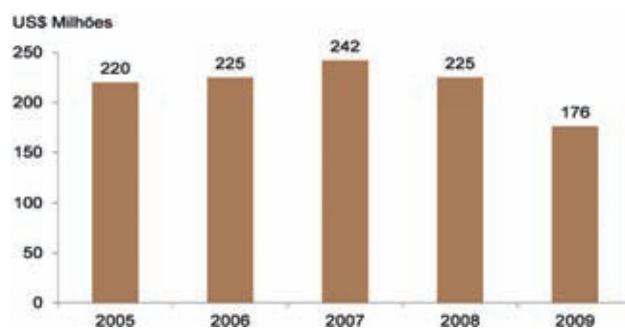
A empresa foi fundada no ano de 1996, tendo iniciado suas operações no mesmo ano. Dispõe, atualmente, de uma mina com área total de 32,5 hectares. Incorpora 320 empregados e está estruturada em uma composição acionária em que a Vale participa com 82%, a Mitsubishi com 13,8% e a International Finance Corporation's (IFC) com 4%. A capacidade nominal da planta é de 600 mil toneladas por ano e a empresa dispõe de um sistema de transporte para a planta de beneficiamento através de um mineroduto de Ipixuna do Pará até Barcarena com 180 km de extensão. A produção da PPSA tem um volume de 11% destinado ao mercado interno e 89% ao mercado externo. O meio de transporte utilizado é o marítimo, até os principais mercados consumidores na Europa, Ásia, EUA e América do Sul.

Mesmo ocupando a segunda posição na produção mundial de caulim e detendo 30% do mercado, há expectativa de que as duas empresas produtoras de caulim no espaço paraense (PPSA e IRCC) deverão atingir, até o final desta década, uma produção conjunta de cerca de três milhões de toneladas, colocando o estado em destaque na liderança da produção mundial de caulim.

No início do segundo semestre do ano de 2010, a IRCC passou a controlar 86% do capital da PPSA, incluindo todos os direitos minerários de caulim. Dessa forma, a IRCC amplia suas reservas minerais para atender ao mercado de papel, incorporando, ainda, a planta de beneficiamento e infraestrutura de logística no estado – mineroduto e terminal portuário, em Barcarena.



**Figura 6.17** – Produção histórica sempre crescente de caulim do estado do Pará (produção conjunta das empresas PPSA e IRCC).  
Fonte: IBRAM (2010).



**Figura 6.18** – Valor da produção mineral de caulim do estado do Pará, para os anos de 2005 a 2009. Fonte: IBRAM (2010).

## Calcário

A produção mineral paraense de calcário (Figura 6.19) é proveniente da lavra de duas minas pertencentes à Companhia Agroindustrial de Monte Alegre (CAIMA), nos municípios de Capanema e Itaituba, com utilização na fabricação de cimento. No contexto geológico regional da porção nordeste do estado do Pará, o calcário de Capanema tem a sua produção mineral restrita aos domínios geológicos do Cenozoico, operado pela CBE/CAIMA do Grupo João Santos, que lavra e transforma o calcário em cimento “portland” no mesmo município. A produção de calcário oriunda da mina de Capanema é totalmente destinada ao mercado interno, merecendo destacar que o produtor e o consumidor são integrantes do mesmo grupo empresarial.

A mina de Itaituba está inserida no contexto geológico da Formação Itaituba da Bacia Amazônica, onde as ocorrências de calcário ocupam grandes áreas de exposição no norte do município. A Caima, indústria cimenteira, também pertencente ao Grupo João Santos, possui uma reserva medida de calcário de 100 milhões de toneladas, projetando a vida útil da mina para 91 anos. Essa indústria, instalada há mais de 20 anos, somente no ano de 2005 entrou em fase de produção. Outro empreendimento previsto para o aproveitamento desse calcário é como corretivo de solo. A Indústria e Comércio de Calcário Ltda. (CICOAL) possui uma reserva de 20 milhões de toneladas de calcário magnesiano, com potencial para atender à demanda atual e projetada para os próximos 20 anos, cujo início das atividades estava programado para ocorrer no ano de 2005.

A Caima é uma das fábricas de cimento mais modernas do país, munida de equipamentos de última geração, completamente controlada por *softwares* e com capacidade de produção de 16 milhões de sacos de cimento de 50 kg/ano. A Caima é a maior empregadora de Itaituba e motiva a implantação de várias outras empresas na redondeza, contribuindo para o desenvolvimento da região. O município já sente as mudanças provocadas pelas operações da empresa, particularmente na geração de empregos, com a política empresarial de empregar mão de obra local.

### Areia, argila, cascalho

Com relação aos minerais de emprego imediato na construção civil e artesanato, não existe uma fonte concentradora de informações sobre a produção dessas substâncias no estado do Pará, no ano de 2007. O “Anuário Mineral Brasileiro” mais recente, publicado pelo DNPM, refere-se ao ano de 2006, com dados relativos ao ano-base 2005 (Tabela 6.5).

### Água mineral

A produção de água mineral no estado do Pará atingiu, em 2007, um volume de 196 milhões de litros, o que correspondeu a um incremento de 15%, quando

comparado ao ano de 2006. A produção foi totalmente comercializada por um valor total de R\$ 17 milhões. As cinco empresas produtoras de água mineral no estado e suas respectivas participações percentuais no total da produção são: Indaiá (42%), Belágua (19%), Mar Doce (14%), Terra Alta (13%) e Iara (12%).

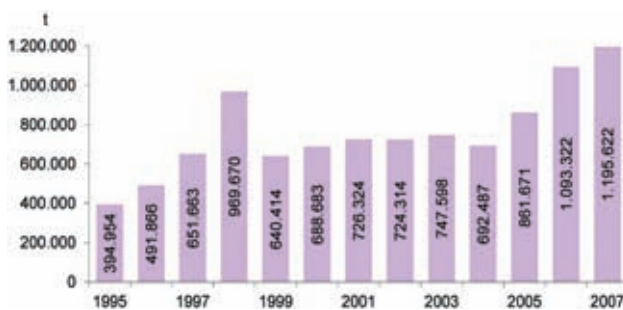


Figura 6.19 – Evolução da produção de calcário no estado do Pará. Fonte: DNPM (2008).

Tabela 6.5 – Produção bruta das principais substâncias não metálicas de uso imediato na construção civil.

SUBSTÂNCIA	QUANTIDADE (ROM)
Areia	4.434.222 m <sup>3</sup>
Areia Industrial	49.016 t
Argilas Comuns	276.369 t
Argilas Plásticas	49.808 t
Grafita	3.901 t
Quartzo	38.419 t
Brita e Cascalho	359.749 m <sup>3</sup>
Rochas Ornamentais	335 m <sup>3</sup>

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro (DNPM, 2006).

## REFERÊNCIAS

DNPM. Diretoria de Desenvolvimento e Economia Mineral. **Anuário mineral brasileiro 2006**. Brasília: DNPM, 2006.

DNPM. Ministério de Minas e Energia. **Informe mineral do estado do Pará 2008**. Brasília: DNPM, 2008.

DNPM. Ministério de Minas e Energia. **Informe mineral do estado do Pará 2009**. Brasília: DNPM, 2009.

IBRAM. **Balanza comercial mineral da Amazônia**. Belém: IBRAM Amazônia, 2008.

IBRAM. **Balanza mineral da Amazônia Legal**. Belém: IBRAM Amazônia, 2009.

IBRAM. **Balanza mineral da Amazônia Legal**. Belém: IBRAM Amazônia, fev. 2010.

# 7

## PANORAMA DA PESQUISA E DO POTENCIAL PETROLÍFERO

Kátia da Silva Duarte (*ksduarte@anp.gov.br*)

Cintia Itokazu Coutinho (*ccoutinho@anp.gov.br*)

Luciene Ferreira Pedrosa (*lpedrosa@anp.gov.br*)

Bernardo Faria de Almeida (*bfalmeida@anp.gov.br*)

Antenor de Faria Muricy Filho (*Geólogo da ANP entre 2005 e 07/2012*)

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

### SUMÁRIO

Introdução .....	105
Bacia do Alto Tapajós .....	108
Bacia do Amazonas .....	109
Bacia do Marajó .....	111
Bacia de São Luís-Bragança-Vizeu .....	111
Bacia do Parnaíba .....	112
Bacia da Foz do Amazonas .....	112
Bacia do Pará-Maranhão .....	114
Referências .....	115





## INTRODUÇÃO

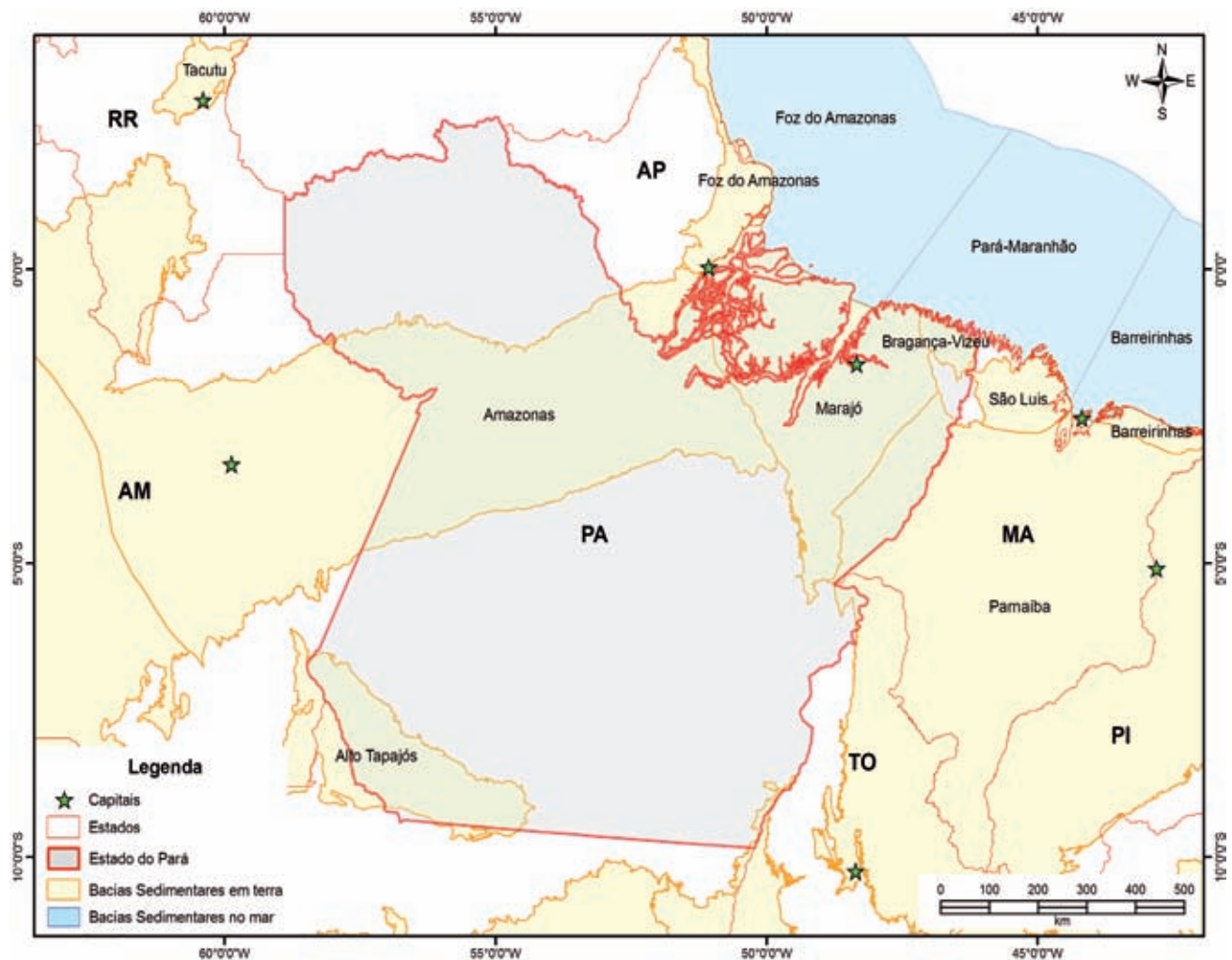
O potencial petrolífero de uma região está primariamente relacionado à existência, extensão e espessura de seu pacote sedimentar. Nesse aspecto, o Estado do Pará tem em seu território sete bacias sedimentares que correspondem à maior parte da Bacia do Alto Tapajós, às partes centro e leste da Bacia do Amazonas, à Bacia do Marajó, à Bacia de São Luís-Bragança-Vizeu e à borda noroeste da Bacia do Parnaíba. Já as bacias sedimentares marítimas correspondem à da Foz do Amazonas (que também tem uma porção emersa) e Pará-Maranhão (Figura 7.1).

No início de agosto de 2012 havia sete concessões exploratórias marítimas no Estado do Pará e nenhuma concessão de produção (Figura 7.2; Tabela 7.1).

Ao longo da história de exploração da região, foi coletado um volume considerável de dados, através de campanhas de geoquímica de superfície, levantamentos geofísicos e da perfuração de poços (Figuras 7.3 e 7.4).

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) atua na busca pelo aumento das reservas petrolíferas brasileiras não apenas por meio das concessões, mas também através de seus planos plurianuais (PPA) de levantamentos geológicos e geofísicos, (ANP, 2009). Entre os projetos já concluídos é importante destacar a aquisição de dados regionais por meio de aerolevantamentos geofísicos de gravimetria e magnetometria cobrindo as bacias do Amazonas, Marajó, São Luís-Bragança-Vizeu e Parnaíba, o levantamento geoquímico que abrange parte das bacias do Parnaíba e Marajó e o reprocessamento de linhas sísmicas. Encontra-se em aquisição (agosto, 2012) o levantamento sísmico regional na Bacia do Amazonas e diante dos resultados alcançados está prevista a perfuração de poços estratigráficos nas bacias do Parnaíba e São Luís (Figura 7.5).

Como resultado dos esforços exploratórios na região, foi possível a obtenção de dados essenciais ao entendimento das bacias sedimentares da área.



**Figura 7.1** – Bacias sedimentares existentes no estado do Pará e área marítima adjacente\*.

(\*) As bacias marítimas descritas neste capítulo não representam, necessariamente, a região que corresponde à divisão das participações governamentais destinadas ao estado do Pará e seus municípios.

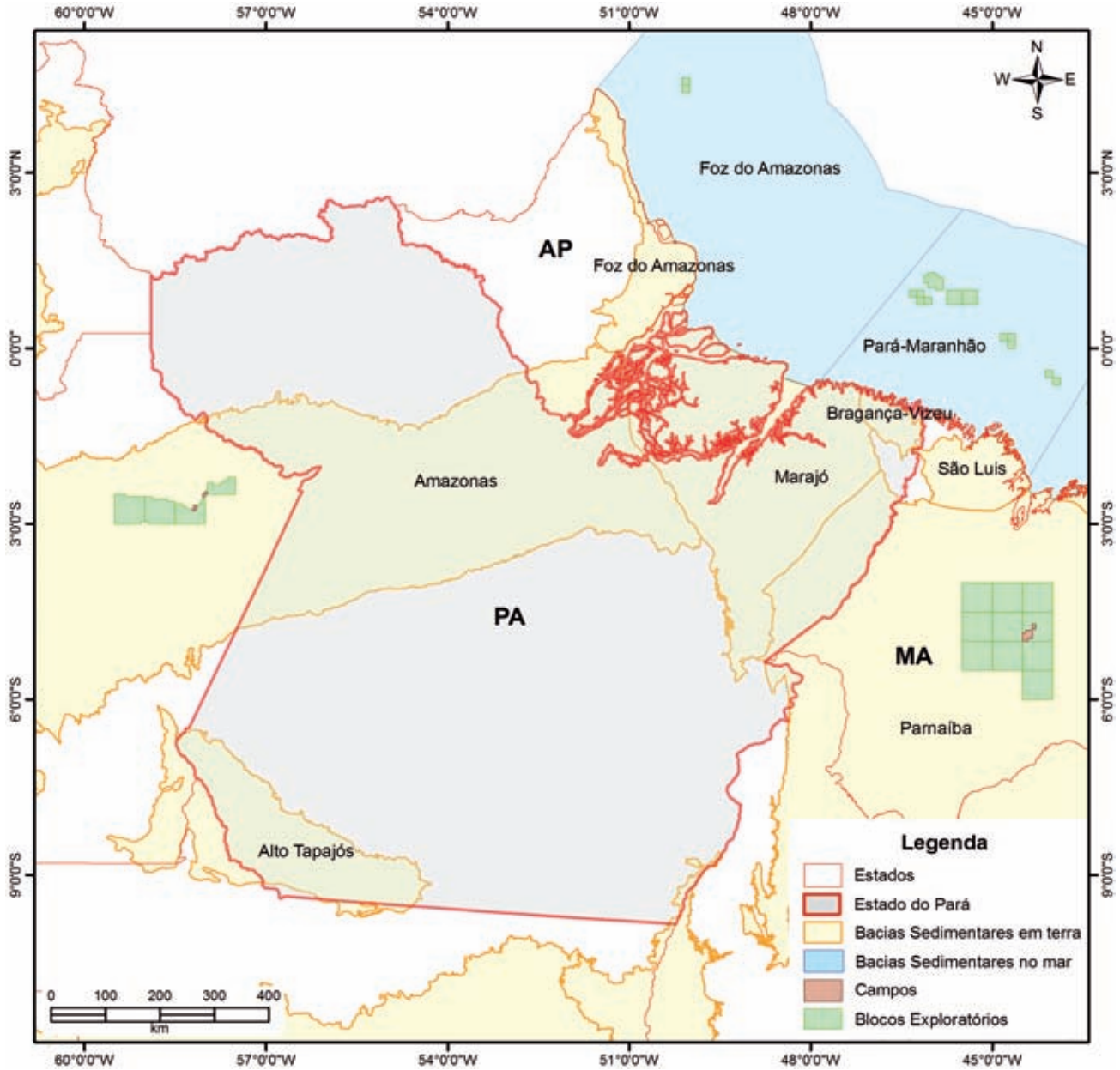


Figura 7.2 – Áreas concedidas como blocos na área adjacente ao estado do Pará.

Tabela 7.1 – Áreas concedidas para exploração de petróleo no estado do Pará (mar) (agosto,2012).

Bloco	Bacia	Nº de Blocos	Assinatura	Licitação	Operador
BM-PAMA-3	Pará-Maranhão	1	29.08.2001	Round 3	Petrobras
PAMA-M-194	Pará-Maranhão	1	24.11.2004	Round 6	Petrobras
PAMA-M-192	Pará-Maranhão	1	24.11.2004	Round 6	Petrobras
PAMA-M-135	Pará-Maranhão	1	24.11.2004	Round 6	Petrobras
PAMA-M-223	Pará-Maranhão	1	12.03.2008	Round 9	Petrobras
PAMA-M-222	Pará-Maranhão	1	12.03.2008	Round 9	Petrobras
PAMA-M-188	Pará-Maranhão	1	12.03.2008	Round 9	Petrobras
PAMA-M-187	Pará-Maranhão	1	12.03.2008	Round 9	Petrobras

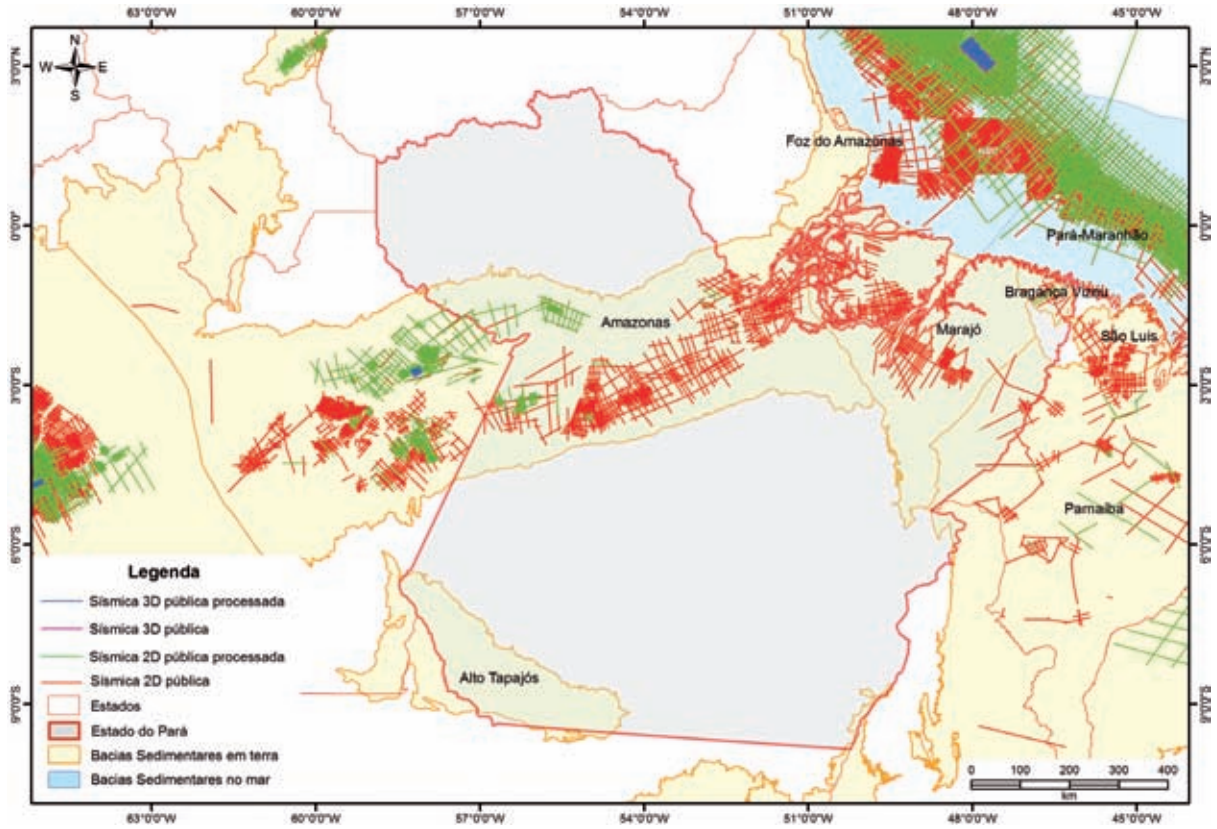


Figura 7.3 – Levantamentos sísmicos no estado do Pará e entorno.

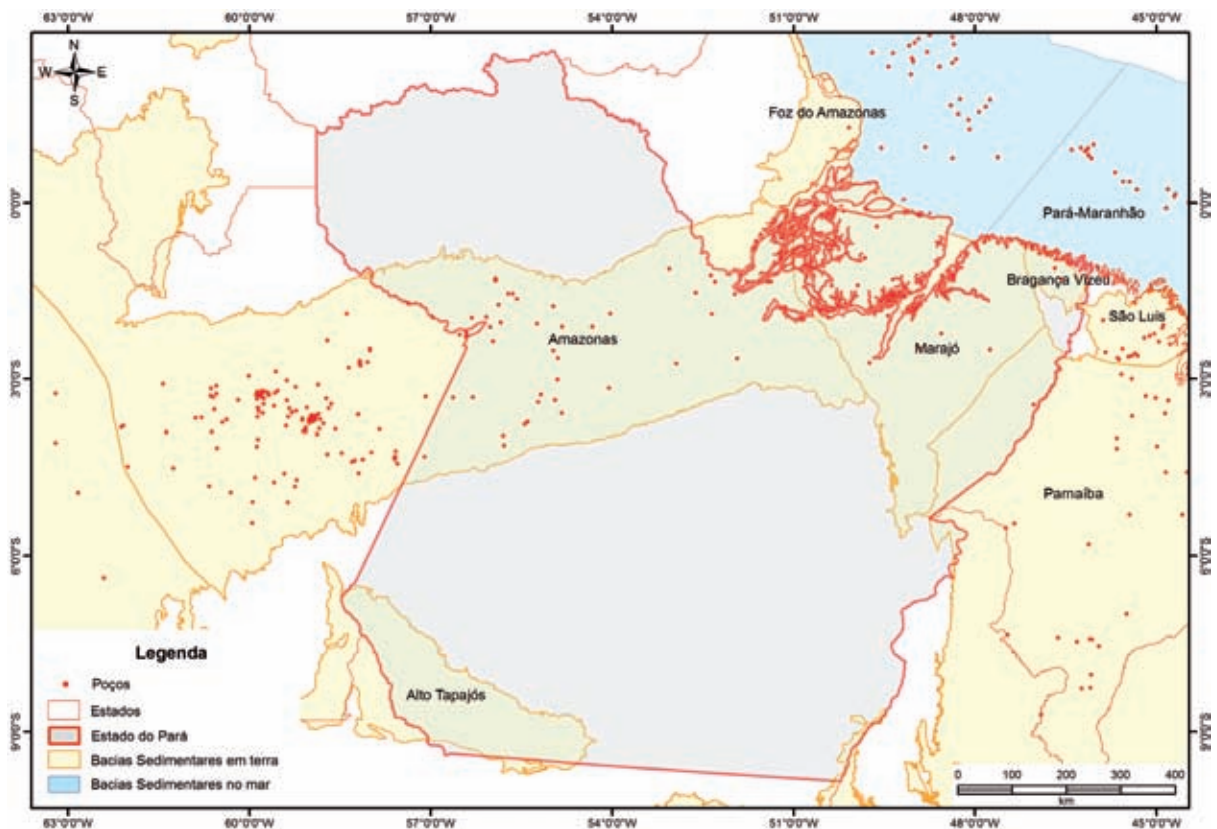


Figura 7.4 – Poços perfurados no estado do Pará e entorno.



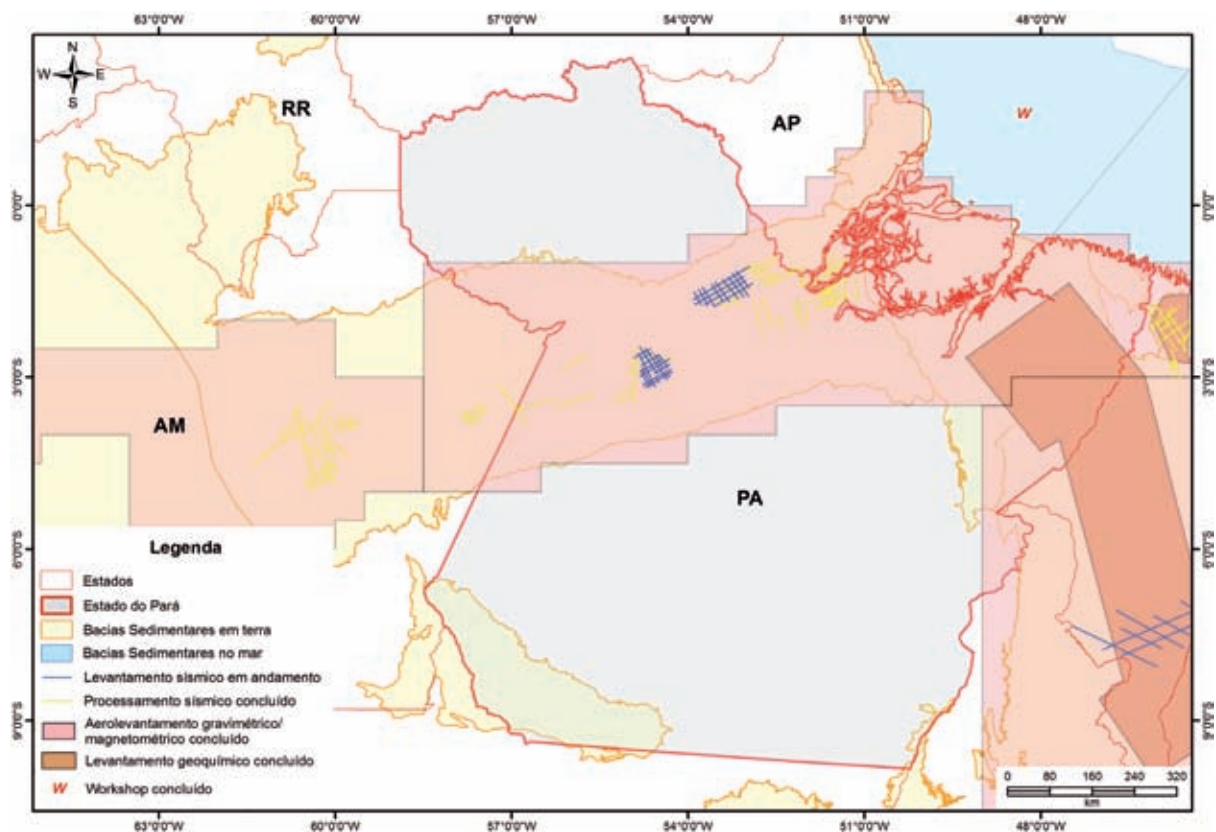


Figura 7.5 – Localização de projetos contemplados no plano plurianual de geologia e geofísica da ANP.

## BACIA DO ALTO TAPAJÓS

A Bacia do Alto Tapajós tem área aproximada de 76 mil km<sup>2</sup> e está localizada na região limítrofe dos estados do Amazonas e Pará, com a maior parte ocupando o Estado do Pará (Figura 7.1).

As primeiras informações geológicas sobre essa bacia foram relatadas por Moura (1932), que, após um trabalho de reconhecimento no vale do Alto Tapajós, descreveu sedimentos de idade cretácea. Em 1966 Barbosa observou uma sedimentação marinha e costeira formada na plataforma de um mar siluriano e posicionou uma sequência permocarbonífera, a qual denominou Grupo Sucunduri.

Em 1976 a SUDAM/GEOMITEC desenvolveu um levantamento de geologia básica e prospecção geoquímica na bacia. No mesmo ano Suszczynski alterou o padrão estratigráfico tradicional da região, incluindo a antiga bacia sedimentar do alto Tapajós no sistema vulcano-sedimentar dobrado e apontando o reinício das grandes transgressões marinhas do fim do Pré-Cambriano que persistiriam até o Devoniano, abrangendo as formações Trombetas e Curuá, formando uma só série cronoestratigráfica no topo da sequência sedimentar, modificando então os conceitos estabelecidos sobre a evolução e os estágios de sedimentação das bacias paleozóicas da região.

Em 1978 o setor noroeste da bacia foi mapeado em escala de reconhecimento, 1:250.000, por Santiago et al.

(1978), que o dividiu em dez formações, uma de idade neoproterozóica e as demais paleozóicas. Nos trabalhos do Projeto RADAMBRASIL, Montalvão et. al., 1979 e Santos et. al., 1975 descreveram e cartografaram os sedimentos da Bacia do Alto Tapajós como pertencentes ao Grupo Beneficente, considerando como a sedimentação que se seguiu ao magmatismo do Grupo Uatumã.

Em 1995 a PETROBRAS realizou um completo aerolevantamento gravimétrico e magnetométrico da bacia. Em 2001 Teixeira confirmou a existência de microfósseis devonianos na Formação São Benedito e com base nos dados aerogravimétricos e aeromagnetométricos, sugeriu para a bacia uma evolução iniciada com um sistema rifte do Neoproterozóico sucedido por outro sistema semelhante no Paleozóico dessa forma, agrupou as formações estabelecidas em duas megassequências: uma neoproterozóica e outra paleozóica.

Apesar dos trabalhos mencionados, os dados atualmente existentes sobre a bacia não permitem especular sobre a existência de um sistema petrolífero. No entanto, pode-se prever a existência de rochas geradoras de boa qualidade e reservatórios paleozóicos. O pouco conhecimento, associado ao fato de a bacia apresentar extensas áreas restritivas à exploração (reservas ambientais, indígenas e de segurança) é o que de fato compromete a definição de áreas para a pesquisa exploratória, não existindo, portanto, concessões atualmente nessa bacia.



## BACIA DO AMAZONAS

Segundo Gonzaga et al. (2000), a Bacia do Amazonas tem forma alongada na direção EW, com uma área aproximada de 500 mil km<sup>2</sup>, intracratônica, limitada, a norte pelo Escudo das Guianas; a sul pelo Escudo Brasileiro; a oeste, com a Bacia do Solimões, pelo Arco de Purus; a leste, com a Bacia de Marajó, pelo Arco de Gurupá, tendo 5000 m de preenchimento vulcano-sedimentar, do Paleozóico ao Cenozóico.

A exploração de petróleo na Bacia do Amazonas teve início com os trabalhos do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil e prosseguiu com o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e o Conselho Nacional do Petróleo (CNP).

Com a criação da PETROBRAS em 1953, a exploração de petróleo nessa bacia teve grande impulso, a qual pode ser subdividida em três fases de perfuração de poços conforme ilustra a Figura 7.6.

Na primeira fase (1953 a 1967), foram perfurados 53 poços estratigráficos e 58 poços pioneiros. Essa exploração foi bastante intensificada após a descoberta de petróleo, logo no início da fase, nos poços 1-NO-1, 1-NO-3 e 1-NO-4-AM na região de Nova Olinda, AM. As descobertas se revelaram subcomerciais, em virtude da pequena extensão dos reservatórios associada à distância de centros industriais e urbanos.

Indicações de gás foram obtidas nos poços 2-CPST-1-PA (Rio Cupari), 2-BUST-1-PA (Buiuçu), 1-CM-1-PA (Cuminá), 1-FA-1-AM (Faro), 1-FO-1-PA (Fordlândia), 2-LFST-1-AM (Lago do Faro), 1-RX-4-AM (Rio Abacaxis) e 1-SO-1-AM (Sampaio). Indicações de óleo ocorreram nos poços 1-AM-1, 3, 6A, e 11-AM (Autás-Mirim) e 1-MS-3-AM (Maués) e indicações de óleo/gás no poço 1-AD-1A-AM (Andirá) (Figura 7.7). Conforme relatório da COPPE/UFRJ (2001), a maioria dos poços, inclusive os pioneiros, foi perfurada, fundamentalmente, com base em dados gravimétricos, com algum suporte de dados de geologia de superfície

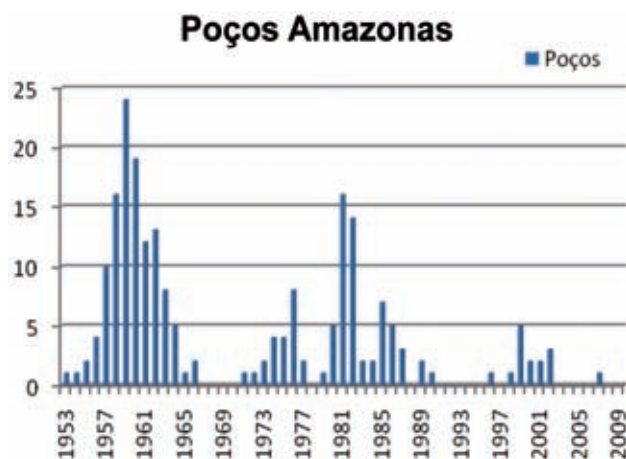


Figura 7.6 – Histórico dos poços perfurados na bacia do Amazonas (jul. 2009).

e de controle sísmico, sendo locados, principalmente, às margens dos rios para aproveitar as facilidades do deslocamento via fluvial, o que talvez explique a limitação no sucesso exploratório da bacia.

Na segunda fase de perfuração de poços, entre 1971 e 1990, após levantamentos sísmicos sistemáticos, foram perfurados quatro poços estratigráficos e 34 poços pioneiros, dois deles perfurados pela Pecten e pela Elf-Aquitaine, sob o regime de contrato de risco, além de cinco poços de extensão. As indicações mais significativas de hidrocarbonetos nessa fase ocorreram nos poços 1-LT-1-AM (Lago Tucunaré) e 1-ICA-1-AM (Igarapé Cuia), em 1985, produtores de gás e óleo, respectivamente. Boas indicações de gás ocorreram nos poços 1-BR-1A-PA (Belterra), 1-FC-1-PA (Fazenda Cachoeira), 1-FZ-1-AM (Fazendinha) e 1-TR-1-PA (Tauari). O poço 1-RCM-1-AM (Riacho Castanho-Mirim), perfurado pela Pecten, recuperou gás em teste de formação, porém sem registro de vazão. Boas indicações de óleo foram reportadas nos poços 1-IJU-1-AM (Igarapé Jacuraru) e 1-PA-1-AM (Paraná do Autás-Mirim).

Uma terceira fase teve início em 1996, com a descoberta de gás, em 1999, no poço 1-RUT-1-AM (Rio Uatumã), situado no bloco BA-3 da PETROBRAS, fora do Estado do Pará. Essa descoberta deu origem ao Campo de Azulão. Em 2001, foi perfurado o poço 1-BRSA-98-AM, que deu origem ao Campo de Japiim. Ambos são campos de pequeno porte, de gás não associado e se encontram no Estado do Amazonas, no entanto, tais descobertas em conjunto com boas indicações de óleo observadas na região (por exemplo, o poço 1-LIT-1-AM, perfurado em 1996), abriram perspectivas para a descoberta de províncias produtoras em outras partes dessa vasta bacia sedimentar.

A existência de dados e de poços na Bacia do Amazonas mostra-se mais adensada na porção central. A bacia foi recoberta com levantamentos gravimétricos e magnetométricos terrestres em escala regional e de baixa densidade (< 5 km). Diante disso, a ANP optou pela realização de um aerolevanteamento com aquisição de novos dados gravimétricos e magnetométricos, dentro do escopo do PPA, conforme anteriormente mencionado.

Durante a história exploratória da bacia, foram realizados aproximadamente 78.000 km de levantamento sísmico 2D e 210 km<sup>2</sup> de sísmica 3D até 2001, segundo o relatório da COPPE/UFRJ. Conforme mencionado, atualmente se encontra em andamento (agosto, 2012) a aquisição de 1500 km do levantamento sísmico regional, licitado e contratado pela ANP.

Até maio de 2006 haviam sido perfurados 212 poços na Bacia do Amazonas, dos quais 176 são exploratórios e 36 são de desenvolvimento ou especiais. Dos poços exploratórios, 107 são pioneiros, 61 estratigráficos e 8 de extensão.

Segundo Gonzaga et al. (2000), a bacia possui um sistema petrolífero ativo e comprovado, conforme resumido a seguir.

Com relação às rochas geradoras, Caputo et al. (1971) consideram que as formações Pitinga, Barreirinha e Curiri

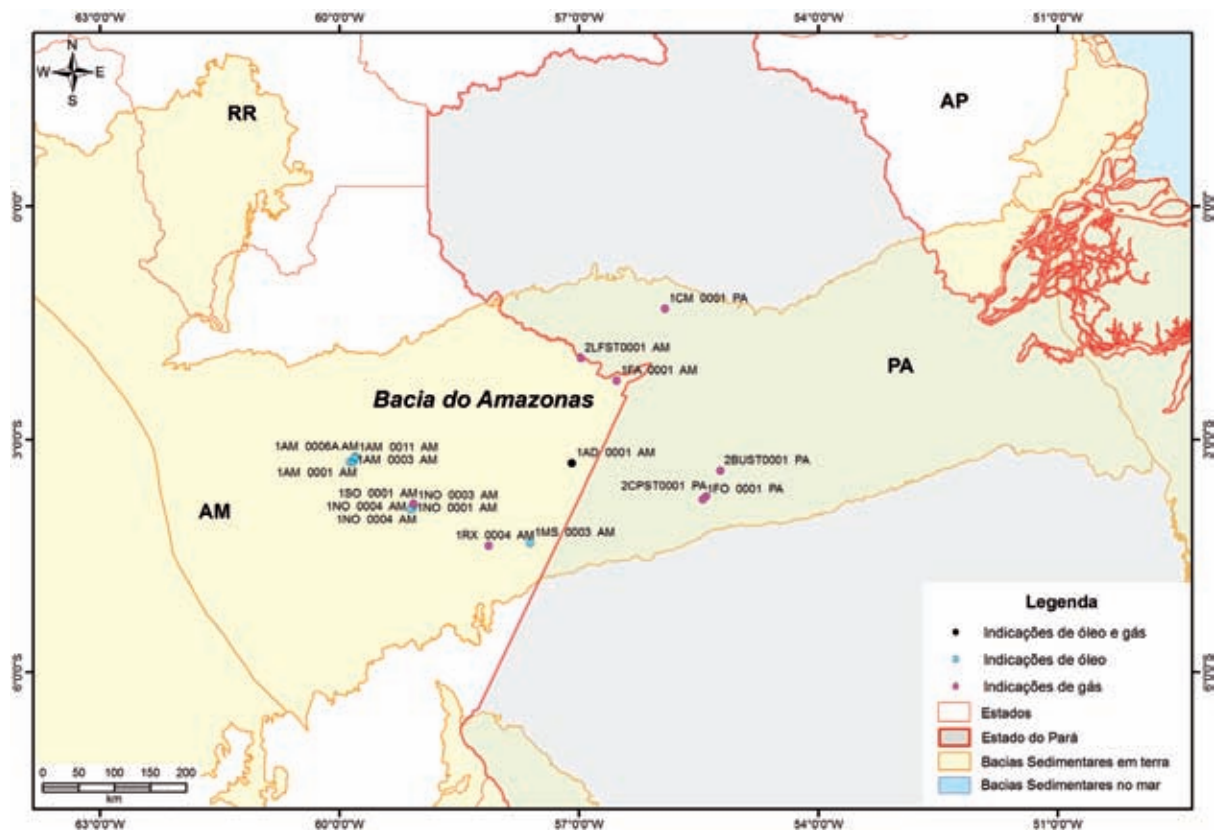


Figura 7.7 – Indicações de hidrocarbonetos obtidas na primeira fase exploratória da bacia do Amazonas, após a criação da Petrobras.

são as que possuem potencial significativo para a geração de hidrocarbonetos, em especial os folhelhos marinhos pretos silurianos da Formação Pitinga e devonianos da Formação Barreirinha. Esses últimos são considerados, até então, os geradores principais.

Os geradores da Formação Pitinga têm teores de matéria orgânica (COT) em geral menores que 2% e potencial gerador em torno de 4 mg HC/g de rocha. Algumas amostras da seção basal da formação apresentam teores de até 4% e potencial gerador de até 14 mg HC/g de rocha. Os índices de hidrogênio e oxigênio mostram predominância de matéria orgânica do tipo II. A espessura dos folhelhos varia de 20 m a 40 m na plataforma e chega a 120 m no depocentro. Já a Formação Barreirinha pode ser dividida em dois intervalos: o intervalo basal, com alta radioatividade e resistividade, apresenta teores de matéria orgânica (COT) variando de 3% a 8%, bom potencial gerador de hidrocarbonetos, variando de 4 a 20 mg HC/g de rocha, e índices de hidrogênio entre 100 a 400 mg HC/g COT, indicando predominância de matéria orgânica do tipo II, sendo a espessura variável entre 30-40 m na plataforma e 150-160 m no depocentro. O intervalo superior tem teores de matéria orgânica (COT) entre 1% e 2% e potencial gerador máximo de 4 mg HC/g de rocha. Os índices de hidrogênio são em geral menores que 200 mg HC/g COT e os índices de oxigênio em torno de 300 mg CO<sub>2</sub>/g de rocha, indicando

a predominância de matéria orgânica do tipo III, sendo que a espessura pode chegar a 150 m no depocentro.

Os folhelhos da Formação Curiri, do Neodevoniano-Fameniano, possuem valores de carbono orgânico entre 1% e 2% e potencial gerador de até 3 mg HC/g de rocha. Dados petrográficos e valores de índices de hidrogênio e oxigênio indicam predomínio de matéria orgânica do tipo III.

Os geradores se encontram supermaturos nas partes mais profundas da calha central, modificando-se para o estágio maturo em profundidades intermediárias e para o estágio imaturo nas partes mais rasas das plataformas.

Em termos de reservatório, os arenitos da Formação Monte Alegre, de idade carbonífera, são considerados os principais da bacia. A sua distribuição é mais ou menos uniforme por toda a bacia, com espessura variando, em geral, de 80 m até o máximo de 140 m no depocentro. A sua porosidade é predominantemente secundária, com os maiores valores em torno de 24%, ocorrendo de maneira geral nas áreas de plataforma, diminuindo em direção à parte central da bacia. A permeabilidade chega a 1200 mD. Essa unidade está ausente nas partes mais altas do Arco de Purus.

Com o resultado do poço 1-RUT-1-AM, foi comprovado um novo prospecto que engloba os reservatórios pensilvanianos da Formação Nova Olinda, supridos pelo gerador da Formação Barreirinha. Os arenitos da Formação

Nova Olinda têm espessura média de 6-40 m e porosidade média de 20%, com profundidades que variam de 1300 m a 2600 m.

Reservatórios secundários, porém de boa qualidade, podem ser mencionados, tais como os arenitos devonianos da Formação Maecuru e os silurianos da Formação Nhamundá.

A Formação Barreirinha atinge as condições termais de início de geração de óleo em torno de 1800 m de profundidade. A geração deve ter se iniciado entre o Carbonífero (há 360 Ma), no depocentro da bacia, e o Permiano (há 290 Ma), na área da plataforma. A maior parte da geração de óleo teria sido completada no Eotriássico. Valores de taxa de transformação variam de 10% a 20% nas plataformas a 95% a 100% nos depocentros. A evolução termal da matéria orgânica se deu principalmente por subsidência. O efeito térmico causado por intrusões de diabásio só foi importante em áreas em que os diques e soleiras se achavam próximos da rocha geradora. Assim, na parte leste da bacia os folhelhos se encontram supermaturos devido à grande quantidade de soleiras e diques que penetram na seção devoniana.

A fase principal de expulsão do óleo deve ter se dado com o nível de maturação de aproximadamente  $R_o = 0,80\%$ , condição que foi alcançada entre o Neocarbonífero, no depocentro, e o Eopermiano, nas áreas de plataforma.

Devido à pequena espessura dos sedimentos cretáceos e terciários que ocorrem, em geral, na bacia, pequenas quantidades de petróleo foram expelidas a partir do Jurássico.

Cálculos volumétricos preliminares indicam a possibilidade de terem sido expelidos da rocha-fonte cerca de 900 bilhões de barris de óleo equivalente nas fases finais de geração/migração (Gonzaga et al., 2000).

Da mesma forma como ocorre na vizinha Bacia do Solimões, acredita-se que a migração dos hidrocarbonetos ocorra principalmente ao longo de planos de falha, que colocariam em contato o gerador devoniano da Formação Barreirinha com o principal reservatório, o arenito carbonífero da Formação Monte Alegre, ou ainda com os arenitos da Formação Nova Olinda. Pode ocorrer, também, migração direta desse gerador para reservatórios devonianos adjacentes, ou do gerador da Formação Pitinga para reservatórios contíguos silurianos, em ambos os casos, por contato direto ou migração lateral por meios permoporosos.

Os calcilitos e as anidritas da Formação Itaituba e os evaporitos da Formação Nova Olinda constituem o selo para os arenitos da Formação Monte Alegre e demais reservatórios carboníferos. Folhelhos da Formação Pitinga podem selar os arenitos silurianos da Formação Nhamundá.

As trapas são predominantemente estruturais, em geral, feições dômicas compressivas associadas a blocos altos de falhas reversas. Trapas associadas às discordâncias poderão estar presentes, sejam paleogeomórficas, sejam relacionadas aos truncamentos e adelgaçamentos.

## BACIA DO MARAJÓ

A Bacia do Marajó situa-se no Estado do Pará e segundo Zalán e Matsuda (2007), formou-se a partir do Mesozóico, com a abertura do Atlântico Equatorial. A bacia abrange uma área de 150 mil km<sup>2</sup>. Atualmente, encontra-se coberta por terrenos pantanosos das vizinhanças da foz do rio Amazonas. Essa bacia faz limite com a Bacia do Amazonas a sudoeste, separadas pelo Arco de Gurupá e a sudeste com a Bacia do Parnaíba, separadas pelo Arco de Tocantins. Na direção noroeste, a bacia faz limite com o Estado do Amapá e a nordeste com o oceano Atlântico (Figura 7.1).

A Bacia do Marajó começou a ser investigada no início da década de 1950, com a interpretação dos primeiros dados geofísicos (gravimetria e magnetometria) adquiridos pelo Conselho Nacional de Petróleo (CNP). Ainda relacionado a esse programa, Petri (1954) divulgou os primeiros resultados dos poços perfurados (Limoeiro-1 e Cururu-1), mencionando a ocorrência de fósseis (foraminíferos e diatomáceas) na unidade sedimentar de Limoeiro. Posteriormente, foram perfurados mais 17 poços (10 pioneiros e 7 estratigráficos) e foram adquiridos 1341 km de linhas sísmicas.

Na década de 1960, foram desenvolvidos grandes esforços nas investigações de subsuperfície, a partir de levantamento geofísico e perfuração de vários poços na Bacia de Marajó pela PETROBRAS. Em 1966, por meio de dados sísmicos e gravimétricos, foram reconhecidas duas grandes feições estruturais nessa bacia, compostas pelos grabens de Mexiana e Limoeiro.

Grande parte das investigações geológicas na Bacia de Marajó foi realizada na década de 1980, proporcionando avanços consideráveis para o entendimento dos processos geológicos responsáveis pela atual compreensão estrutural da bacia. Recentemente a ANP finalizou um levantamento geoquímico na porção central da bacia, cujos resultados estão em fase de integração e interpretação.

Com base na análise dos poços perfurados pela TEBCO na Bacia do Marajó, por conta dos contratos de risco, em 1989, concluiu-se que a maturidade termal atingida é favorável à geração, mas a preservação de hidrocarbonetos ainda não está esclarecida, devido à falta de entendimento da estratigrafia e do reconhecimento do fluxo termal que determina a rapidez e a idade de maturação da matéria orgânica.

## BACIA DE SÃO LUÍS-BRAGANÇA-VIZEU

A Bacia de São Luís-Bragança-Vizeu tem área aproximada de 25 mil km<sup>2</sup>, sendo que a parte da Bacia de São Luís está quase inteiramente localizada no Estado do Maranhão, já a Bacia de Bragança-Vizeu está localizada no Estado do Pará, fazendo limite, a norte, com a Bacia do Pará-Maranhão e a oeste com a Bacia de Marajó (Figura 7.1).

Entre 1957 e 1988 foram perfurados 20 poços exploratórios na Bacia de São Luís, com profundidade média de 1.954,9 m, profundidade mínima de 931 m e máxima de 3746 m. A densidade de poços exploratórios é de um para cada 1215 km<sup>2</sup> de área sedimentar (Landau e Bacocoli, 2003), o que é uma baixa densidade de poços. Em função disso, a ANP tem planejado no Plano Plurianual de Geologia e Geofísica, (PPA) a perfuração de um importante poço estratigráfico, que tem a função, entre outras, de amostrar a principal rocha geradora da região – Formação Codó (Aptiano) – em profundidade apropriada à geração.

Na porção que corresponde à Bacia de Bragança-Vizeu foram perfurados, na década de 60, o poço estratigráfico 2-VNST-1-PA com 2068 m de profundidade e o poço 2-EGST-1-PA com 2100 metros.

Em termos de levantamento geofísico, foram realizados, entre 1954 e 1989, 3079 km de sísmica 2D e em 1984, 19.726 km de magnetometria. A densidade do recobrimento magnetométrico é de 0,81 km/km<sup>2</sup>, enquanto a da sísmica é de 0,13 km/km<sup>2</sup>, segundo Landau e Bacocoli, 2003.

## BACIA DO PARNAÍBA

A bacia intracratônica do Parnaíba localiza-se na porção nordeste do Brasil e abrange uma área aproximada de 680 mil km<sup>2</sup>, porém com pequena extensão dentro do Estado do Pará (Figura 7.1). Segundo Cunha (1986), a Bacia do Parnaíba se separa das bacias de Barreirinhas e São Luís, situadas a norte, pelo Arco Ferrer-Urbano Santos, e da Bacia do Marajó, a noroeste, pelo Arco de Tocantins. Ao sul, seu limite com a Bacia do São Francisco é definido pelo Arco de São Francisco. A Bacia do Parnaíba abriga em seu depocentro um pacote sedimentar-magmático da ordem de 3500 m de espessura, incluindo diferentes horizontes com características de rochas geradoras e reservatórios.

Segundo relatório de integração elaborado por Sampaio et al. (1998), a atividade exploratória na Bacia do Parnaíba iniciou na década de 1940, mas os primeiros perfis sísmicos foram registrados no final da década de 1970. Durante a primeira fase do período exploratório foram realizados mapeamentos geológicos, levantamentos magnéticos, gravimétricos e de sísmica 2D, além da perfuração de poços exploratórios.

Os primeiros levantamentos sísmicos totalizavam 13.194 km lineares de sísmica 2D. As linhas sísmicas apresentavam distribuição esparsa e densidade baixa. Esse volume de dados é pequeno em termos absolutos e pouco significativo relativamente à dimensão da bacia. Os levantamentos de aeromagnetometria e gravimetria terrestre totalizavam 163.690 km<sup>2</sup> e 116.360 km<sup>2</sup>, respectivamente, realizados em campanhas isoladas, implicando em precisão variável e densidade de amostragem irregular.

A bacia possui 75 poços perfurados, a maioria deles pela PETROBRAS e a OGX. Dentre os 75 poços, 26 deles foram concluídos a partir de 2010. Ainda assim, apresentam distribuição irregular e densidade muito baixa. A maioria

dos poços mais antigos foi locada apenas com apoio de geologia de superfície, sem auxílio de dados sísmicos, o que pode ter influência nos resultados exploratórios da região.

Além do poço de Capinzal, a Bacia do Parnaíba possui, ainda, como resultados positivos, os poços de Testa Branca (1-TB-2-MA) e Floriano (1-FL-1-PI). O primeiro apresentou arenitos com impregnação de óleo. No poço de Floriano, as areias basais do Grupo Serra Grande mostraram-se porosas e portadoras de gás e água salgada sulfurosa.

Diante desse quadro, a ANP promoveu aerolevanteamento gravimétrico e magnetométrico em toda a Bacia do Parnaíba, e gamaespectométrico em parte da mesma, com a aquisição dos dados sendo finalizada em outubro de 2006. Também promoveu um amplo levantamento geoquímico e atualmente está iniciando o segundo levantamento sísmico regional na bacia.

É importante destacar a contribuição dos projetos concluídos pela ANP para o sucesso da Nona Rodada de Licitação de Concessões Exploratórias (Blocos). A área ofertada na Nona Rodada consistia em 10 blocos no Setor Norte da bacia, perfazendo 31.000 km<sup>2</sup>, onde a realização de vários levantamentos sísmicos, processamento e interpretação de dados pelos concessionários resultaram na declaração de dois campos de gás, Gavião Azul e Gavião Real, no Estado do Maranhão.

## BACIA DA FOZ DO AMAZONAS

A Bacia da Foz do Amazonas situa-se ao longo da costa do Estado do Amapá e da ilha de Marajó (PA). Limita-se a NW com o platô de Demerara e a SE com a Bacia do Pará-Maranhão (Figura 7.1). Abrange uma área de aproximadamente 260 mil km<sup>2</sup>, incluindo a plataforma continental, talude e região de águas profundas, até o limite entre as crostas continental e oceânica.

Segundo Sampaio et al. (1998), as primeiras atividades exploratórias na bacia datam de 1963, consistindo de levantamentos sísmicos, magnetométricos e gravimétricos. Até o final de 1997, a bacia dispunha de, aproximadamente, 101.358 km de linhas sísmicas, sendo que 67% foram adquiridas pela PETROBRAS e 33% levantadas por companhias com contrato de cláusula de risco. A malha de gravimetria abrange 27.348 km e a de magnetometria 69.946 km de perfis. No período de 1970 a 1997, foram perfurados 89 poços exploratórios, sendo 56 pela PETROBRAS e 33 por companhias que atuaram sob contrato de risco. Os custos de perfuração são normalmente muito elevados e têm como causas básicas fatores logísticos, como grande distância da costa e de centros com infraestrutura de apoio (Belém localiza-se a cerca de 500 km de distância); fatores operacionais, como fortes correntes marítimas; dificuldades geofísicas (ruídos nas linhas sísmicas, provocados pelas fortes correntes); dificuldades geológicas, decorrentes, principalmente, de zonas com pressões anormalmente altas que requerem cuidados e equipamentos de segurança especiais durante a perfuração.



O esforço despendido na bacia resultou na descoberta de duas acumulações subcomerciais de gás: o Campo de Pirapema, descoberto em 1976, com volume original provável da ordem de 10.109 bilhões de metros cúbicos, e a acumulação da área do APS-51A, identificada em 1982, com volume potencial *in place* que pode variar entre 6,89 e 11,42 bilhões de metros cúbicos de gás natural.

Em 1997 a PETROBRAS requereu três blocos, sendo dois para parceria (BFZ-1 e BFZ-2) e um para exploração direta (BFZ-3). Todos se situavam sobre a denominada Área do Cone do Amazonas, sobre o talude continental, abrangendo uma área total de 43.556 km<sup>2</sup>, em cota batimétrica variando de 50 até 2500 m de profundidade. Os alvos principais nesses blocos eram turbiditos do Neopaleoceno, em trapa estratigráfica, a noroeste da bacia, e arenitos turbidíticos do intervalo Pliopleistoceno, em trapas estruturais na parte central do cone formado na foz do Amazonas. O prospecto a noroeste tinha como objetivo testar uma trapa estratigráfica associada à anomalia de amplitude sísmica, relacionada à presença de arenitos turbidíticos do intervalo estratigráfico do Neopaleoceno. Tratava-se de um prospecto inédito na bacia, embora esse modelo geológico/sismoestratigráfico guardasse semelhança com os prospectos turbidíticos terciários de águas profundas que ocorrem na Bacia de Campos. Secundariamente, pretendia-se avaliar reservatórios arenosos da sequência rifte, em situação de alto paleogeomórfico.

Os prováveis geradores para os prospectos considerados estão relacionados à fácies marinha da sequência rifte e transgressiva do Cenomaniano-Turoniano, amostrados no poço APS-29, e/ou mesmo da sequência marinha eocênica perfurada pelo APS-36. Modelagens térmicas indicam que, à época da deposição dos objetivos pliopleistocenos (0-9 milhões de anos), os geradores mais antigos e profundos (rifte e Cretáceo transgressivo) encontravam-se nas janelas de óleo, gás e gás seco, nas áreas centrais e sudeste do cone, estando imaturos na região mais a noroeste, estimando-se, por consequência, migração de longa distância, das porções mais profundas da bacia para essa região. A sequência eocena para o mesmo intervalo de tempo encontra-se em estágio de maturação para óleo e gás, tanto na parte central como sudeste da bacia.

Os objetivos clássicos da bacia (turbiditos do Pliopleistoceno), portadores de gás nas duas únicas descobertas da bacia (Pirapema e APS-51), mostravam similaridade com os *plays* do Golfo do México e Delta do Niger, produtores importantes no cenário mundial.

Como as perfurações realizadas não apresentaram resultados satisfatórios, as concessões BFZ-1 e BFZ-2 (da chamada Rodada Zero) foram devolvidas, assim como a concessão BM-FZA-1 (da primeira licitação) foi também devolvida.

Nesse período, foram obtidos dados sísmicos 3D em parte das concessões (blocos) e perfurado o poço 1BP3APS em 2004 no BM-FZA-1, pela operadora BP, sendo classificado como seco, sem indícios, e o poço 1-ESSO-1APS, em

2001 no BFZ-1, pela operadora Esso, sendo classificado como seco, sem indícios. No bloco BFZ-2, a BP perfurou três poços em 2001, mas apenas o poço 1BP2APS apresentou indício de óleo e gás. O bloco foi devolvido em 2007.

Apesar do sucesso pouco significativo na bacia, a PETROBRAS ainda detém blocos arrematados em rodadas mais recentes. De qualquer forma, os indícios de óleo e gás identificados em uma série de poços exploratórios mostram a existência de um sistema petrolífero atuante na Bacia da Foz do Amazonas. Esse fato é confirmado pela presença de manchas de óleo detectadas por sensoriamento remoto, as quais sugerem a ocorrência periódica de exsudações.

Os folhelhos lacustres e marinhos das formações Caciporé (rifte) e Limoeiro (sequência transgressiva do Cenomaniano/Turoniano) são considerados os principais geradores na Bacia da Foz do Amazonas. No Gráben de Caciporé, algumas seções da Formação Caciporé apresentam potencial gerador de 6 kg HC/t, em média. Os geradores do Cenomaniano/Turoniano foram amostrados no poço 1-APS-29. Folhelhos marinhos eocenos, amostrados no poço 1-APS-36, são também geradores potenciais nessa bacia, apresentando COT de 4,5% e 15 kg HC/t de rocha, embora com espessura de apenas 3 m.

Os reservatórios potenciais da bacia são os arenitos porosos da Formação Caciporé, os calcários porosos e fraturados da Formação Amapá, arenitos turbidíticos da Formação Travosas e, localmente, os arenitos do Pliopleistoceno (Formação Orange). Quanto às formações mais antigas, provavelmente estão muito profundas para ser consideradas como objetivos exploratórios. Contudo, elas se constituem em alvos exploratórios potenciais na plataforma mais rasa e em águas próximas da costa. A presença de extensas camadas de folhelhos ao longo de toda a coluna estratigráfica, bem como um ativo sistema de falhas e dobramentos na cunha sedimentar, sugere um mecanismo de trapeamento eficiente. Além dos reservatórios terciários para a área do cone, principalmente para a faixa de cotas batimétricas acima de 400 m, outra região que pode ter interesse exploratório seria o Gráben de Caciporé, pouco explorado, o qual, a depender da ocorrência de geradores e o seu estágio de maturação, poderia ser investigado nas suas porções mais rasas.

Espera-se que a migração se dê ao longo dos planos de falhas lítricas para os reservatórios do Grupo Pará e das formações Amapá (calcários) e Travosas (turbiditos). A migração para os reservatórios potenciais das formações Limoeiro e Caciporé pode ocorrer pelo contato direto das rochas geradoras com os reservatórios, através dos planos de falha. Os geradores das formações Caciporé e Limoeiro entraram na janela de geração no Neocretáceo. Modelagens térmicas indicam que os geradores da sequência eocênica apresentam estágios de maturação nas janelas de óleo e gás (no Pliopleistoceno).

Diante dos resultados até então modestos, a Bacia da Foz do Amazonas ainda permanece como importante fronteira exploratória no país, pois a similaridade geológica

dessa bacia com bacias tipo delta extremamente prolíferas, como o Delta do Níger e o Golfo do México, aliada às demais condições de sistema petrolífero, cria boas expectativas exploratórias para a foz do Amazonas, tendo sido, por esses motivos, alvo de esforços por parte de companhias que atuaram sob contrato de risco no país e por grandes companhias internacionais sob novo modelo regulatório.

As duas descobertas de gás, apesar de não terem sido viabilizadas comercialmente, comprovaram a efetividade do processo de geração/migração, um dos pontos críticos do seu sistema petrolífero, considerando-se a grande distância dos geradores/reservatórios e o sincronismo entre pico de geração e deposição/formação de trapas.

O melhor conhecimento da bacia, a definição de modelos alternativos, como trapas estratigráficas similares às da Bacia de Campos, abrem perspectivas interessantes para as porções mais distais ainda pouco prospectadas, diferentemente da porção mais proximal, mais intensamente investigada.

## BACIA DO PARÁ-MARANHÃO

A Bacia do Pará-Maranhão está localizada na porção norte da plataforma continental brasileira, na costa dos estados do Pará e Maranhão. Ocupa uma área de aproximadamente 93 mil km<sup>2</sup> até a cota batimétrica de 3.000 m. Faz limite a sudeste com a Bacia de Barreirinhas e a noroeste com a Bacia da Foz do Amazonas (Figura 7.1).

A exploração teve início na década de 70, com levantamentos geofísicos (gravimétricos e magnetométricos) em grande parte da bacia. Ainda naquela década teve início a aquisição de dados sísmicos. O primeiro poço 1-MAS-5-MA foi perfurado em 1978 e foi classificado como produtor subcomercial de óleo. Até o presente, 33 poços já foram

perfurados na bacia, resultando em cinco poços produtores subcomerciais de petróleo; um produtor subcomercial de gás natural e condensado, um produtor subcomercial de gás e um descobridor de campo (1-PAS-11-PA) que finalizou produção em 1984 (Tabela 7.2). Os óleos identificados são óleo leves de excelente qualidade (de até 44° API), comprovando o potencial dessa bacia.

Com relação ao sistema petrolífero, os folhelhos da sequência transicional – Grupo Caju – são considerados os principais geradores da bacia. À semelhança das demais bacias da margem equatorial brasileira, é também provável a ocorrência de geradores neoptianos da fase rifte. É o caso do pioneiro 1-MAS-8, que atravessou uma seção de 85 m de folhelhos altamente radioativos, no intervalo 2.310 a 2.395 m, datado como Aptiano. Esse intervalo possui um teor médio de matéria orgânica de 5%, dos tipos I e II, com índice de produtividade de 30 kg/t. Nessa área específica (1-MAS-8), o topo da zona matura situa-se a 1.600 m de profundidade.

Os principais reservatórios da bacia estão geralmente distribuídos ao longo de toda a seção. São eles: arenitos fluviodeltaicos da sequência rifte (Neoaptiano a Eoalbiano – Grupo Canárias), turbiditos do Neocretáceo (Formação Travosas), calcarenitos fraturados do Terciário (Formação Ilha de Santana) e turbiditos do Oligoceno nas partes distais da bacia.

Supõe-se que a migração de hidrocarbonetos dos geradores do Grupo Caju para os reservatórios superiores – formações Ilha de Santana e Travosas – se dê através do sistema de falhamentos associados à tectônica gravitacional. Para possíveis geradores mais antigos (neoptianos), a migração está condicionada à presença de falhamentos normais da sequência rifte, interconectados aos falhamentos do sistema gravitacional.

**Tabela 7.2** – Poços com melhores resultados na Bacia do Pará-Maranhão.

Poço	Classificação	Profundidade do Poço (m)	Lâmina d'água (m)	Início da Perfuração
1-MAS-5-MA	Produtor subcomercial de óleo	3.646	51	1978
1-MAS-11-MA	Produtor subcomercial de óleo	4.502	65	1979
1-MAS-12-MA	Produtor subcomercial de gás e condensado	4.310	48	1979
1-PAS-9-PA	Produtor subcomercial de óleo	5.016	70	1979
1-PAS-11-PA	Descobridor de campo com óleo	4.679	67	1981
1-MAS-19-MA	Produtor subcomercial de gás	3.883	59	1982
1-MAS-16-MA	Produtor subcomercial de óleo	4.299	70	1982
1-MAS-17-MA	Produtor subcomercial de óleo	3.634	56	1983

Para os reservatórios principais do Grupo Canárias, espera-se a ocorrência de trapas estruturais (em blocos rotacionados da sequência rifte). Para a Formação Travosas, trapas associadas à falhas lístricas e trapas estratigráficas, formadas em arenitos turbidíticos na seção pelítica. Podem ocorrer ainda calcarenitos fraturados do Terciário em trapas estratigráficas.

O sincronismo parece adequado, posto que modelagens geoquímicas indicaram um pulso de geração nos últimos 10 milhões de anos, época em que os reservatórios-alvos já estariam depositados.

Nos setores de águas rasas estão localizados diversos poços com indícios de hidrocarbonetos, onde dois se revelaram produtores subcomerciais de óleo.

Os prospectos na bacia são os bancos, recifes desenvolvidos sobre paleoaltos tectônicos, posicionais, erosionais (incluindo topografia cárstica) da Formação Ilha de Santana; os calcários fraturados da Formação Ilha de Santana; os depósitos gravitacionais indistintos e turbiditos carbonáticos oriundos da Formação Ilha de Santana; as estruturas associadas à falhas lístricas; os turbiditos siliciclásticos da Formação Travosas (Eoceno Médio) e os turbiditos siliciclásticos da Formação Travosas (Paleoceno Superior/Médio).

Diante das diversas bacias sedimentares existentes no Estado do Pará, tanto em mar quanto em terra, cada uma em um diferente estágio de exploração, entende-se que a região é relativamente privilegiada em termos de potencial petrolífero.

## REFERÊNCIAS

ANP. **Plano Plurianual de Geologia e Geofísica**.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2009. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=4745>>. Acesso em: 2009.

BARBOSA, O. Geologia básica e econômica da região do médio Tapajós, Estado do Pará. **B. Div. Fom. Dep. Nac. Prod. Min.**, Rio de Janeiro, n. 126, p. 1-53, 1966.

CAPUTO, M.V.; RODRIGUES, R.; VASCONCELOS, D.N. **Litoestratigrafia da bacia do Amazonas**. Belém: PETROBRAS/DENOR, 1971. 92 p. (Relatório Interno, 582).

COPPE/UFRJ. **Sistema de apoio gerencial: bacias brasileiras de interesse petrolífero**. Rio de Janeiro: Convênio COPPE/UFRJ-ANP, 2001.

CUNHA, F.M.B. da. **Evolução paleozóica da Bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico**. 1986. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geológicas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1986.

GONZAGA, F.G.; GONÇALVES, F.T.; COUTINHO, L.F.C. Petroleum geology of Amazonas basin, Brazil: modeling of hydrocarbon generation and migration. In: MELLO, M.R.; KATZ, B.J. (Ed.). **Petroleum systems of South Atlantic margins**. **American Association of Petroleum Geologists Memoir**, n. 73, p. 159-178, 2000.

LANDAU, L.; BACOCOLI, G. (Coord.). **Análise gerencial de bacias brasileiras de interesse petrolífero**. Relatório final. Projeto Coppetec: PEC 1910, maio, 2003.

MONTALVÃO, R.M.G.; SILVA, G.H.; PIMENTA, O.N.S.; BEZERRA, P.E.L. Coberturas sedimentares e vulcanossedimentares pré-cambrianas das folhas SB.20-Purus, SC.20-Porto Velho e SC.21-Juruena. In: BRASIL. **Projeto RADAMBRASIL; geologia, geomorfologia, pedologia, solos, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: DNPM, 1979. (Levantamento dos Recursos Naturais).

MOURA, P. Reconhecimentos geológicos no vale do Tapajós. **Bol. Serviço Geológico Mineral**, Rio de Janeiro, n. 67, p. 1-49, 1932.

PETRI, S. Foraminíferos fósseis da bacia do Marajó. **Bol. da Fac. Fil., Ciênc. Letras da Universidade de São Paulo (Geologia)**, v. 134, p. 1-172, 1954.

SAMPAIO, E.E.S.; PORSANI, M.J.; BOTELHO, M.A.B.; BASSREI, A.; STRINGHINI, A.V.; APOLUCENO NETO, A.F.; CAMPOS, J.V.; TOFFOLI, L.C.; ANDRADE, M.A.L.; ARAÚJO, M.B.; CARVALHO, R.S. **Relatórios de integração: análise de blocos requisitados pela PETROBRAS (bacias sedimentares brasileiras)**. [S.l.]: ANP/UFBA, 1998. CD-ROM.

SANTIAGO, A.F.; ANDRADE, A.F.; MELO, C.F.; BIZINELLA, G.A.; MOREIRA, H.L.; SANTOS, J.O.S.; OLIVEIRA, J.R.; MOURA, P.A.; LOPES, R.C.; ROSA FILHO, S.F.; NEVES, S.A.V. **Projeto Tapajós-Sucurundi: relatório de integração geológica**. Manaus: DNPM/CPRM, 1978. 1 v.

SANTOS, D.G.; FERNANDES, P.E.C.A.; DREHER, A.M.; CUNHA, F.M.B.; BASEI, M.A.S.; TEIXEIRA, J.B.G. Geologia da folha SB.21-Tapajós. In: BRASIL. **Projeto RADAMBRASIL; geologia, geomorfologia, pedologia, solos, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: DNPM, 1975. (Levantamento dos Recursos Naturais, 7).

SUDAM/GEOMITEC. **Projeto Tapajós-Maués: geologia básica, prospecção geoquímica e por concentrados de bateia na região Tapajós-Maués**. Belém, 1976. Relatório inédito, 4 v. il.

SUSZCZYNSKI, E. **Recursos naturais e potencialidades de aproveitamento econômico nos vales dos rios Xingu e Tapajós**. Belém: MI/SUDAM-SONDOTECNICA S/A, 1976.

TEIXEIRA, L.B. Evidência geofísica de rifts precursores nas bacias paleozoicas do Amazonas, Paraná, Parecis, Parnaíba, Solimões e Alto Tapajós. In: MELO, J.H.G.;

TERRA, G.J.S. (Ed.). Correlação de sequências paleozoicas sul-americanas. **Bolletim de Ciência-Técnica-Petróleo**, Rio de Janeiro, 2001. (Seção Exploração de Petróleo, 20).

ZALÁN, P.V.; MATSUDA, N.S. Bacia do Marajó. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 311-315, 2007.



# 8

## RISCO GEOLÓGICO

Dianne Danielle Farias Fonseca (*dianne.fonseca@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

Claudio Fabian Szlafsztain (*iosele@ufpa.br*)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CPRM – Serviço Geológico do Brasil

<sup>2</sup> UFPA/NUMA – Universidade Federal do Pará - Núcleo de Meio Ambiente

### SUMÁRIO

Introdução .....	119
Conceitos básicos.....	120
Decretos de situação de emergência e de estado de calamidade pública.....	120
Riscos geológicos e hidrológicos.....	120
Inundações e enchentes.....	120
Estiagem .....	125
Erosão .....	126
Referências.....	127



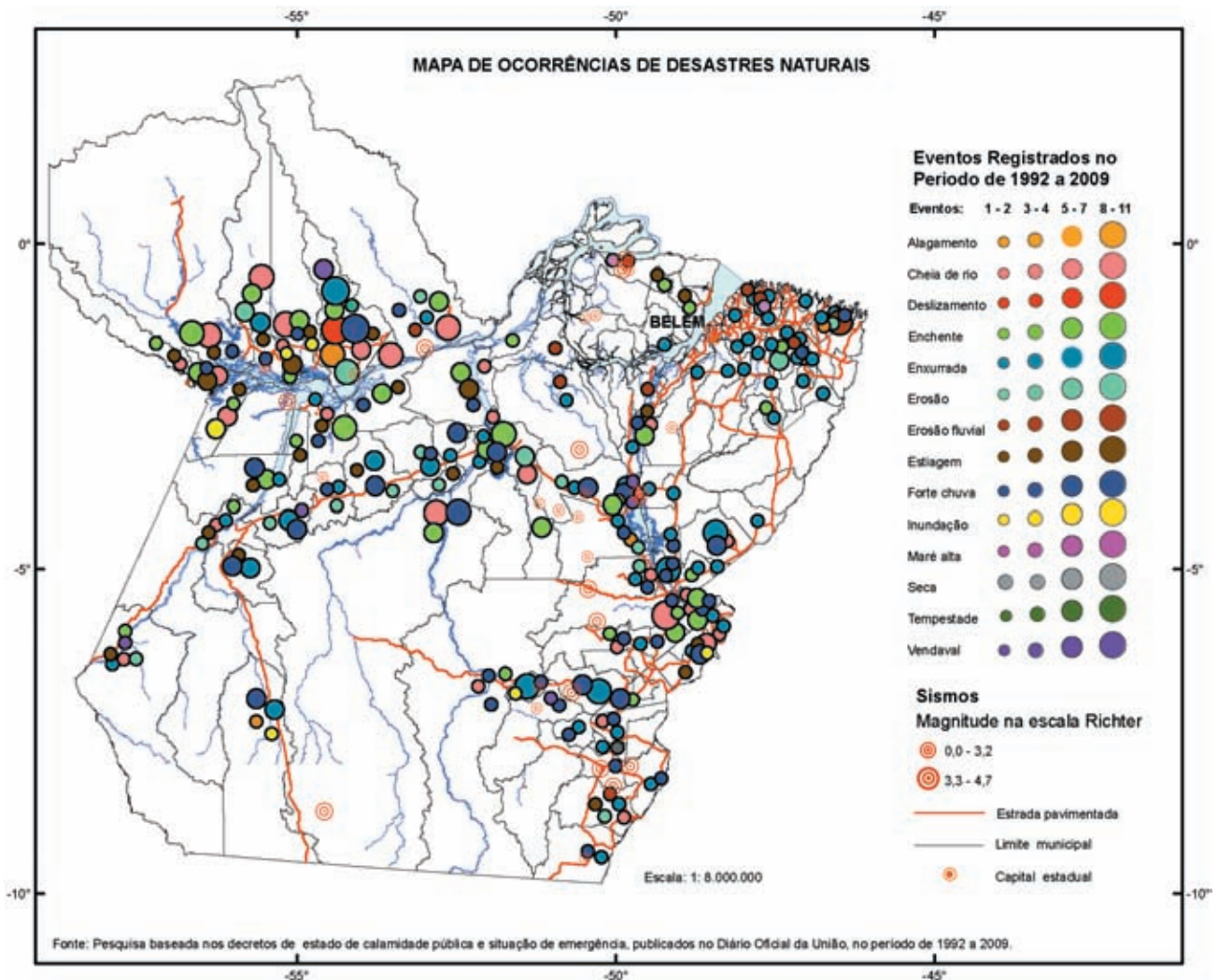
## INTRODUÇÃO

A quase totalidade das cidades brasileiras de médio e grande porte tem convivido, nas últimas três décadas, com processos de urbanização marcados por grande expansão territorial, adensamento populacional e informalidade na ocupação do solo (NOGUEIRA, 2002). Apesar de a tendência de agravamento dos impactos provocados por secas no Nordeste, deslizamentos no Sul e Sudeste, queimadas e inundações no Norte, as calamidades de origem em fenômenos e/ou processos naturais continuam sendo objeto de estudo pouco explorado no conjunto de pesquisa sobre meio ambiente no Brasil.

O Pará, segundo maior estado do país, com extensão de 1.248.042 km<sup>2</sup>, é dividido em 144 municípios e possui 7.321.493 habitantes, sendo o mais populoso da Região Norte. Sua capital, Belém, reúne, na Região Metropolitana, cerca de 2,1 milhões de habitantes, a maior população metropolitana do norte do Brasil. Não

diferentemente de outros estados brasileiros, o Pará apresenta enorme diversidade de riscos naturais, que, uma vez concretizados em eventos desastrosos, mobilizam grandes recursos de todos os níveis de governo, particularmente estadual e federal, para mitigação dos impactos gerados. Com a concentração de ações na recuperação e reabilitação dos danos, escassos recursos associam-se à preparação e prevenção da sociedade, resultando em crônico ciclo de assistência pós-desastre para os municípios, uma vez decretados os estados de emergência e de calamidade pública.

A pesquisa histórica realizada no “Diário Oficial do Estado do Pará”, no período 1992-2009, registra a publicação de 528 decretos municipais de situação de emergência, homologados pelo governo do estado, em decorrência de desastres originados principalmente pela ocorrência de inundações, enchentes, erosões fluvial e pluvial, enxurradas, vendavais, fortes chuvas, estiagens e deslizamentos (Figura 8.1).



**Figura 8.1** – Mapa de ocorrências de desastres naturais no estado do Pará, baseado nos decretos de estado de calamidade pública e situação de emergência publicados no Diário Oficial da União no período de 1992 a 2009.

## CONCEITOS BÁSICOS

Na superfície da Terra e em sua atmosfera ocorrem certos fenômenos, associados à dinâmica interna ou externa da Terra, que, quando apresentam características anômalas (localização, frequência e magnitude), são classificados como eventos naturais extremos ou ameaças (DIAS e HERRMANN, 2002). A ocorrência de tais fenômenos, associada a populações, infraestruturas ou atividades vulneráveis, pode ocasionar acidentes, desastres e catástrofes, classificados segundo a intensidade do impacto e a quantidade de recursos (humanos e financeiros) necessários para mitigação dos problemas gerados (CASTRO, 1998). Nos casos de maior gravidade, quando os impactos negativos são extremamente elevados, são necessários recursos que superam a capacidade de resposta da região ou país afetado (ALEXANDER, 1993). O risco é a *probabilidade* de ocorrência de perdas e danos em decorrência da ação de uma ameaça (ZUQUETTE et al., 1995).

O conceito de “vulnerabilidade” é de suma importância na definição do risco natural de determinada região, pois corresponde à predisposição de sujeitos e sistemas serem afetados por determinada ameaça, em função das características de sua localização, suscetibilidade e capacidade de resposta. Diversos fatores contribuem para construir ou magnificar essa condição, tais como maior densidade demográfica, estilo inadequado de construções, existência de infraestrutura urbana para ações emergenciais etc. (SZLAFSZTEIN, 2003).

## DECRETOS DE SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA E DE ESTADO DE CALAMIDADE PÚBLICA

Na ocorrência de um evento desastroso, dependendo da magnitude dos impactos e superada a capacidade de os gestores municipais recuperarem e reabilitarem a região afetada, é preciso adotar medidas emergenciais ou excepcionais. Nesse sentido, são declaradas situações de emergência ou estados de calamidade pública. No primeiro caso, os danos causados por desastres são superáveis (suportáveis) pela comunidade afetada, enquanto no segundo os danos à comunidade afetada são sérios, inclusive à incolumidade e à vida de seus integrantes (CASTRO, 1998). O decreto dessas situações de anormalidade é de competência de prefeitos municipais e do governo do estado, em casos de maior gravidade, e permite, inclusive, rapidez na transferência de recursos financeiros para atividades de ajuda.

Com vistas à homologação pelo governo do estado, o prefeito comunica a ocorrência do evento adverso ou desastre ao órgão estadual de Defesa Civil, por meio do formulário Notificação Preliminar de Desastres (NOPRED). Após a avaliação dos danos (AVADAN) *in loco*, o governo do estado homologa o decreto municipal, que é publicado no diário oficial do estado. Quando a homologação é solicitada pelo estado à esfera federal, juntamente com o decreto municipal e o de homologação do governador

devem ser apresentados: mapa ou croqui da área afetada pelo desastre; parecer do órgão de coordenação do Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC), em nível estadual, sobre a intensidade do desastre e a coerência dos atos, em relação aos critérios estabelecidos pelo Conselho Nacional de Defesa Civil (CONDEC).

No estado do Pará, a Imprensa Oficial do Estado do Pará (IOEPA) é o órgão responsável pela divulgação da declaração e homologação dos decretos de situação de emergência e estado de calamidade pública dos municípios.

## RISCOS GEOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS

### Inundações e Enchentes

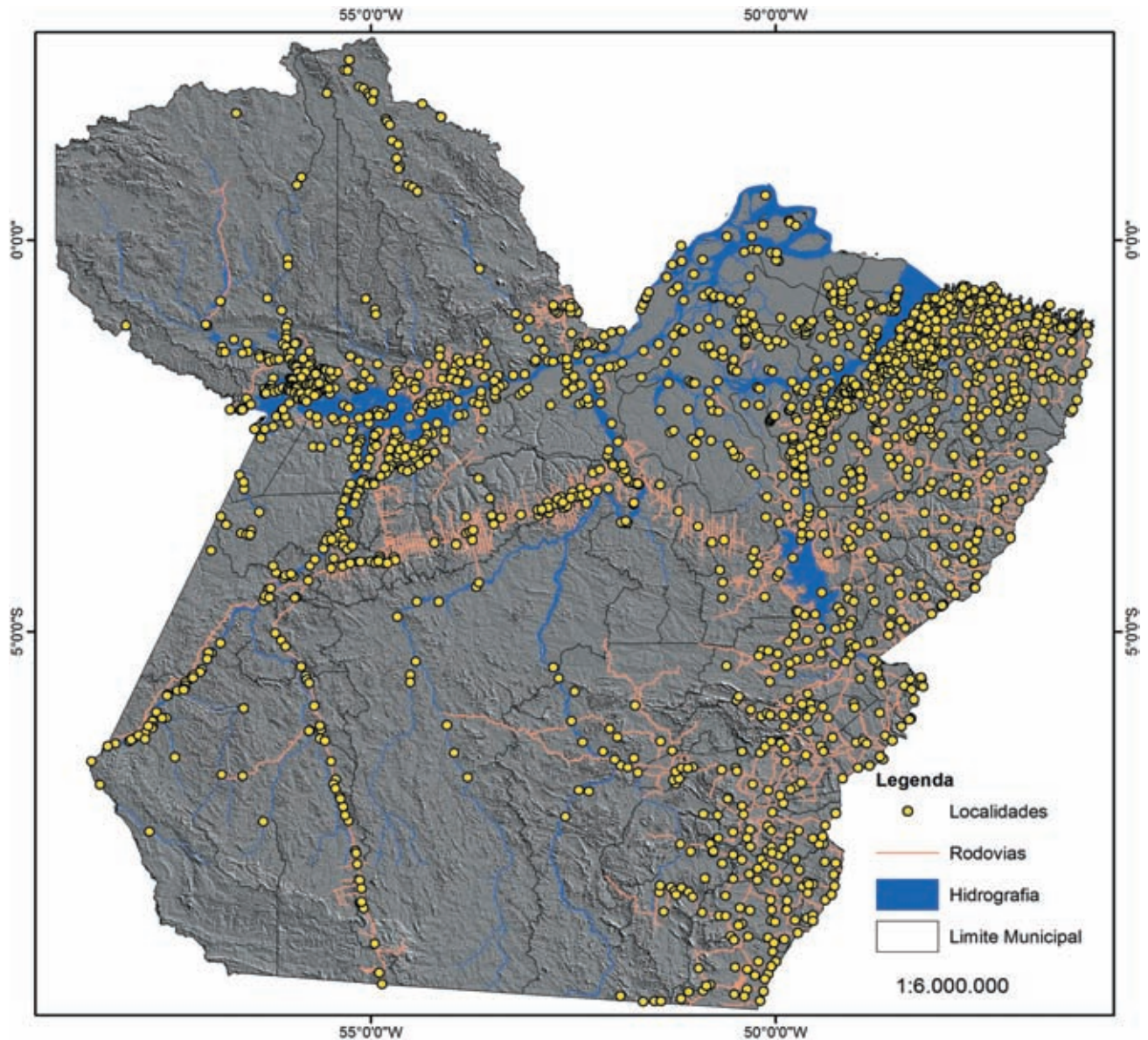
As inundações e enchentes são problemas geoambientais derivados de fenômenos ou perigos naturais de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, ou seja, aqueles de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica (ISDR, 2002). Representam 60% dos desastres naturais ocorridos no século XX no Brasil e os que mais afetam as regiões metropolitanas, devido ao grande número de núcleos habitacionais que ocupam espaços às margens dos cursos d'água (MARCELINO, 2007).

As características naturais da Região Amazônica (por exemplo, extensas áreas com densa cobertura vegetal, numerosos rios navegáveis etc.) condicionaram, dentre outros fatores, o processo histórico de ocupação do território, concentrando as cidades nas margens de rios da magnitude do Amazonas, Tapajós, Tocantins, Xingu e Pará, até os inumeráveis furos e igarapés (Figura 8.2). Em consequência, no estado do Pará a maioria dos perigos naturais é oriunda de fenômenos de caráter hidrológico (cheias, enchentes, inundações, alagamentos e estiagem) (Figura 8.3 A e B).

De acordo com Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas (BRASIL, 2007), o termo enchente é usado quando ocorre elevação temporária do nível de água em um canal de drenagem, devido ao aumento da vazão ou descarga. A água atinge a cota máxima do canal, entretanto, não ocorre o extravasamento para além do limite do canal (Figura 8.4). Já nas inundações, ocorre o extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio). Castro (1998) classificou as enchentes e inundações em função do padrão evolutivo: enchentes ou inundações graduais; enxurradas ou inundações bruscas; alagamentos.

As enchentes ou inundações graduais são características de grandes bacias hidrográficas e de rios de planície. O fenômeno evolui de forma facilmente previsível e a onda de cheias, que às vezes eleva o nível das águas dos rios em valores médios de 12 m, desenvolve-se lentamente, de montante para jusante, aguardando intervalos regulares. O município de Marabá sofre todos os anos com as enchentes nas margens dos rios Tocantins e Itacaiúnas, pertencentes à Bacia Hidrográfica do Araguaia-Tocantins. As águas se elevam de forma paulatina e previsível, mantendo-se em





**Figura 8.2** – Distribuição das localidades no estado do Pará.

situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam gradualmente. Normalmente, as inundações graduais são cíclicas e nitidamente sazonais, agravando-se uma vez superada a cota de elevação das águas a mais de 10 m.

As enxurradas ou inundações bruscas são características de vales encaixados (forma em V) e vertentes com altas declividades, que predis põem as águas a atingirem grandes velocidades em curto tempo, causando inundações bruscas e mais destrutivas. Como no estado do Pará a maioria dos municípios apresenta declividades baixas, e os vales, em sua maioria, são do tipo vales abertos, com vastas planícies e terraços fluviais característicos de inundações graduais, as enxurradas ou inundações bruscas ocorrem principalmente devido às chuvas intensas ou moderadas e duradouras, as quais originam inundações repentinas, quando o solo esgota sua capacidade de infiltração. Dos 144 municípios

do estado do Pará, 69 registraram, no período de 1992 a 2009, ocorrência de enxurradas, destacando-se: Água Azul do Norte, Monte Alegre, Nova Ipixuna, Rondon do Pará e Tucumã (Figura 8.5).

As áreas passíveis de serem atingidas por processos de inundações são classificadas como de risco à integridade das pessoas, bens materiais e patrimoniais (BRASIL, 2007) (Figuras 8.6 e 8.7).

Enchentes em áreas ribeirinhas é um processo natural que ocorre quando o rio ocupa o seu leito maior, devido ao aumento da precipitação e vazão (Figura 8.8). Esse tipo de risco é causado, principalmente, por falta de planejamento no uso e ocupação do solo. Atinge a população que ocupa as margens do canal fluvial, normalmente grandes bacias hidrográficas (> 1.000 km<sup>2</sup>), e apresenta tempo de recorrência baixo – em média, dois anos (TUCCI, 2002).

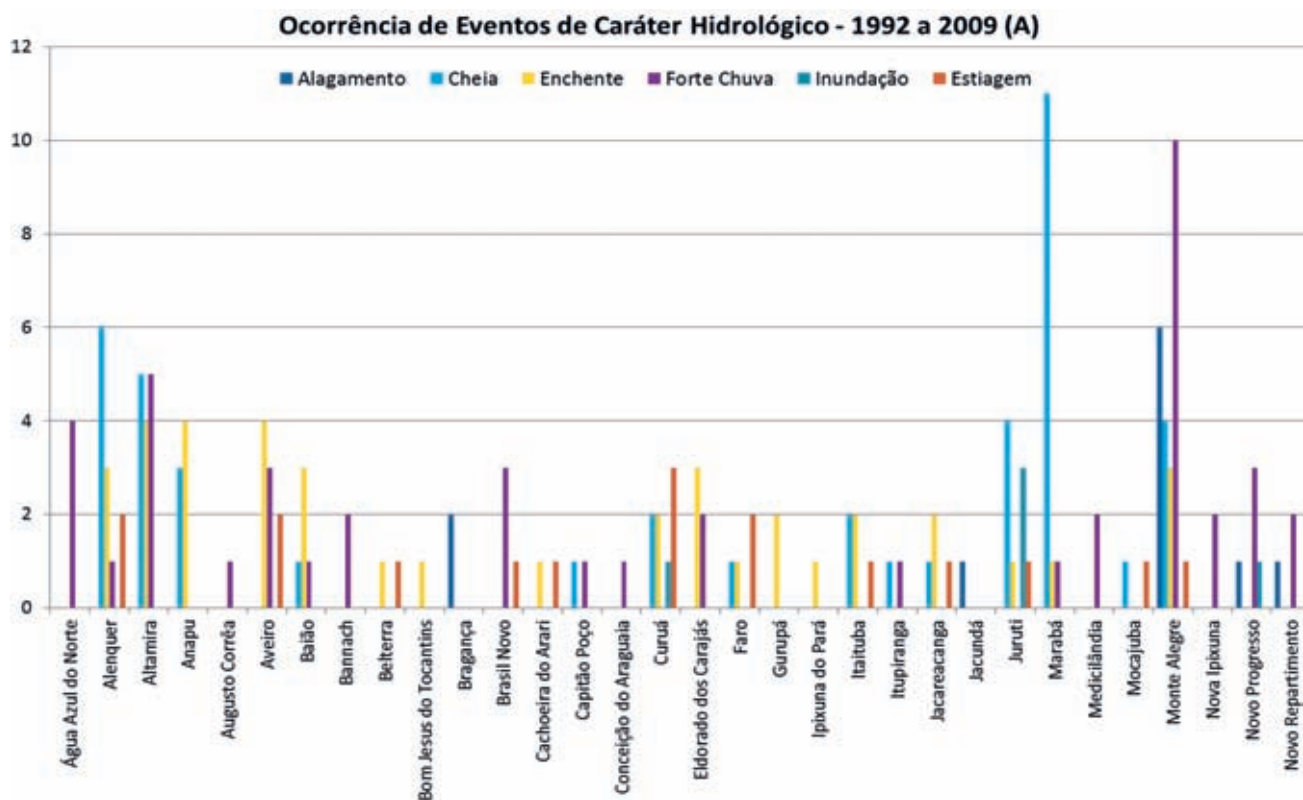


Figura 8.3A – Distribuição dos eventos de caráter hidrológico, por município, no período de 1992-2009, no estado do Pará. Fonte: Diário Oficial da União (período 1992-2009).

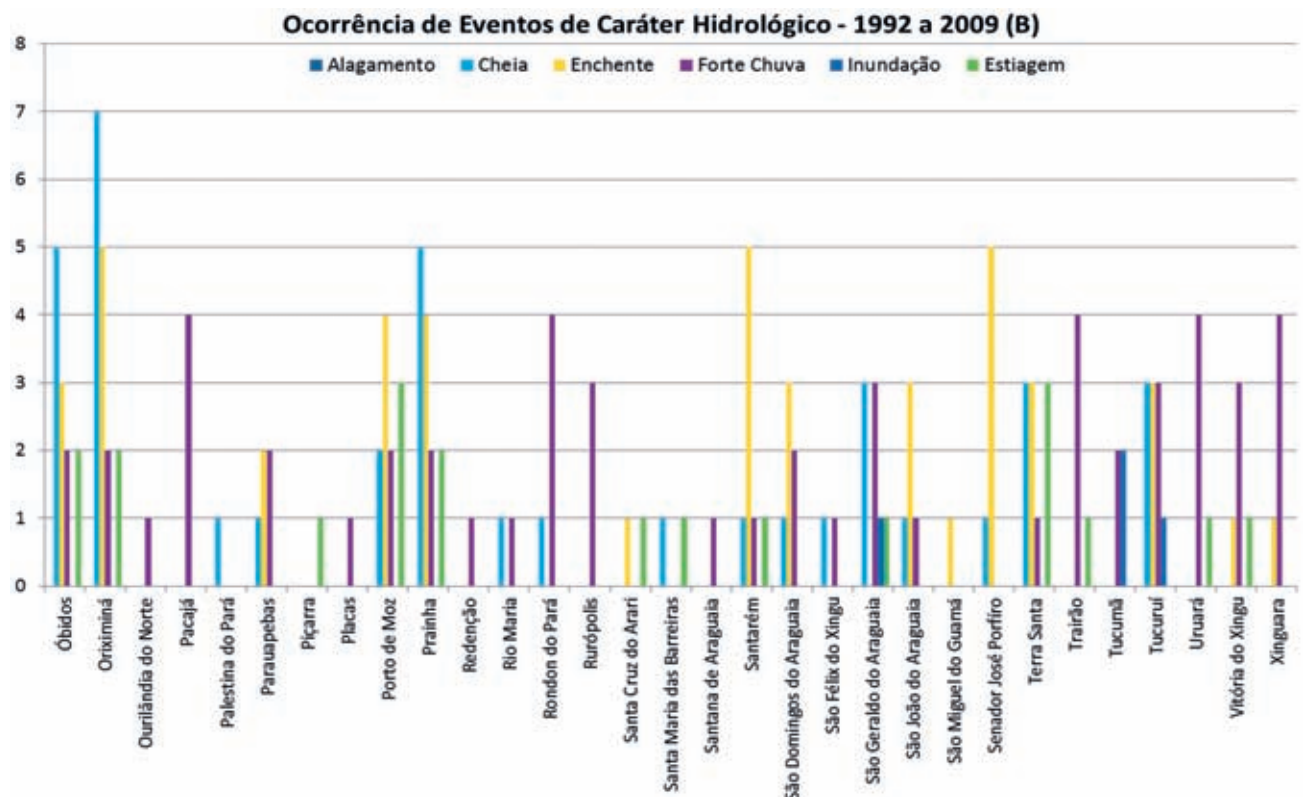


Figura 8.3B – Distribuição dos eventos de caráter hidrológico, por município, no período de 1992-2009, no estado do Pará. Fonte: Diário Oficial da União (período 1992-2009).



Figura 8.4 – Ilustração do processo de inundação de um rio. Fonte: Modificado de Press et al. (2006).

Segundo Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas (BRASIL, 2007), são estas as características desse processo:

- efeitos restritos ao seu canal de drenagem;
- processos de erosão e solapamento dos taludes marginais decorrentes da enchente;
- impacto destrutivo em função da energia de escoamento;
- possibilidade alta de destruição de moradias;
- possibilidade moderada a alta de perdas de vidas humanas.

As enchentes em áreas ribeirinhas são comuns no estado do Pará (Figura 8.9). Entretanto, na maioria das localidades não ocorre registro de tais eventos – seja porque os núcleos de Defesa Civil são restritos aos grandes municípios, seja porque a distância entre esses locais e a sede municipal dificulta tal registro.

O **alagamento** é considerado um acúmulo momentâneo de águas no leito das ruas e no perímetro urbano, causado por fortes precipitações pluviométricas em cidades com sistemas de drenagem deficientes e baixo coeficiente de escoamento superficial. É frequente em cidades malplanejadas ou de crescimento repentino e desordenado.

A ocupação urbana desordenada trouxe consigo sérios efeitos no ciclo hidrológico natural, originados particularmente na diminuição da capacidade de infiltração (impermeabilização do solo, desmatamento da cobertura vegetal etc.), e mudanças na velocidade e magnitude do escoamento superficial. A falta de manutenção de obras de infraestrutura (assoreamento e obstaculização de canais com resíduos) também aumenta a probabilidade de alagamentos, inundações e enxurradas (Figura 8.10).

A Região Metropolitana de Belém é um exemplo desse processo. Ela é formada por um conjunto de rios e igarapés com 33 bacias hidrográficas e 67 canais, os quais, na década de 1970, foram densamente ocupados (grande parte da população ocupa áreas de baixadas, com cotas topográficas menores que 4 m) e, ao longo dos anos, assoreados e impermeabilizados (Figura 8.11).

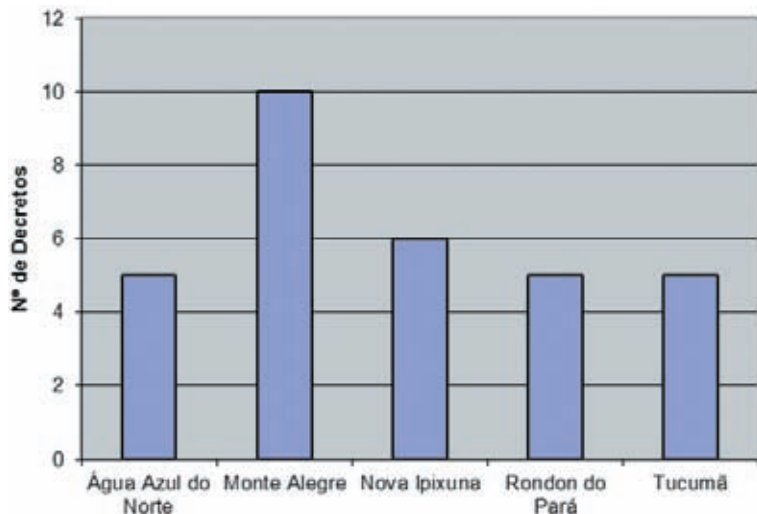


Figura 8.5 – Municípios mais afetados no estado do Pará, devido às enxurradas, no período 1992-2009. Fonte: Diário Oficial da União (período 1992-2009).

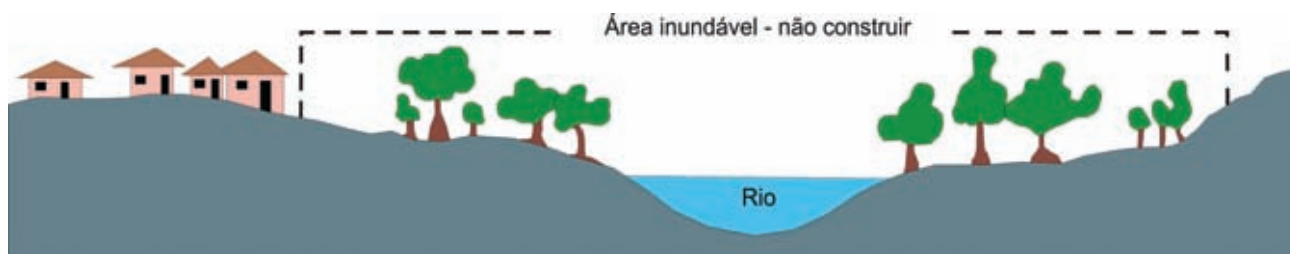


Figura 8.6 – Exemplo de área de risco a inundação e enchentes.



Atualmente, o sistema da cidade já não comporta a ocorrência de altas precipitações – segundo a Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA), 360 mm mensais de média anual (Figura 8.12) – originando crônicos alagamentos (Figura 8.13). Cabe destacar que a influência da maré nas águas do estuário do Guajará (conformada pela foz dos rios Pará, Guamá e Guajará) é um fator agravante do problema (Figura 8.14). A Defesa Civil registrou 48 pontos de alagamentos na cidade.



**Figura 8.7** – Localidade atingida por enchente em março de 2004 (município de Marabá). Fonte: Coordenadoria de Defesa Civil do Estado do Pará (CEDEC-PA).



**Figura 8.8** – Perfil esquemático do processo de enchente e inundação. Fonte: Brasil (2007).



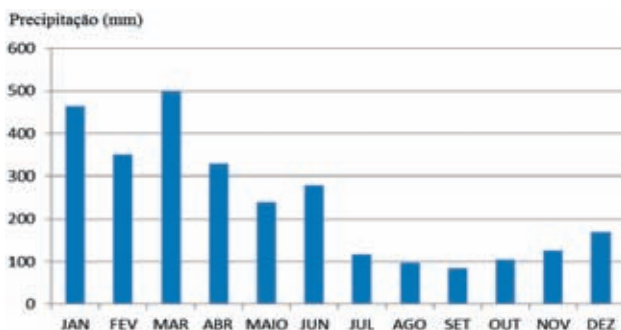
**Figura 8.9** – Localidade atingida pela enchente do rio Guajará em março de 2009 (município de Porto de Moz). Fonte: Coordenadoria de Defesa Civil do Estado do Pará (CEDEC-PA).



**Figura 8.10** – Lançamento de lixo nos canais e ocupação de suas margens (Belém). Fonte: Yur Xam (Diário do Pará).



**Figura 8.11** – Impermeabilização do solo e retificação de canais na Região Metropolitana de Belém.



**Figura 8.12** – Gráfico da precipitação pluviométrica mensal em Belém no ano de 2008. Fonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA).



**Figura 8.13** – Alagamento na Região Metropolitana de Belém. Fonte: Yur Xam (<http://www.estadao.com.br>).





**Figura 8.14** – Mercado do Ver-o-Peso alagado, devido à maré alta, que atingiu 3,8 m de altura (Belém). Fonte: Wildes Lima (Diário do Pará).

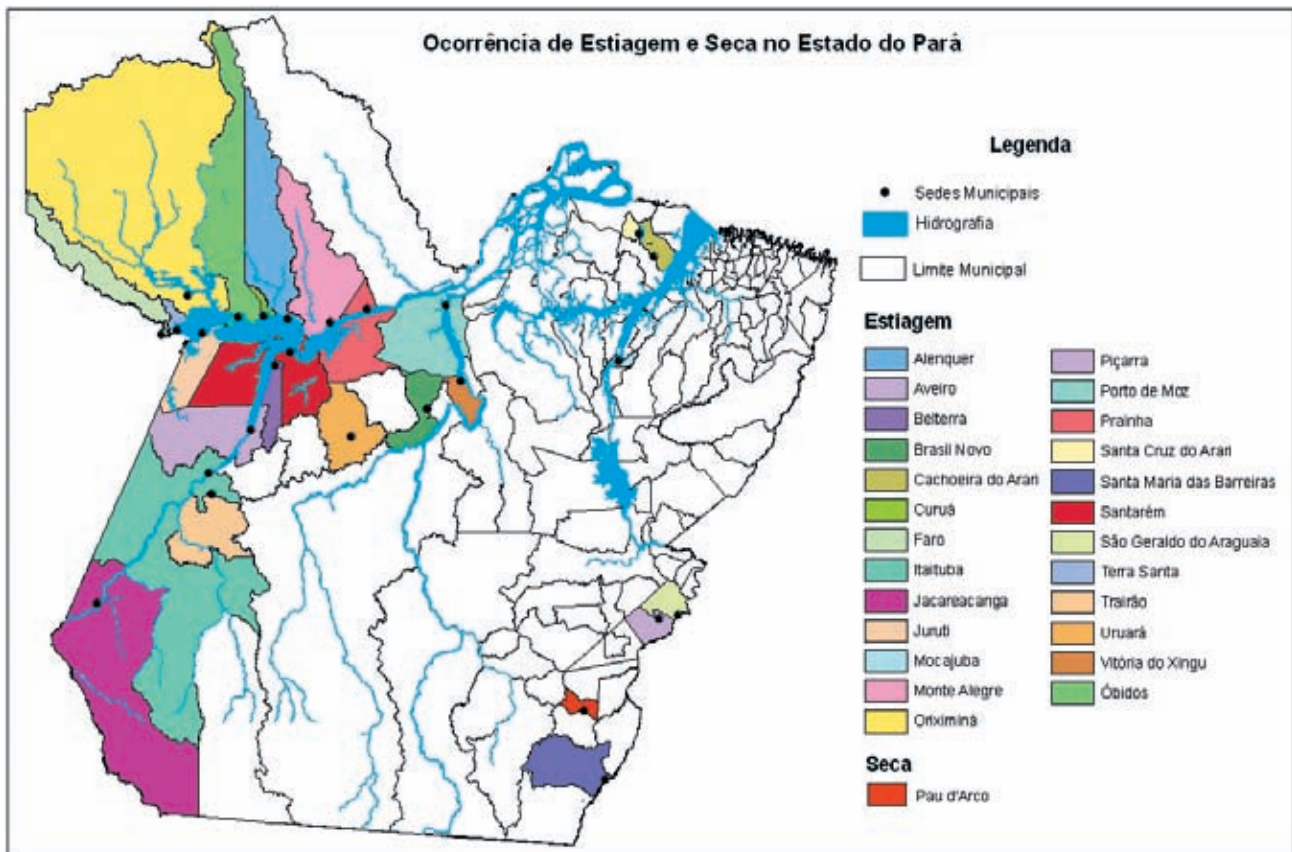
## Estiagem

A estiagem é um fenômeno climático natural, causado por um período prolongado de baixa pluviosidade ou sua ausência, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição (CASTRO, 1998). De acordo com Kobiyama et al. (2006), a forma crônica da estiagem é a seca. A diferença entre os dois fenômenos está no fato de a estiagem ocorrer em um intervalo de tempo, enquanto

a seca é permanente. Assim, a estiagem é caracterizada como um breve período de seca.

A seca e a estiagem são fenômenos conhecidos no Brasil desde o século XVI, particularmente na Região Nordeste, e são considerados como os desastres naturais de maior ocorrência e impacto no mundo, pois atingem grandes extensões territoriais, durante muito tempo. Tais variações climáticas causam desequilíbrios muito graves, prejudicando o crescimento das plantações, diminuindo a disponibilidade de água potável para a produção agropecuária e provocando sério problema social, uma vez que expressivo contingente de pessoas que habita a região assolada pela seca vive em situação de extrema pobreza.

Na Amazônia, especificamente, o impacto é também sentido considerando o alto grau de dependência das populações e de suas atividades aos cursos de água, para alimentação, transporte de pessoas e mercadorias, assistência à saúde e educação. Em 2005, a estiagem do rio Amazonas atingiu mais de 250 mil pessoas (SOUZA; ZANCHETTA, 2005). No estado do Pará, 25 municípios decretaram estados de anormalidade no período estudado em função de estiagens e apenas no município de Pau d'Arco registrou-se seca (Figura 8.15). Os municípios de Porto de Moz, Curuá e Terra Santa foram os que mais decretaram estado de calamidade pública e situação de emergência originados em estiagens e secas.



**Figura 8.15** – Municípios do estado do Pará com ocorrências de estiagem e seca.

## Erosão

Processo geológico de desagregação e remoção de material da superfície terrestre na forma de fragmentos, soluções e colóides de solos ou rochas para outros locais, até atingir o nível-base de erosão, onde se acumulam. Ocorre devido à ação de água da chuva, vento, gelo ou organismos. Dependendo do agente erosivo principal, ocorrem diversos tipos de erosão: fluvial, pluvial, glacial, eólica e marinha. Quanto à forma, é classificada em erosão laminar e linear.

No estado do Pará foram registrados eventos desastrosos originados em erosão pluvial e fluvial (Figura 8.16). A erosão pluvial é resultado da ação das gotas de água da chuva que incidem na parte superficial do solo, destruindo as estruturas que o compõem (areias, argilas, óxidos e húmus). Com o impacto dessas gotas, geralmente a fração mais fina do solo é lançada para cima e para fora em movimentos radiais, a partir do ponto de impacto (salpicamento). Isso contribui para a redução tanto da porosidade da camada superficial do solo como de sua capacidade de infiltração, aumentando o fluxo superficial e a erosão. Em estados como o Pará, em que a precipitação média alcança 480 mm, a chuva adquire fundamental importância em estudos sobre risco geológico, devido à sua capacidade de produzir erosão.

A erosão laminar ocorre quando a água corre uniformemente pelo terreno, removendo e transportando as partículas do solo, sem formar canais definidos. Devido a ser mais amena que a erosão linear, é menos notada e, por isso, mais perigosa. Esse tipo de erosão causa muitos prejuízos a terras agrícolas, pois arrasta as partículas mais leves do solo (camada mais fértil), comprometendo a sua fertilidade. Também é responsável pelo assoreamento de rios, lagos e represas, haja vista a quantidade de sedimentos fornecida. Já a erosão linear é mais agressiva, pois é causada por concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em incisões mais evoluídas na superfície do terreno na forma de sulcos, ravinas e voçorocas.

Os sulcos derivam de pequenas incisões na superfície do terreno (até 0,5 m de profundidade) formadas pelo fluxo d'água na declividade do terreno (Figura 8.17). Quando ocorre a enxurrada, o fluxo d'água atinge volume e velocidade suficientes para formar sulcos mais profundos. As ravinas são incisões com mais de 0,5 m de profundidade e que não atingiram o lençol freático. Já as voçorocas são incisões que atingiram o lençol freático (Figura 8.18). É considerada a forma mais complexa de erosão linear, haja vista a ação combinada das águas do escoamento superficial e subterrâneo, levando à evolução da erosão lateral e longitudinalmente.

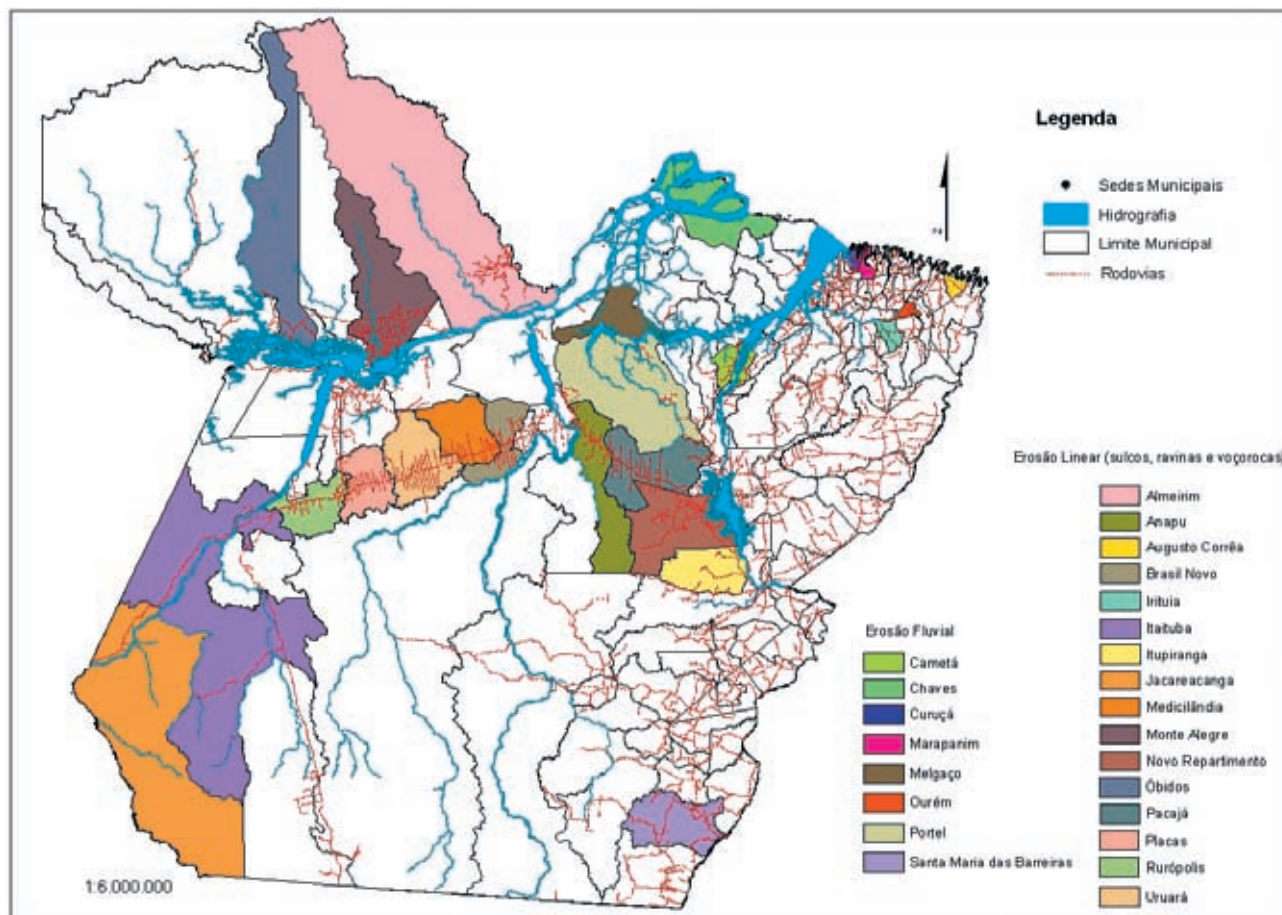


Figura 8.16 – Municípios do estado do Pará com ocorrências de erosões linear e fluvial.



A erosão está sujeita, basicamente, a cinco fatores: chuva, infiltração da água, topografia (declive acentuado ou não), tipo de solo e quantidade de vegetação existente. A chuva é o fator principal, pois, quanto maior a sua frequência e quantidade, mais contribuirá para o fenômeno. A vegetação também exerce papel importante na conservação do solo; quando este se encontra desprotegido de vegetação, os processos erosivos são mais atuantes (quando as gotas de água da chuva caem sobre a cobertura vegetal, são interceptadas pelas folhas, diminuindo seu impacto ao caírem no solo).



**Figura 8.17** – Formação de sulcos em vicinal do município de Rio Maria. Fonte: Coordenadoria de Defesa Civil do Estado do Pará (CEDEC-PA).



**Figura 8.18** – Voçoroca no município de Óbidos. Fonte: Coordenadoria de Defesa Civil do Estado do Pará (CEDEC-PA).

## REFERÊNCIAS

ALEXANDER, D. **Natural disasters**. London: UCL Press, 1993. 631 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. CARVALHO, C.S.; MACEDO, E.S. de; OGURA, A.T. (Org.). **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades/IPT, 2007. 176 p.

CASTRO, A.L.C. (Coord.). **Glossário de defesa civil: estudo de riscos e medicina de desastres**. 2. ed. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Civil, 1998. 283 p.

DIAS, F.P.; HERRMANN, M.L.P. Análise da susceptibilidade a deslizamentos no bairro de Saco Grande. Florianópolis, SC. **Revista Universidade Rural**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p. 91-104, 2002. Série Ciências Exatas e da Terra.

FONSECA, D.D.F.; SZLAFSZTEIN, C. Caracterização dos perigos naturais no estado do Pará utilizando sistema de informações geográficas (SIG). **Revista Científica da UFPA**, Belém, 2005.

ISDR. **Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives**. United Nations, Inter-Agency Secretariat, ISDR Secretariat. Geneva, Switzerland, 2002. 387 p. Preliminary version.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006. 109 p.

MARCELINO, E.V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Santa Maria: CRS/INPE, 2007. 20 p. (publicação interna). Disponível em: <<http://www.inpe.br/crs/geodesastres/publicações.php>>.

MATEUS, B.; SZLAFSZTEIN, C.; PINTO, M. Os recursos hídricos e as calamidades naturais no estado do Pará: elaboração de uma metodologia para avaliação de riscos no município de Salvaterra (PA). **Revista Científica da UFPA**, Belém, v. 6, p. 1-12, 2007.

NOGUEIRA, F.R. Sobre a necessidade de se construir referências de conhecimentos técnico-científicos e experiências positivas para implementação de políticas públicas de gerenciamento de riscos ambientais urbanos no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41., 2002, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBG, 2002. p. 150.

PEREIRA, A. **Elaboração de uma biblioteca digital sobre a temática de perigos naturais do estado do Pará utilizando um sistema de informação geográfica**. 2001. 97 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2001.

PRESS, F. et al. **Para entender a terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

SOUZA, O.B.; ZANCHETTA, I. **Seca na Amazônia**: alguma coisa está fora da ordem. Disponível em: <<http://www.brasiloeste.com.br/noticia/1654/seca-amazonia>>. Acesso em: 10 jun 2010.

SZLAFSZTEIN, C. **Vulnerability and response measures to natural hazard and sea level rise impacts**: long-term coastal zone management, NE of the state of Pará, Brazil. ZMT Contribution 17. Bremen: Center for Tropical Marine Ecology, 2003. 209 p.

SZLAFSZTEIN, C.; FONSECA, R. Base de dados de acidentes naturais no estado do Pará (1985-1995). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., 1998,

Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG, 1998. p. 207.

TORRES, V.; SZLAFSZTEIN, C. Elaboração de bases de dados para gestão de riscos na região Amazônica: caso de estudo em 17 municípios do nordeste (NE) do estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 11., 2009, Manaus. **Anais...** Manaus: SBG, 2009. p. 1-4.

TUCCI, C.E.M. Controle de enchentes. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. 3. ed. Porto Alegre: ABRH-UFRGS, 2002. p. 621-58.

ZUQUETTE, L.V. et al. Considerações básicas sobre a elaboração de cartas de zoneamentos de probabilidade ou possibilidade de ocorrer eventos perigosos e de riscos associados. **Geociências**, São Paulo, v. 14, n. 2, p 9-39, 1995.



# 9

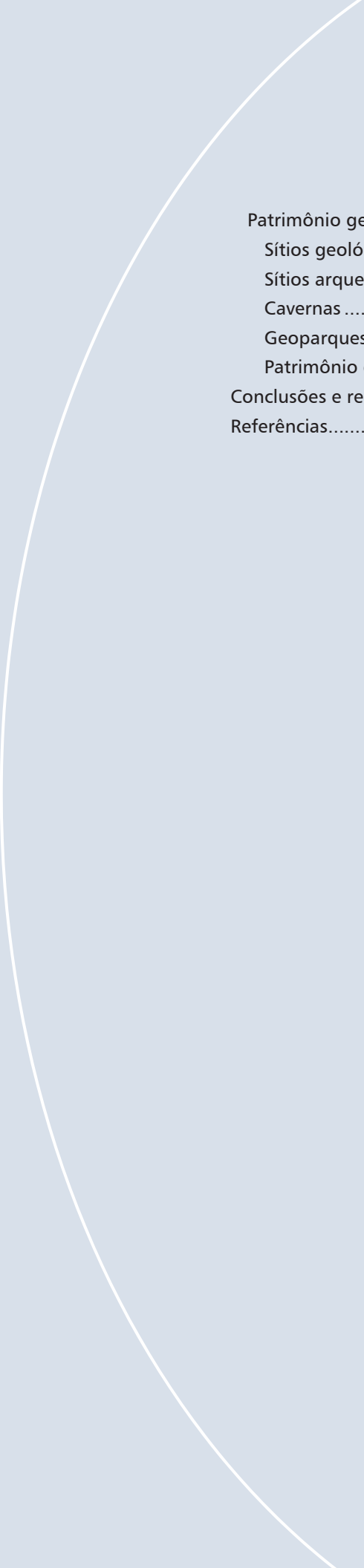
## **GEOTURISMO DO PARÁ: A TERRA, AS ÁGUAS E O HOMEM – ATRATIVOS CULTURAIS, GEOCIENTÍFICOS E GEOTURÍSTICOS**

Suely Serfaty-Marques (*suely.marques@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### **SUMÁRIO**

Introdução .....	131
Aspectos jurídico-institucionais .....	131
Arcabouço .....	131
Interesses difusos.....	132
O significado cultural da geologia .....	132
Patrimônio geológico como patrimônio cultural .....	133
Categorias das unidades do patrimônio geológico.....	134
Geoparque.....	134
Patrimônio espeleológico .....	134
Paisagem cultural.....	134
Patrimônio geológico e paleontológico.....	136
Registros de corpos celestes .....	136
Geocoturismo no Pará.....	137
Regiões turísticas .....	137
Polo Belém.....	138
Polo Amazônia Atlântica.....	143
Polo Tapajós.....	148
Polo Araguaia Tocantins .....	152
Polo Marajó .....	157
Polo Xingu .....	159



Patrimônio geocoturístico.....	161
Sítios geológicos (paleontológicos) .....	161
Sítios arqueológicos.....	162
Cavernas .....	162
Geoparques .....	162
Patrimônio geomineiro.....	162
Conclusões e recomendações .....	162
Referências.....	163

## INTRODUÇÃO

*A paixão de conhecer, comparar, compreender, desdobra-se em angústia frente ao inexplicável, ao mágico, ao irracional, do qual irrompe também o gosto pelo bizarro e pelo fantástico (GIRAUDY e BOUILHET, 1990).*

Quando um bem natural ou cultural é reconhecida-mente valioso, no âmbito social-humano e ecológico-eco-nômico, ele é protegido ou tombado em prol do usufruto coletivo e passa a ser determinado como patrimônio.

Assim, patrimônio cultural e natural é o conjunto de todos os bens, concretos e abstratos, de relevante interesse ao estudo e preservação da cultura de um povo, de uma região ou mesmo de toda a humanidade.

Expressam-se os atrativos geocientífico-geoturísticos com base nos elementos constituintes do patrimônio geológico. Abrangem os monumentos geológico-geográficos naturais, paisagens, parques, afloramentos de rocha, cachoeiras, cavernas, sítiosossilíferos, fontes termais, minas desativadas e outros pontos ou sítios de interesse geológico.

No âmbito das geociências de uma região, é relevante o levantamento do patrimônio geológico, geomorfológico e paisagístico, acrescido das características ecológicas ou histórico-culturais, por seu valor científico, de uso econômico e de incomensurável beleza.

O estado do Pará apresenta grande riqueza de elementos geológico-ecológicos e geocientíficos, que lhe conferem excelente potencial geoturístico. Seus elementos geológicos se classificam no campo de interesse espeleológico, geomineiro, sítio geológico e geoparques, além de áreas de excepcional beleza cênica.

A Secretaria de Estado de Desenvolvimento, Ciência e Tecnologia e a Companhia Paraense de Turismo dividiram o Pará em seis polos de turismo, adequando-os às 12 regiões de integração. Consideram as linhas estratégicas definidas pelo governo do estado para consolidação do desenvolvimento e diminuição das desigualdades sociais, bem como a proposta de desenvolvimento da atividade turística de forma regionalizada, com foco no planejamento coordenado (Programa Nacional de Regionalização do Turismo) (Decreto Estadual nº 1.066, de 19.06.2008; Resoluções nºs 001 e 002/2009) (PARÁ, 2001a).

## ASPECTOS JURÍDICO-INSTITUCIONAIS

### Arcabouço

A Inspecção de Monumentos Nacionais, primeiro órgão voltado para a preservação do patrimônio no Brasil, foi criada em 1933, como uma entidade vinculada ao Museu Histórico Nacional. Instituída pelo Decreto nº 24.735, de 14 de julho de 1934, tinha como principais finalidades impedir que objetos antigos, referentes à história nacional, fossem retirados do país, em virtude do comércio de antiguidades, e que as edificações monumentais viessem a

ser destruídas por conta das reformas urbanas, a pretexto de modernização das cidades.

As primeiras leis brasileiras de proteção à natureza surgiram na década de 1930, mediante instrumentos legais pioneiros, como Código de Águas, Código de Minas, Decreto de Proteção aos Animais e Código Florestal. Em 1937, uma lei federal organizou o patrimônio histórico e artístico, definindo-o como o somatório dos bens de interesse público, móveis e imóveis, vinculados a fatos históricos memoráveis ou a valores arqueológicos, etnográficos, bibliográficos ou artísticos. Esses bens são representados por monumentos naturais, sítios e paisagens, aos quais importe conservar e proteger, devido à notável feição de favorecimento pela natureza ou a diligências pela indústria humana (PARÁ, 2001b).

Dessa forma, a proteção dos bens culturais em território brasileiro passou a ser garantida pelo Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937, que define as regras do “tombamento” (inventariação) dos bens pertencentes ao Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, bem como a sujeição desses bens à preservação e conservação (BRASIL, 1937).

É atribuído aos estados e ao Distrito Federal vincular até cinco décimos por cento de sua receita tributária líquida, como apoio ao financiamento de programas e projetos culturais.

O Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) é o órgão nacional encarregado da proteção patrimonial tangível e intangível, além de fiscalização, promoção, estudos e pesquisas do patrimônio cultural brasileiro, em consonância com as diretrizes do Ministério da Cultura. Criado em 1937, atualmente possui 27 superintendências regionais (BRASIL, 1937). O IPHAN define patrimônio cultural a partir de suas formas de expressão e maneiras de instituir, fazer e viver; das criações científicas, artísticas e tecnológicas; das obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais; e dos conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico. Desde a sua criação, aplica investimentos na preservação nacional do patrimônio geológico, geomorfológico e espeleológico, por meio de tombamentos de morros, penhascos e pontões rochosos da zona costeira, grutas e outros elementos. Além de contar, naturalmente, com alguns órgãos estaduais e municipais de patrimônio cultural, que também promoveram tombamentos dessa natureza (IPHAN, 2003).

O Artigo 175 da Constituição brasileira de 1946 (BRASIL, 1946) expressou em seu texto: “As obras, monumentos e documentos de valor histórico e artístico, bem como os monumentos naturais, as paisagens e os locais dotados de particular beleza ficam sob a proteção do Poder Público”.

A Constituição brasileira de 1988, em seu Artigo 216, assim estabelece:

*Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação,*

à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem: I - as formas de expressão; II - os modos de criar, fazer e viver; III - as criações científicas, artísticas e tecnológicas; IV - as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais; V - os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico.

A Secretaria Executiva de Cultura (SECULT), órgão do governo do estado do Pará, foi criada em 18 de novembro de 1975, por meio da Lei nº 4.589, que instituiu a Secretaria Estadual de Cultura, Desportos e Turismo (SECDET). Em 13 de outubro de 1987, a Lei nº 5.397 modificou a nomenclatura do órgão, que passou a se denominar Secretaria de Estado de Cultura (SECULT). Sua missão institucional é coordenar, promover, incentivar, difundir e executar ações ligadas à cultura em geral, incluindo teatros, patrimônio histórico e artístico, bem como gerenciar os Sistemas de Museus, Teatros e Arquivo Público do Estado do Pará.

Ainda que o IPHAN e a SECULT – autarquias federal e regional, respectivamente – sejam responsáveis pela preservação daquilo que constitui o patrimônio cultural do país, não são todos os bens culturais que apresentam relevância patrimonial. Para que um valor seja reconhecido, é indispensável um ato de reconhecimento desse valor, que, levando em conta a função social, oficialize a condição de patrimônio, instituindo um regime jurídico especial de propriedade, como ocorre com o tombamento.

## Interesses Difusos

Por muito tempo, distinguam-se os interesses (ou direitos) em duas categorias: coletivos e individuais. Provavelmente, o confronto desses dois estados remonta às origens do Direito, quando este distinguia apenas a coisa pública da coisa privada. Assim, não se cogitava a respeito de um estado “intermediário” ou nebuloso, o que, aliás, implicaria a aceitação de um poder alternativo ao Estado – hipótese impensável em sociedades impregnadas pelo autoritarismo.

Contudo, a História mostra que o poder autocrático veio sendo enfraquecido, desde o período medieval, em um processo que se acelerou na Idade Moderna, coincidindo com o Renascimento e a era industrial. Desse modo, ao longo do século XX, tornou-se, paulatinamente, anacrônico, a ponto de hoje se colocar o modelo político no centro das grandes discussões da emergência e permanência de nações e blocos econômicos.

A eclosão dessa nova ordem fez surgir um *tertium genus*, ou seja, um poder intermediário entre o Estado e os indivíduos, menos poderoso que aquele, porém mais que estes.

Os recentes acontecimentos, em várias e nas mais importantes partes do mundo, como o surgimento de lideranças e governos comandados por representantes de minorias étnicas, mulheres e excluídos sociais, vêm indicando que as melhores aspirações humanas se realizam quando as sociedades valorizam o coletivo. Trata-se de uma

lição que se pode depreender do comportamento natural (ou instintivo) das sociedades ditas mais primitivas, que se organizam de forma gregária “por natureza”. Aristóteles, em seu tratado sobre a Política, já dizia: “o homem solitário é uma besta ou um deus”.

De tudo isso decorre o extraordinário crescimento dos processos corporativos surgidos na era industrial, como sindicatos, associações, cartéis, conglomerados financeiros, partidos políticos, *lobbies* etc., que representam as formas que os indivíduos encontraram para se proteger dos novos sistemas econômicos e dos antigos sistemas de poder.

Portanto, não cabe análise das deficiências e fragilidades ou as virtudes e vantagens dessa nova distribuição do poder, e, muito menos, exercícios de projeções futuras. O que mais importa é a conclusão de que esse caudaloso processo ascendeu à percepção de um poder intermediário, afetando a sociedade como um todo e não apenas as esferas do Estado ou dos indivíduos. A isso se denominou interesse difuso, embora não lhe cabendo definição precisa, do contrário, deixaria de ser difuso.

Ainda assim, no sentido de utilização, os interesses difusos saem da órbita individual e migram para o contexto coletivo, com predominância de valores de ordem social, como o bem comum, a qualidade de vida e os direitos humanos.

No Brasil, outros instrumentos legais – sobretudo concebidos nas últimas décadas – vieram ao encontro das melhores percepções, dentre os quais a moderna legislação ambiental e o arcabouço jurídico-institucional, voltados para a conservação do que se convencionou denominar patrimônios histórico-culturais, aí incluídos os que decorrem da geodiversidade.

## O SIGNIFICADO CULTURAL DA GEOLOGIA

O único planeta no qual se tem conhecimento de existência de vida chama-se Terra, não obstante sua superfície apresente dois terços de água. Quando o homem o contemplou pela primeira vez, a partir do espaço, iniciou-se uma nova era para a humanidade.

A geologia é a ciência que estuda a Terra, que representa o princípio e o fim de tudo, sob as óticas mitológica, religiosa, arquetípica e simbólica. Integrante da gênese do Universo, sua história, composição, estrutura, propriedades físicas e químicas, bem como seus processos de formação, aliados à evolução da vida, encontram-se presentes em obras de expressão poética, literária, plástica e filosófica.

A semente lançada na terra germina e propicia a vida, proporcionando ao ser humano tudo o que lhe é necessário para viver. Foi nela que o homem aprendeu a cultivar o solo e a domesticar os animais. Tudo o que advém da cultura tem por matéria-prima a terra ou algo produzido direta ou indiretamente por ela. Assim como a terra teria sido a origem do próprio ser humano, toda produção cultural humana depende da terra e de seus recursos.

Os elementos geológicos que a terra apresenta revestem-se de especiais significados culturais. As pedras



podem ser sagradas, como assim as veem os muçulmanos – uma pedra preta, possivelmente um meteorito de épocas pré-islâmicas, que Abraão teria recebido das mãos do anjo Gabriel, hoje incrustada no interior da Caaba, em Meca. Foi também em uma rocha que o Dalai Lama recebeu o título de Rei do Mundo. Os artefatos mais antigos conhecidos, datados de 2,4 milhões de anos, perduraram justamente por terem sido confeccionados em pedra. As pedras podem ser consideradas o centro do mundo, como ocorre em Delfos ou no trono do reino da Inglaterra. Na pré-história, o sílex era considerado ouro. A missa católica romana era celebrada sobre uma pedra, símbolo da presença divina e derradeiro vestígio de pedra de sacrifício. Uma das maiores conquistas da humanidade ocorreu há 500 mil anos, quando o homem do Paleolítico descobriu que pela fricção de duas pedras era possível fazer fogo de forma muito mais rápida que usando bastões de madeira.

Cerca de um décimo da população mundial vive nas montanhas, as quais ocupam um quarto da superfície do planeta. Mais que qualquer outro elemento topográfico, a montanha representa o elemento de identificação de uma paisagem, de cujo cimo se pode contemplar toda a escala de magnitude entre o céu e a terra.

Em oposição às montanhas, ocorrem as cavernas. São cavidades subterrâneas que levam ao interior da terra. Trazem vestígios de que serviram de abrigo para as várias formas de vida, desde o Paleolítico Superior. Em suas paredes, exibem registros das primeiras evidências de criatividade artística, sob a forma de pinturas e grafismos rupestres feitos com pigmentos. Culturalmente, as cavernas simbolizam elementos de ligação com o mundo das trevas. Dos limites invisíveis desses abismos, surgem seres lendários e monstruosos que povoam o inconsciente coletivo.

Paradoxalmente, a terra – símbolo de fecundidade e regeneração – é o útero que gera e regenera a vida, conquanto seja, também, o acolhimento à refusão, destino inexorável dos seres materiais. Como enterrar sem terra?

## **PATRIMÔNIO GEOLÓGICO COMO PATRIMÔNIO CULTURAL**

O mundo passou a dedicar maior atenção ao valor universal do patrimônio cultural quando a grande represa de Assuã ameaçou inundar o complexo arqueológico constituído pelos dois templos de Abu Simbel, no sul do Egito, em 1959. A partir daí, com apoio do International Council on Monuments and Sites (ICOMOS), a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) iniciou o projeto de um acordo para proteção do patrimônio cultural dos países.

Por decorrência, em 1965, realizou-se uma convenção em Washington, que criou uma fundação de patrimônio mundial, objetivando proteger os sítios históricos e as zonas naturais e paisagísticas maravilhosas do mundo, para o presente e o futuro de toda a humanidade.

Em 1972, a Convenção sobre o Patrimônio Mundial, Cultural e Natural foi aprovada em Paris, reunindo as propostas do ICOMOS e da International Union for Conservation of Nature (IUCN). Os primeiros sítios inscritos datam de 1978.

Em 1992, durante a comemoração do vigésimo aniversário da Convenção, foi aprovado o documento internacional para reconhecimento e proteção de paisagens culturais. O registro define as categorias de sítios naturais ou culturais passíveis de inscrição na Lista de Patrimônio Mundial e as obrigações de cada país sobre o levantamento dos sítios, seu papel e compromisso na preservação do patrimônio mundial.

Nesse contexto, um patrimônio geológico deve abranger registros de fenômenos naturais excepcionais ou áreas de beleza natural e estética de extrema importância; ser exemplo representativo de diferentes estágios da história da Terra, incluindo a evolução da vida e dos processos geológicos, pertinentes a toda a geodiversidade ambiental.

A partir das pesquisas extraterrestres, que incluem as viagens espaciais, por enquanto quase restritas ao sistema solar, amplificou-se a importância da ciência geológica, alçando-a ao patamar da planetologia. Não por acaso, a planetologia vem trazendo novas luzes sobre a compreensão dos fenômenos geológicos, a ponto de rejuvenescer as ciências geológicas, por meio de novas e instigantes abordagens.

A preservação do patrimônio geológico mundial, concebida pela UNESCO sob a forma de geoparques, surgiu apenas em 2001, após a segunda Conferência Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento – Eco-92, realizada no Rio de Janeiro. A UNESCO concebeu o plano de implantação dos geoparques, áreas protegidas, portadoras de pontos de interesse geológico e de importância científica. A Rede Mundial de Geoparques considera a herança geológica da Terra como objeto de proteção a ser integrado a uma estratégia de fomento ao desenvolvimento social e econômico sustentável nos territórios.

Os geoparques devem atender a certas exigências, como ter um território definido e contribuir para o desenvolvimento autossustentável de sua região. Devem possuir sítios com elementos ecológicos, geológicos, históricos, culturais e turísticos relevantes para o estudo da evolução do planeta Terra, o que explica o indispensável envolvimento de órgãos científicos, culturais, ambientais e outros nas atividades de sua criação e no processo de sua gestão.

O futuro depende da compreensão do passado geológico. E é desse modo que a UNESCO conclama as nações, a fim de protegerem e promoverem a história geológica da Terra, ressaltando o impacto positivo dos geoparques nas estratégias de preservação do patrimônio e na sustentação social e econômica das comunidades locais. Outorga, igualmente, aos geoparques, equanimidade de valor à Reserva da Biosfera e ao Patrimônio da Humanidade.

## CATEGORIAS DAS UNIDADES DO PATRIMÔNIO GEOLÓGICO

### Geoparque

Segundo a UNESCO, um geoparque é “um território de limites bem definidos, com uma área suficientemente grande para servir de apoio ao desenvolvimento socioeconômico local”. Deve abranger um determinado número de sítios geológicos de relevo ou um mosaico de entidades geológicas de especial importância científica, raridade e beleza, que seja representativa de uma região. Precisa exprimir um significado geológico, eventos e processos no nível da ecologia, arqueologia, paleontologia, história e cultura natural, material e imaterial, e os múltiplos saberes expressos em seu território. De forma simultânea, a leitura da paisagem efetuada pela ciência incluirá páginas elaboradas há séculos pelas comunidades locais e, reciprocamente, a visão de mundo dessas comunidades incorporará o chamado pensamento científico ao seu imaginário.

O reconhecimento de uma região como geoparque, pela UNESCO serve como instrumento para o progresso e a integração de todas essas atividades. Não compete apenas ao Poder Público, mas a toda a sociedade civil, sobretudo às populações locais, promover e proteger o patrimônio cultural brasileiro existente em um geoparque.

A forma perfeita de gestão de um geoparque é a compartilhada, em que cada órgão governamental responde pelos componentes de seu geoparque. Deve gerar emprego e renda; preservar e difundir o patrimônio material e imaterial; enfatizar o geoturismo, em consonância com a proteção ao meio ambiente; favorecer a educação, a pesquisa e o conhecimento científico; promover desenvolvimento ecológico e econômico-social sustentável para sua região.

A política relativa à paisagem cultural e ao geoparque deverá buscar a máxima integração entre os múltiplos protagonistas envolvidos, como comunidades locais, organizações não governamentais, universidades, institutos de pesquisa, escolas e os setores turísticos e imobiliários.

### Patrimônio Espeleológico

É o conjunto de elementos bióticos e abióticos, socioeconômicos e histórico-culturais, subterrâneos ou superficiais representados por cavidades naturais subterrâneas ou a estas associadas.

Cavidade natural subterrânea é todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, conhecida popularmente como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna e buraco. Inclui seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, comunidades bióticas e o corpo rochoso encaixante, desde que a sua formação tenha sido por processos naturais.

A área de influência sobre o patrimônio espeleológico compreende os elementos bióticos e abióticos, superficiais e subterrâneos, necessários à manutenção do equilíbrio

ecológico e da integridade física do ambiente cavernícola; plano de manejo e zoneamento espeleológico. A referida área é definida pelo órgão ambiental competente, que poderá, para tanto, exigir estudos específicos a expensas do empreendedor.

O plano de manejo espeleológico é um documento técnico, mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais, é estabelecido o zoneamento, normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da cavidade natural subterrânea.

O zoneamento espeleológico define setores ou zonas em uma cavidade natural subterrânea, visando a manejo e normas específicos e estabelecendo meios e condições para alcançar os objetivos.

A região Norte é uma nova fronteira para a espeleologia, com destaque para o estado do Pará, principalmente nas serras dos Carajás e das Andorinhas.

A caverna Paraíso é a maior gruta da Amazônia (2,5 km). Situada no município de Aveiro, aproximadamente a 250 km ao sul de Santarém, no Pará, apresenta interessante geologia e abundante biologia. Formada em calcários do Carbonífero (é possível ver conchas incrustadas na rocha – ocorrência rara em cavernas brasileiras), caracteriza-se por condutos meandantes, que se interligam em uma estrutura labiríntica, muitos deles com teto baixo, alguns condutos amplos e salões. A caverna Paraíso supera, em desenvolvimento, as grandes cavernas areníticas do Pará e enseja elevado potencial para exploração e pesquisas científicas.

Em São Geraldo do Araguaia ocorre a caverna serra das Andorinhas, cujo desnível, de 180 m, corresponde ao 13º maior do Brasil.

O Pará possui 326 cavernas cadastradas na Sociedade Brasileira de Espeleologia. As 15 maiores cavernas são especificadas no Quadro 9.1, enquanto as que apresentam maiores desníveis são exemplificadas no Quadro 9.2.

### Paisagem Cultural

A preservação da paisagem cultural brasileira visa não só à valorização do bem comum, como também ao dinamismo da cultura e da ação humana, junto ao desenvolvimento econômico socialmente sustentável.

Assim como as leis de proteção à natureza, da mesma forma surgiram, na década de 1930, os três primeiros parques nacionais, a organização do patrimônio histórico e artístico e a instituição do conselho consultivo – que delibera sobre paisagens excepcionais, que suscitem tombamento.

Um importante patrimônio da geodiversidade que ainda não se encontra adequadamente avaliado e protegido diz respeito aos inúmeros registros de astroblemas espalhados pelo território nacional, destacando-se, por suas dimensões: Domo de Araguinha (GO/MT); São Miguel do Tapuio (PI); serra da Cangalha (TO); Domo do Vargeão (SC).

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 orientou o capítulo de patrimônio cultural de forma sistêmica.

A paisagem cultural inclui sítios que apresentem, de forma isolada ou conjunta, valores históricos, pré-históricos, étnicos, geológicos, geomorfológicos, estratigráficos, paleontológicos, arqueológicos, científicos, artísticos, literários, míticos, esotéricos, legendários, industriais,

simbólicos, pareidólicos, turísticos, econômicos, religiosos, de migração e de fronteira, bem como áreas contíguas, envoltórias ou associadas a um meio urbano.

A certificação tem a forma de um termo de compromisso e de cooperação para gestão compartilhada de sítios de significado cultural. É concedida pelos órgãos de patrimônio cultural e aprovada por seus conselhos consultivos

**Quadro 9.1** – Maiores cavernas, em extensão, no estado do Pará.

CLASSIFICAÇÃO	NOME	MUNICÍPIO	EXTENSÃO (m)
1	Caverna Planaltina	Prainha	1.500
2	Caverna do Limoeiro	Prainha	1.200
3	Caverna Pedra da Cachoeira	Altamira	1.000
4	Caverna do Kararão	Senador José Porfírio	310
5	Gruta Leonardo da Vinci	Senador José Porfírio	176
6	Gruta do Bico da Arara	Prainha	150
7	Gruta do Inferno	Monte Alegre de Goiás	130
8	Gruta do Gavião	Parauapebas	115
9	Gruta Pacal	Prainha	110
10	Gruta do Labirinto	Monte Alegre de Goiás	100
11	Gruta Mbaeapu'a	Prainha	100
12	Gruta da Bomba D'Água	Parauapebas	98
13	Gruta da Pedra Pintada	Monte Alegre de Goiás	89
14	Gruta do Miritiepe	Monte Alegre de Goiás	87
15	Gruta do N1	Parauapebas	87

Fonte: Sociedade Brasileira de Espeleologia

**Quadro 9.2** – Maiores cavernas, em desnível, no estado do Pará.

CLASSIFICAÇÃO	NOME	MUNICÍPIO	DESNÍVEL (m)
1	Caverna Serra das Andorinhas	São Geraldo do Araguaia	180
2	Gruta do Labirinto	Monte Alegre de Goiás	25
3	Gruta da Explo	Parauapebas	20
4	Gruta Itatupaoca	Monte Alegre	19
5	Caverna Pedra da Cachoeira	Altamira	18
6	Caverna Cachoeira	São Geraldo do Araguaia	15
7	Fenda Quatro Pedras	São Geraldo do Araguaia	15
8	Gruta do Bif	Parauapebas	12
9	Caverna Porta do Céu	São Geraldo do Araguaia	10
10	Gruta do N1	Parauapebas	9
11	Caverna Planaltina	Prainha	9
12	Gruta dos Anões	Parauapebas	8
13	Gruta do Miritiepe	Monte Alegre de Goiás	8
14	Gruta da Onça	Parauapebas	8
15	Abrigo Jasmim	São Geraldo do Araguaia	7

Fonte: Sociedade Brasileira de Espeleologia

e por outros órgãos públicos, organismos internacionais, organizações não governamentais e sociedade civil. Não obstante representar tão somente uma forma de reconhecimento, o certificado tem valor de proteção legal, por incluir toda a legislação incidente sobre cada paisagem chancelada e por envolver todos os órgãos públicos que sobre ela se obriguem a um rigoroso cumprimento de certas atribuições.

Os procedimentos adotados para garantir assistência aos usuários da paisagem, a exemplo de turistas, visitantes e populações que nela habitem, de forma equilibrada, incluem alternativas para novas ou tradicionais formas de utilização dos recursos econômicos e dos modos de produção, em condições de sustentabilidade. Deve haver a participação deliberativa das comunidades residentes e de toda a população a ela associada, bem como a valorização dos bens culturais, tanto materiais quanto imateriais.

A Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) efetiva o estudo e a outorga de um determinado sítio geológico ou paleobiológico, indicando-o para a UNESCO. A SIGEP é um órgão do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), incumbido de reunir as instituições com interesse, função ou afinidade nos sítios geológicos e paleobiológicos do Brasil. Como forma de cumprimento da Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural da UNESCO, da qual o Brasil é signatário, a SIGEP gerencia um banco de dados nacional de geossítios, tornando-o acessível ao público, por meio da Internet, na forma de artigos científicos bilingües, elaborados por especialistas que trabalharam nas áreas dos sítios cadastrados.

Instituído em março de 1997, o Grupo de Trabalho da SIGEP conta com representantes da: Academia Brasileira de Ciências (ABC), Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA), Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA), Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), Petróleo Brasileiro S/A (PETROBRAS), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB), Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), Sociedade Brasileira de Geologia (SBG), Sociedade Brasileira de Paleontologia (SBP).

### **Patrimônio Geológico e Paleontológico**

É o conjunto dos bens, materiais ou imateriais, que, pelo seu valor próprio, desperta relevante interesse para a permanência e identidade da cultura de um povo.

Nenhuma perspectiva para o futuro da humanidade pode dispensar a compreensão do passado geológico e biológico do planeta. Nesse contexto, o patrimônio fossilífero é um bem inigualável para o entendimento das formas de vida pretéritas e construção do conhecimento sobre a evolução biológica do planeta. Constitui-se em

matriz da produção de manifestações culturais de caráter imaterial. Assim, a preservação de depósitos fossilíferos, que contemplem sítios paleontológicos de reconhecido valor cultural, é imprescindível para o desenvolvimento de ações de promoção, proteção e fiscalização.

Modernamente, de forma simétrica, os órgãos de preservação do patrimônio cultural reconhecem que o passado da Terra não é menos importante que a história do homem. Argumentações superficiais compreendem como patrimônio cultural apenas o que é diretamente ligado à experiência humana, excluindo, por conseguinte, o patrimônio paleontológico. A alegação de que o homem não conviveu com determinados seres fossilizados não é suficiente para sustentar referida tese. Ainda que isso fosse correto, somente a cultura humana pode decifrar os mistérios da Terra e da vida. De forma análoga ao passado dos seres humanos, o passado da Terra deve, também, ser preservado como patrimônio cultural. Ademais, a Terra e seus recursos minerais representam a matéria-prima e de inspiração para qualquer produção cultural. Patrimônio é sinônimo de herança e os órgãos responsáveis pela herança cultural devem atuar na defesa dos bens geológicos e paleontológicos, que devem ser legados, da forma mais íntegra e autêntica possível, às gerações vindouras.

Contudo, segundo o entendimento dos órgãos de preservação de bens culturais, nem tudo é patrimônio. O reconhecimento do valor patrimonial de um bem é feito por processos seletivos, tendo de apresentar excepcionais qualidades. Assim, apenas aquele que apresentar valores reconhecidos por um órgão cultural deverá gozar das vantagens da proteção institucional. Bens de valor geológico apresentam, como qualquer outro bem cultural, duas dimensões: uma dimensão material, que é o bem físico, e outra de natureza imaterial, que é o conhecimento que o homem detém sobre esse bem, os significados com os quais a cultura os impregnou, os modos de fazer, de saber e de usá-los.

Conforme a Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra, a história de nosso planeta é nossa história e seu futuro será nosso futuro. Para preservar essa história convoca-se a ação dos órgãos culturais, que detêm o conhecimento das técnicas e procedimentos que permitem defender, preservar, divulgar e valorizar os bens geológicos e paleontológicos de forma integrada com a cultura. Trata-se, portanto, de um novo patrimônio, um livro escrito muito antes de nosso aparecimento sobre o planeta, que só os profissionais da área sabem ler; um documento científico que só as disciplinas culturais sabem interpretar e preservar como bens culturais.

### **Registros de Corpos Celestes**

No Brasil, existem inúmeros vestígios e registros da queda de corpos celestes ao longo dos tempos. Além de poucos meteoritos de várias naturezas e tamanhos, relativamente pequenos, se comparados aos maiores exemplares conhecidos pelo mundo afora, destacam-se estruturas



espetaculares como o Domo de Araguinha e a serra da Cangalha. Estudos geológicos comprovaram a natureza de alguns astroblemas, sendo que, em relação à estrutura de Inajá (“cratera de Inajá” – 8°40.50’S, 50°58.50’W), no Pará, suspeita-se de que proveio do impacto de um corpo celeste (meteorito).

## GEOECOTURISMO NO PARÁ

A origem do nome Pará vem do termo Pa’ra, que significa “rio-mar” na língua indígena tupi-guarani. Era como os índios denominavam o braço direito do rio Amazonas, engrossado com as águas do rio Tocantins, que o torna tão vasto a ponto de não se poder ver a outra margem, mais parecendo um mar que um rio. Ao chegarem à região, os portugueses deram primeiramente o nome de Feliz Luzitânia à terra, depois Grão-Pará (grande rio) e, finalmente, Pará.

A ocupação portuguesa consolidou-se em 1616, com a fundação do Forte do Presépio, mais tarde denominado Forte do Castelo, na baía de Guajará, que deu origem à cidade de Belém.

Em 1621, o território passou a fazer parte da província do Maranhão e Grão-Pará, integração criada com o objetivo de melhorar as defesas da costa e os contatos com a metrópole, uma vez que as relações com a capital da colônia, Salvador, localizada na costa atlântica, eram dificultadas pelas correntes marítimas. Porém, tal integra-

ção foi desfeita em 1774, época que coincidiu com certa estagnação da economia local.

No século XVII, a região conheceu um período de grande prosperidade, com a proliferação de lavouras de café, arroz, cana-de-açúcar, cacau e tabaco, além de fazendas de gado.

Ao longo do século XIX, ocorreram no Pará alguns movimentos de insurgência contra Portugal, destacando-se o movimento popular da Cabanagem, em 1835, sufocado em seguida, que chegou a decretar a independência da província e instalar um novo governo em Belém. Entretanto, no final daquele século, o crescimento econômico foi retomado, a partir da exploração da borracha, que trouxe grande desenvolvimento para a região norte do país.

Hoje, o estado do Pará oferece grandes atrativos turísticos, principalmente de origem natural. De acordo com a Organização dos Estados Americanos (OEA), o Pará é dono de 49% das atrações naturais da Amazônia. As águas constituem o elemento mais forte de sua geodiversidade. O estímulo à atividade turística se dá por dois fatores: a execução de obras que embelezam cidades paraenses e a divisão do estado em seis polos turísticos, que contemplam diversas vertentes da atividade.

## Regiões Turísticas

No estado do Pará são reconhecidas seis regiões turísticas e seus respectivos polos (Figura 9.1).



Figura 9.1 – Mapa de localização das seis regiões turísticas e seus respectivos polos no estado do Pará.

## Polo Belém

O Polo Belém (Quadro 9.3) é constituído pelos municípios que compõem a Região Metropolitana (Figuras 9.2 a 9.37), com museus, teatros, bosques e praias de rio com ondas, como as de Mosqueiro, Icoaraci e Outeiro. Abrange a capital do estado do Pará, que lhe dá nome.

A cidade de Belém, considerada a capital das especiarias, é popularmente chamada de “Cidade das Mangueiras”, devido à intensa arborização de suas ruas com esses espécimes. É o núcleo da maior região metropolitana da Amazônia e corresponde à maior cidade do mundo na zona equatorial. Com população estimada em 1.437.600 habitantes (IBGE, 2009) e conhecida como “Metrópole da Amazônia”, Belém é a segunda cidade mais populosa da região Norte. Assemelha-se a uma península, cuja parte continental é caracterizada por formar um cinturão de áreas militares e de proteção ambiental. Seu espaço para

expansão é pequeno, razão pela qual sofreu conurbação com municípios próximos, dando origem à Grande Belém, que tem população estimada em 2,1 milhões de habitantes. Belém possui o maior índice de desenvolvimento humano (IDH) entre as capitais nortistas.

Na década de 1970, a imigração japonesa fez do Pará um dos maiores exportadores mundiais de pimenta-do-reino, a mais nobre das especiarias da Índia. Hoje, o Pará é o maior produtor de pimenta-do-reino do Brasil.

Em seus quase 400 anos de história, Belém vivenciou momentos de plenitude, entre os quais o período áureo da borracha, no início do século XX, quando o município recebeu inúmeras famílias europeias, o que influenciou significativamente a arquitetura de suas edificações, tornando-a conhecida na época como Paris n’América. Hoje, apesar de ter absorvido, parcialmente, a arquitetura moderna, Belém não perdeu o ar tradicional das fachadas dos casarões, das igrejas e capelas do período colonial.

**Quadro 9.3** – Municípios e região componentes do polo Belém.

POLO	REGIÃO	MUNICÍPIO
Belém	Metropolitana	Belém
		Ananindeua
		Marituba
		Benevides
		Santa Bárbara



**Figura 9.2** – Vista aérea de Belém. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.3** – Mercado do Ver-o-Peso. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.





**Figura 9.4** – Mercado Municipal de São Brás. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.5** – Estação das Docas. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>



**Figura 9.6** – Companhia das Docas. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.7** – Complexo Feliz Luzitânia. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.8** – Parque Ecológico Mangal das Garças: vista aérea parcial; flamingos; garça, com borboletário ao fundo; elevado sobre o rio. Fonte: Disponível em: <http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>.



**Figura 9.9** – Centro de Convenções Hangar. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.10** – Bosque Rodrigues Alves. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.11** – A Fazendinha (Museu Emílio Goeldi). Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.





**Figura 9.12** – Teatro da Paz; Praça da República. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



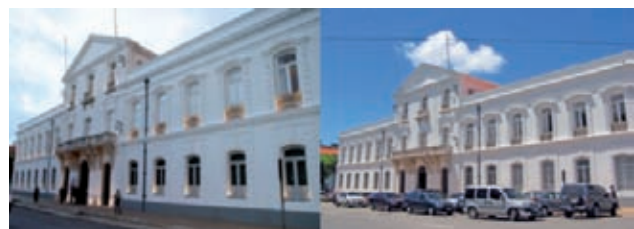
**Figura 9.13** – Belém, Cidade das Mangueiras: Praça da República. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.17** – Espaço São José Liberto – Polo Joalheiro. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



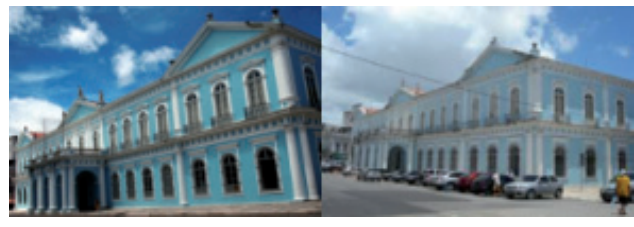
**Figura 9.14** – Praça Batista Campos. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.18** – Palácio Lauro Sodré. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.15** – Ver-o-Rio: memorial dos índios. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.19** – Palácio Antônio Lemos. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.16** – Forte do Castelo. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.20** – Palacete Pinho. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.





**Figura 9.21** – Palacete Bolonha. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.22** – Palacete ou Casa das Onze Janelas. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.23** – Parque da Residência. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.24** – Chateau Classique. Fonte: Disponível em: <http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>.



**Figura 9.25** – Belém: arquitetura antiga preservada. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.26** – Belém: arquitetura antiga preservada. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.27** – Belém: arquitetura antiga preservada. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.28** – Belém: arquitetura antiga preservada. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.29** – Ruínas Igreja do Carmo. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.





**Figura 9.30** – Ananindeua: vista do rio. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.31** – Benevides: balneário. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.32** – Marituba: lazer. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.33** – Ilha de Cotijuba: praia do Vai-Quem-Quer. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.34** – Ilha do Mosqueiro. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.35** – Orla da Ilha de Icoaraci. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.36** – Praia do Amor (Outeiro). Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.37** – Santa Bárbara: balneário. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.

## Polo Amazônia Atlântica

O Polo Amazônia Atlântica (Quadro 9.4) é constituído pelos municípios da Região Guamá, Rio Capim e Rio Caeté (Figuras 9.38 a 9.69). É voltado para o turismo de negócios, lazer e cultura.

Nessa região, curtir a praia é também experimentar um folclore extremamente rico e variado. Brega, lambada, carimbó e lundu são alguns dos ritmos que assinam as festas locais. Pescar no mar significa descobrir segredos da natureza, como a ilha das Canelas, em pleno oceano, onde guarás fazem ninho e maçaricos migradores fazem pouso antes de seguir para o Ártico.

O Pará, no Atlântico, alterna praias, mangues, viveiros de pássaros, ilhas selvagens e estações moderníssimas de veraneio, dentre as quais se destacam:

- Salinópolis: principal estação de veraneio do estado, a 200 km de Belém, tem um conjunto de mais de 10 praias de fina e branca areia, com dunas em permanente movi-

mento. Caracteriza-se pela permissão para que veículos ocupem a faixa de estirâncio.

- Bragança: município com extensos manguezais, que permitem a pesca esportiva, na tranquilidade dos furos e paranás e, ainda, o mergulho no oceano, na praia de Ajuruteua.

- Algodual: paraíso com praias místicas; experiência ímpar do mar amazônico: selvagem, rústico, quente, úmido e cheio de vida. Distingue-se pela proibição da entrada de veículos automotores.

- Vigia: alguns autores acreditam que seja a mais antiga de todas as cidades da Amazônia, tendo sido fundada por Francisco Caldeira Castelo Branco, durante sua expedição de conquista do Grão-Pará, em 6 de janeiro de 1616, seis dias antes de fundar Belém. Os primeiros moradores foram os índios Tupinambás, que ergueram no local a aldeia Uruitá. Enquanto uma antiga igreja de pedra conta histórias de massacres e revoltas, a cidade orgulha-se de ser o berço de filhos ilustres, entre intelectuais, poetas, artistas e escritores, razão pela qual é considerada “Atenas Paraense”.

**Quadro 9.4** – Municípios e regiões que compõem o polo Amazônia Atlântica.

POLO	REGIÃO	MUNICÍPIO
AMAZÔNIA ATLÂNTICA	GUAMÁ	Colares
		Castanhal
		Curuçá
		Igarapé-Açu
		Inhangapi
		Magalhães Barata
		Maracanã
		Marapanim
		Santo Antônio do Tauá
		Santa Isabel do Pará
		Santa Maria do Pará
		São Caetano de Odivelas
		São Domingos do Capim
		São Francisco do Pará
		São João da Ponta
	São Miguel do Guamá	
	Terra Alta	
	Vigia Figueiredo	
	RIO CAPIM	Abel Figueiredo
		Aurora do Pará
		Bujaru
		Capitão Poço
		Concórdia do Pará
Dom Eliseu		
Garrafão do Norte		
Ipixuna do Pará		
Irituia		

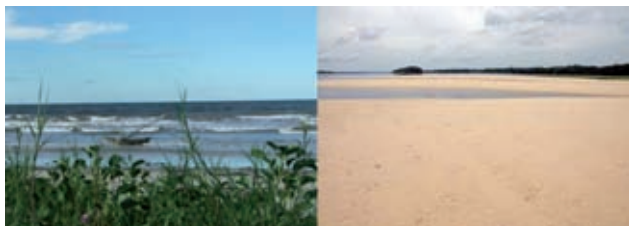
POLO	REGIÃO	MUNICÍPIO
AMAZÔNIA ATLÂNTICA	RIO CAPIM	Mãe do Rio
		Nova ESPERANÇA do Piriá
		Ourém
		Paragominas
		Rondon do Pará
		Tomé-Açu
		Ulianópolis
	RIO CAETÉ	Augusto Corrêa
		Bonito
		Bragança
		Cachoeira do Piriá
		Capanema
		Nova Timboteua
		Peixe Boi
		Primavera
		Quatipuru
		Salinópolis
		Santa Luzia do Pará
		Santarém Novo
		São João de Pirabas
Tracuateua		
Viseu		



**Figura 9.38** – Bragança. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.40** – Bujaru. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.39** – Bragança: praia de Ajuruteua. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.

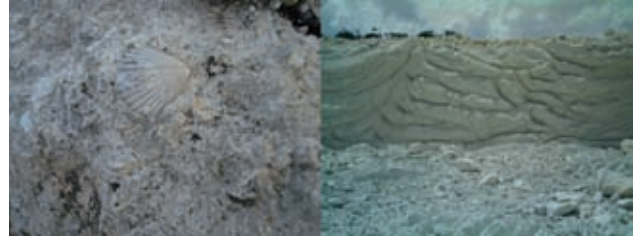


**Figura 9.41** – Capitão Poço. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.





**Figura 9.42** – Augusto Corrêa: praia do Camarauaçu. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.47** – Capanema: mina B17; calcário Pirabas. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.43** – Castanhal: Apeú e lago do Apeú. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.48** – Marapanim: praia de Marudá, dança do carimbó. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.44** – Curuçá: praia da Romana. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.49** – Marapanim: Marudá: embarcação tipo pô-pô-pô; praia do Crispim. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.45** – Irituia (balneário). Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.50** – Marapanim: Marudá: caranguejo e peixe da região. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.46** – Igarapé Açu. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.51** – Marapanim: Ilha de Maiandeuá (Algodão): lago da Princesa e praia da Princesa. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.





**Figura 9.52** – Marapanim: praia de Algodão: único meio de transporte; dunas. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.57** – Quatipuru. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.53** – Magalhães Barata: vista da orla; vista do rio Cuinarana. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.58** – Salinópolis: dunas do Atalaia; lago da Coca-Cola. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.54** – Maracanã: vista da praia. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.59** – Salinópolis: praia do Atalaia; praia do Farol Velho. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.55** – Paragominas: parque ambiental. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.60** – Santa Maria das Barreiras. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.56** – Serra dos Carajás. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.61** – São Caetano de Odivelas. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.





**Figura 9.62** – São João da Ponta. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.63** – São Miguel do Guamá. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.64** – Terra Alta: rio Guamá e nascente do rio Marapanim. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.65** – Aurora do Pará. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.66** – São João de Pirabas: ilha do Rei Sabá; fóssil. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.67** – Ourém: orla do rio Guamá. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.68** – Tomé-Açu. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.69** – Vigia: Igreja de Pedra. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.

## Polo Tapajós

O Polo Tapajós (Quadro 9.5) está localizado no lado ocidental do estado do Pará, na região do baixo Amazonas, e se constitui em um dos mais belos e conservados rincões da Amazônia (Figuras 9.70 a 9.96).

O Polo Tapajós sofre influência direta de três corredores de comunicação que convergem para Santarém: rio Amazonas, rio Tapajós e parte da Transamazônica, conjugada com o trecho Itaituba-Rurópolis-Santarém da BR-163 (Santarém-Cuiabá).

A área referente a esse polo é formada por florestas densas de matas de terra firme, várzea, igapós e campos naturais. Sua superfície é entrecortada por enorme e complexa rede hidrográfica de rios, furos, lagos e igarapés extremamente piscosos, reunindo vários ecossistemas biológicos de diversificada riqueza animal e vegetal. Tem como base produtiva o extrativismo mineral e vegetal e, com destaque, os sítios arqueológicos e elevado potencial para pesca esportiva. Quando protegida da degradação,

essas áreas são consideradas as maiores indutoras do fluxo mundial de ecoturismo. Em decorrência, os benefícios obtidos pelo Pará também se estenderão à Amazônia, como um todo, a partir do incremento desse fluxo.

As cidades principais são: Belterra, Alenquer, Itaituba, Monte Alegre, Oriximiná, Óbidos e Santarém.

No Polo Tapajós, há o encontro das águas dos rios Amazonas e Tapajós, em frente à cidade de Santarém, onde, a cerca de 30 km, situa-se Alter do Chão, considerada, dentre outros, pelo jornal inglês The Guardian, a praia mais bonita do Brasil.

Na serra do Ererê, em Monte Alegre, há um conjunto arqueológico com pelo menos 11 mil anos.

Próximo à cidade de Itaituba, ocorrem belas cachoeiras e formações rochosas, possibilitando turismo de aventura e a prática de esportes radicais, como rapel e escalada. Além de exuberante fauna e flora, a região “tapajós” conta com o Parque Nacional da Amazônia, localizado a 65 km do centro da cidade de Itaituba, considerado um dos maiores atrativos turísticos.

**Quadro 9.5** – Municípios e regiões que compõem o polo Tapajós.

POLO	REGIÃO	MUNICÍPIO
TAPAJÓS	BAIXO AMAZONAS	Juruti
		Santarém
		Belterra
		Prainha
		Monte Alegre
		Alenquer
		Curuá
		Óbidos
		Oriximiná
		Terra Santa
		Faro
		Almeirim
		TAPAJÓS
	Itaituba	
	Jacareacanga	
	Novo Progresso	
	Rurópolis	
	Viseu	



**Figura 9.70** – Alenquer: Cidade dos Deuses (antiga Morada dos Deuses). Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.71** – Alenquer/Monte Alegre. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.





**Figura 9.72** – Alenquer/Monte Alegre: cavernas. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.73** – Cachoeira Vale do Paraíso, entre Alenquer e Monte Alegre. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.74** – Alenquer/Monte Alegre: esculturas eólicas. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.75** – Monte Alegre: pinturas e pinturas rupestres (11 mil anos). Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.76** – Almeirim: cachoeira de Santo Antônio. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.77** – Aveiro. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.





**Figura 9.78** – Belterra. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.79** – Itaituba: caverna Paraíso, a maior da Amazônia. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



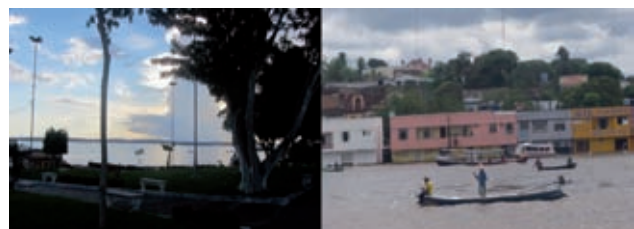
**Figura 9.80** – Itaituba. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.83** – Novo Progresso: Prainha. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



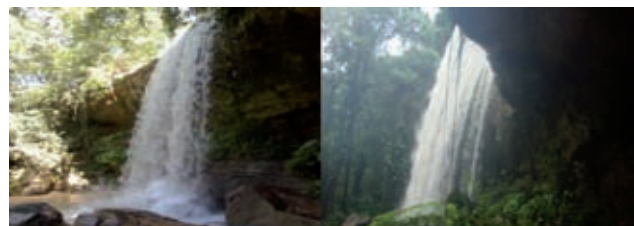
**Figura 9.81** – Juruti. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.84** – Oriximiná: orla. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.82** – Óbidos: cachoeira do Pancada (ou Curumu). Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.85** – Oriximiná: cachoeira do Jutuarana e cachoeira Porteira. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.





**Figura 9.86** – Santarém: orla. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.87** – Santarém: encontro dos rios Tapajós e Amazonas. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.88** – Cachoeira do Aruá. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.89** – Santarém: praia de Alter do Chão. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.91** – Santarém: ilha do Amor. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.90** – Santarém: praia de Alter do Chão. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.92** – Praia do Pajuçara: margem direita do rio Tapajós. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.93** – Praia Ponta de Pedra. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.95** – Trairão: cachoeira e Pedra do Morro. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.94** – Terra Santa: sítio arqueológico e praia Cajual. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.96** – Viseu. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.

### Polo Araguaia Tocantins

O Polo Araguaia Tocantins (Quadro 9.6) é constituído pelos municípios das regiões Araguaia, Carajás, Tocantins e Lago de Tucuruí (Figuras 9.96 a 9.127).

O Araguaia Tocantins é classificado como um dos melhores rios para a pesca esportiva. Voltado para o turismo de aventura, é palco, anualmente, de um torneio de pesca, no lago da usina de Tucuruí. Ocorrem, ainda, praias fluviais, disponíveis ao público no verão amazônico.

**Quadro 9.6** – Municípios e regiões que compõem o polo Araguaia Tocantins.

POLO	REGIÃO	MUNICÍPIO
ARAGUAIA TOCANTINS	ARAGUAIA	Água Azul do Norte
		Bannach
		Conceição do Araguaia
		Cumarú do Norte
		Floresta do Araguaia
		Ourilândia do Norte
		Pau d'Arco
		Redenção
		Rio Maria
		Santa Maria das Barreiras
		Santana do Araguaia
		São Félix do Xingu
		Sapuçaia
		Tucumã
	Xinguara	
	CARAJÁS	Bom Jesus do Tocantins
		Brejo Grande do Araguaia
		Canaã dos Carajás
		Curionópolis
		Eldorado dos Carajás
Marabá		



POLO	REGIÃO	MUNICÍPIO
ARAGUAIA TOCANTINS	CARAJÁS	Palestina do Pará
		Parauabepas
		Piçarra
		São Domingos do Araguaia
		São Geraldo do Araguaia
		São João do Araguaia
	TOCANTINS	Acará
		Baião
		Abaetetuba
		Barcarena
		Cametá
		Igarapé-Miri
		Limoeiro do Ajuru
		Mocajuba
		Moju
		Oeiras do Pará
		Tailândia
	LAGO DE TUCURUÍ	Breu Branco
		Goianésia do Pará
		Itupiranga
		Jacundá
Nova Ipixuna		
Novo Repartimento		
Tucuruí		



**Figura 9.97** – Água Azul do Norte: cachoeira e balneário. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.99** – Barcarena: vila dos Cabanos. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.98** – Baião. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.100** – Barcarena: praia do Caripi. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.101** – Breu Branco. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.106** – Curionópolis: Serra Pelada (vista do garimpo). Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



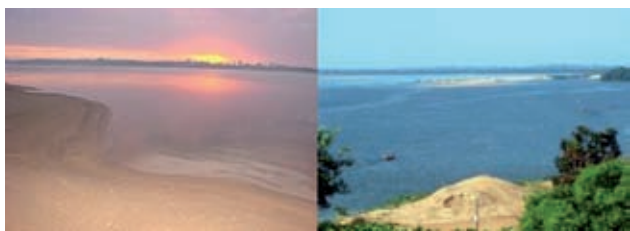
**Figura 9.102** – Cametá. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.107** – Eldorado dos Carajás. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.103** – Conceição do Araguaia: cachoeiras. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.108** – Itupiranga: praia do rio Tocantins. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.104** – Conceição do Araguaia: praia das Gaivotas: banco de areia. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.109** – Jacundá. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.105** – Conceição do Araguaia: rio Araguaia. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.110** – Limoeiro do Ajuru: caverna Limoeiro e cachoeira. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.





**Figura 9.111** – Marabá: orla e praia do Tucunaré. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.112** – Mocajuba: praia dos Gorgons; ilha do Camaleão; praia rio Tocantins. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.113** – Moju. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.116** – Palestina do Pará. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.114** – Nova Ipixuna. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.117** – Piçarra. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.115** – Parauapebas. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.118** – Cachoeira do Jatobá. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.119** – Santana do Araguaia. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.120** – São Geraldo do Araguaia: rio Araguaia. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.121** – São Geraldo do Araguaia: Serra das Andorinhas. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.122** – São João do Araguaia. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.123** – Tucumã. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.124** – Tucuruí: a maior usina hidrelétrica em potência 100% brasileira. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.125** – Tucuruí: lago da usina; eclusas; vista parcial da cidade de Tucuruí. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.126** – Tucuruí: lago da usina; eclusas; vista parcial da cidade de Tucuruí. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.127** – Xinguara. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



## Polo Marajó

O Polo Marajó (Quadro 9.7) é constituído pelos municípios que compõem a Região Marajó (Figuras 9.128 a 9.136). É o polo turístico paraense com maior desenvolvimento do turismo ecológico, na maior ilha fluvial do mundo, localizada na foz do rio Amazonas, no estado do Pará.

A Ilha de Marajó representa um verdadeiro santuário ecológico; digno de ser preservado e visitado. É a maior ilha fluvial-marítima do mundo, com 49.602 km<sup>2</sup>, dentre as quase três mil ilhas que formam o arquipélago de mesmo nome e que fazem fronteira – e uma grande barreira – entre as águas da Bacia Amazônica e o oceano Atlântico.

As atrações vão desde a pororoca até a culinária. As praias do Marajó são recantos frequentemente visitados por estrangeiros e já foi tema de diversas reportagens para a televisão europeia.

Marajó também é praia de água salobra, mistura do Atlântico com o Amazonas, a exemplo de Salvaterra e Soure, as duas cidades mais importantes da ilha. Possui belas praias, campos e florestas, com grande variedade de animais terrestres, pássaros e peixes que convivem harmoniosamente, em um cenário deslumbrante, onde se veem cavalos marajoaras, guarás pescando, búfalos tomando ba-

nho, jacarés espreitando, dentre tantos outros animais que compõem a riquíssima fauna. É a terra do açai, que é nativo da ilha e hoje tem a sua produção incentivada; dos ritmos quentes, como o carimbó, o siriri e o lundu; e da cerâmica marajoara, que é uma das expressões mais interessantes da cultura popular, herdada das civilizações pré-colombianas que habitaram a ilha até a segunda metade do século XIV.

Cercada pelo oceano Atlântico e pelos rios Amazonas e Pará, a ilha recebe a influência da pororoca – fenômeno ocasionado pela elevação súbita das águas do mar, junto à foz, durante a mudança das fases da lua –, provocada pelo encontro das marés ou de correntes contrárias, formando ondas com até seis metros de altura. Sua porção oriental apresenta uma planície coberta por campos e savanas, enquanto a ocidental é formada por florestas densas.

Durante o período de chuvas intensas, de janeiro a maio, parte do território do Marajó fica inundada. Isso propicia ótimas condições para a criação de búfalos e faz com que a ilha abrigue o maior rebanho do Brasil. Esses animais são usados, normalmente, no transporte, e sua carne e leite são amplamente utilizados na culinária local, para alguns dos pratos típicos. São distinguidos por seus baixos teores de gordura e rico conteúdo em vitaminas. Dentre outros, essa região exporta couro, carne, laticínio e artesato.

**Quadro 9.7** – Municípios e região que compõem o polo Marajó.

POLO	REGIÃO	MUNICÍPIO
MARAJÓ	MARAJÓ	Afuá
		Anajás
		Bagre
		Breves
		Cachoeira do Arari
		Chaves
		Curralinho
		Melgaço
		Muaná
		Ponta de Pedras
		Portel
		Salvaterra
		Santa Cruz do Arari
		São Sebastião Da Boa Vista
Soure		



**Figura 9.128** – Ilha do Marajó: praia Grande; praia do Pesqueiro.  
Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.129** – Ilha do Marajó: praia de Joanes; praia de Pinheiro.  
Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.130** – Ilha do Marajó: cavalos; flamingos; búfalos. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.131** – Bagre. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.134** – Melgaço. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.132** – Chaves: pororoca. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.135** – Muaná. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.133** – Joanes. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.136** – Portel. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.

## Polo Xingu

O Polo Xingu (Quadro 9.8) é constituído por municípios localizados na bacia do rio Xingu (Figuras 9.137 a 9.149). Trata-se de uma microrregião que contém 11 municípios, dentre os quais se destaca Altamira, por ser o maior do mundo em extensão territorial.

O polo Xingu apresenta belas praias fluviais e um expressivo patrimônio cultural preservado pelos descen-

dentes de índios e portugueses da região. O rio que dá nome ao polo é um dos principais corredores de pesca esportiva do estado. A paisagem da região é completada por cachoeiras, corredeiras e praias de água doce. Chama atenção a riqueza faunística, representada por peixes ornamentais.

A região do Xingu foi escolhida para implantação da Hidrelétrica de Belo Monte – a terceira maior do mundo –, no trecho denominado Volta Grande do Xingu.

**Quadro 9.8** – Municípios e regiões que compõem o polo Xingu.

POLO	REGIÃO	MUNICÍPIO
XINGU	XINGU	Altamira
		Anapu
		Brasil Novo
		Gurupá
		Medicilândia
		Pacajá
		Placas
		Porto do Moz
		Senador José Porfírio
		Uruará
		Vitória do Xingu



**Figura 9.137** – Altamira; rio Xingu; orla da cidade. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.138** – Distrito de Altamira: Castelo dos Sonhos. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.





**Figura 9.139** – Brasil Novo/Medicilândia: caverna Planaltina. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



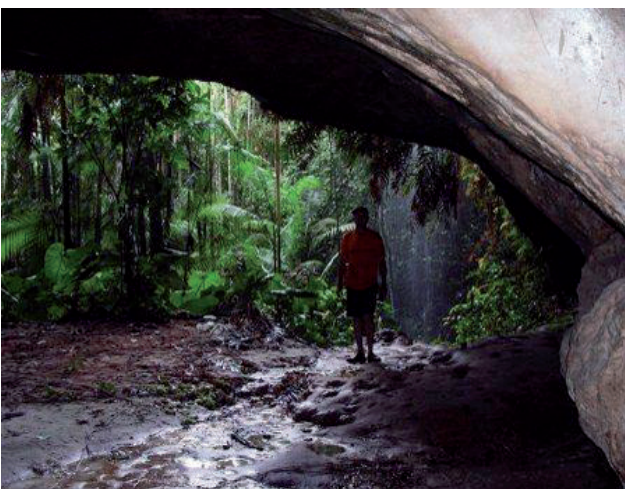
**Figura 9.142** – Medicilândia. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.140** – Brasil Novo/Medicilândia: cachoeira Planaltina. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.143** – Anapu. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.141** – Brasil Novo/Medicilândia: Caverna Limoeiro. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.144** – Gurupá. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.





**Figura 9.145** – Placas: rio Curuauna: Lagoa Azul. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



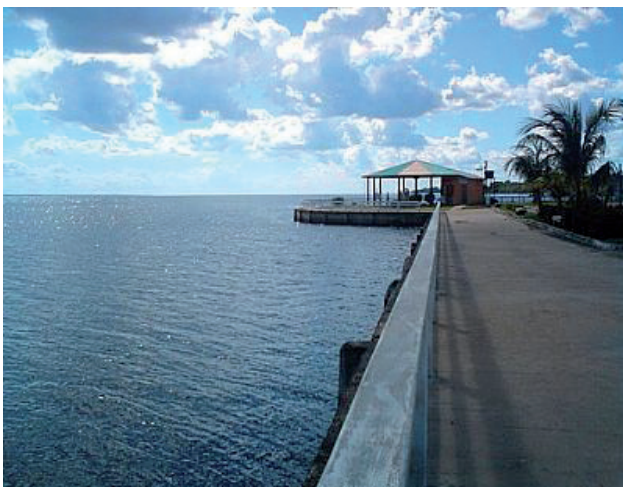
**Figura 9.148** – Uruará: rio Iriri. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.146** – Porto de Moz: praia. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.149** – Vitória do Xingu. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.



**Figura 9.147** – Senador José Porfírio: rio Xingu. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/estado/PA/>>.

## Patrimônio Geocoturístico

### Sítios geológicos (paleontológicos)

A Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), nos volumes I (SCHOBENHAUS et al., 2002) e II (WINGE et al., 2009) de “Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil”, reconheceu, oficialmente, a existência de dois sítios de destaque da geodiversidade brasileira em território paraense, o que se reveste de especial importância para o desenvolvimento do turismo científico na região. Considerando-se, ainda, a relativa escassez de estudos no Pará, aponta para um futuro promissor na medida em que os estudos geológicos vierem a prosseguir. Segundo relatos de autores de projetos de antigos levantamentos geológicos e de inúmeros pesquisadores em geociências, muitos ainda em atividade, pode-se projetar que o estado do Pará será referência em termos de sítios de elevado interesse geocológico.

Os dois sítios referidos dizem respeito ao expressivo registro de fósseis do Cenozoico marinho (SIGEP-46), na ilha de Fortaleza (1°0,75'S e 47°15'W), onde se localiza a seção-tipo, e os depósitos fossilíferos lagunares, marinhos, da Formação Pirabas, existentes na Mina B-17 (01°02'48"S; 47°09'18"W), no município de Capanema (SIGEP-121 – Polo Amazônia Atlântica – Região Rio Caeté).

Os depósitos da ilha de Fortaleza foram descobertos por Ferreira Penna (1876) e, desde então, têm sido objeto de diversos trabalhos científicos. Inexiste legislação protetora com respeito a esses sítios, mas sua importância requer urgentes providências nesse sentido. A ilha localiza-se nos limites municipais de São João de Pirabas, zona do Salgado, no nordeste do estado do Pará. O acesso é viável pela BR-316, até Capanema, depois pela rodovia estadual PA-124 em direção a Salinópolis; posteriormente, pela PA-440 até a sede de São João do Pirabas; desse ponto é preciso tomar um barco, até a ilha de Fortaleza (Polo Amazônia Atlântica – Região Rio Caeté).

A Mina B-17 teve seu início em 1996. Ela está localizada a cerca de 200 km de Belém, na rodovia que liga Capanema a Salinópolis. Ressalta-se a importância do pacote sedimentar para exploração do calcário, tendo em vista que ele revela sucessivos horizontes estratigráficos, além de novas descobertas científicas.

Além desses dois pontos, reconhecidamente notáveis, há outros níveis da coluna estratigráfica que vêm despertando interesse junto à comunidade científica. Assim, ao que tudo indica, com o avanço das pesquisas, muito deles virão ocupar o status de alto interesse científico.

### Sítios arqueológicos

O Pará representa um estado com intenso povoamento indígena, pré-ocupação europeia, com inúmeros e ricos testemunhos dessa ocupação original. As pesquisas arqueológicas vêm revelando um imenso registro desse patrimônio cultural, ao que se somam outros aspectos de uma herança cultural marcante na sociedade paraense. Os estudos arqueológicos destacam diversos sítios de ocupação dos antigos habitantes, além do especial interesse para estudos paleoecológicos, sobretudo no que tange às mudanças climáticas.

### Cavernas

A espeleologia é um aspecto da geodiversidade de especial importância que desperta, dentre outros, o interesse turístico. As cavernas são ambientes apropriados a investigações arqueológicas, paleontológicas, paleoclimáticas e biológicas. No estado do Pará estão registradas inúmeras ocorrências desse tipo de ambiência.

### Geoparques

A CPRM/SGB estuda a possibilidade de implantação de dois geoparques no Pará – um no Domo de Monte Alegre,

no município homônimo, e outro no local denominado Cidade dos Deuses, no município de Alenquer. Em ambos encontram-se grutas e impressionantes formações rochosas erodidas pelo vento, que ali esculpiu gigantescas figuras, onde povos primitivos fizeram inscrições e desenhos ainda não decifrados; às inscrições acresce-se a farta presença de artefatos líticos e cerâmicos.

### Patrimônio geomineiro

Por seu potencial mineral e florescente indústria mineral, que lhe conferem o lugar de segundo maior produtor mineral do Brasil, é de se prever que no Pará se tipifiquem diversos sítios representativos das atividades de exploração mineral, os quais, além do evidente interesse museológico, tendem a se transformar em alternativas turísticas, em virtude da implantação dos projetos previstos nos planos de recuperação ambiental.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O mundo se refere à Amazônia com um misto de fascínio e reverência. A chamada *Amazon rainforest*, um santuário da diversidade biológica, é a maior das fronteiras verdes intocadas do planeta. Situa-se, quase que completamente, no território brasileiro e, em grande parte, no estado do Pará. Curiosamente, nas últimas décadas, mais estrangeiros que brasileiros se aventuraram a conhecê-la – quadro que, agora, começa a se inverter.

Sem dúvida, ainda há muito a ser realizado no que concerne ao levantamento e detalhamento do patrimônio geológico do estado do Pará, para que se possa patentear-lo como plena fonte de benefícios. Por outro lado, deve-se ponderar que se trata de um estado gigante, com 1.240.000 km<sup>2</sup>; um “estado novo”, cuja ocupação populacional e abertura para o restante do país veio a se configurar, com plenitude, apenas na década de 1960, após a construção da Rodovia Belém-Brasília.

O Pará é uma das Unidades da Federação com um dos mais ricos patrimônios ambientais. Por tudo isso, os investimentos nessa região são de fundamental importância para o conhecimento geoturístico e geocientífico paraense, eminentemente quanto aos potenciais geomineiro, espeleológico e paleontológico e aos diversos ambientes geológicos do Quaternário: Pleistoceno-Holoceno.

As belas e exóticas paisagens, que destacam a abundância de ambientes aquáticos, fluviais, lagunares e marinhos, precisam ser divulgadas mais intensamente. O litoral é um inequívoco tesouro para o desenvolvimento turístico, marcado por um fundo marinho raso, com pequena declividade, águas quentes e praias com dunas e mangues. A piscosidade das águas marinhas representa outro aspecto interessante, prestando-se tanto à prática comercial quanto amadora ou esportiva. A amplitude das marés, que alcançam mais de cinco

metros, provoca o fenômeno da “pororoca” em diversos rios, conquanto se dê maior notoriedade à que ocorre em São Domingos do Capim.

Na área continental, a farta pluviosidade promove o desenvolvimento de grandes rios, para os quais aflui intenso número de caudais “menores”, representados por incontáveis praias e lagunas, em cujas margens se localizam cidades e vilarejos.

A riqueza em ambientes geológico-geomorfológicos fez com que se formassem centenas ou milhares de cavernas e esculturas originárias da erosão eólica. Esses locais foram aproveitados pelos primeiros habitantes e seus legados são abundantes, na forma de inscrições e depósitos de artefatos.

Não obstante a Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), até então, tenha reconhecido apenas dois sítios geológicos, a lógica propugna pela existência de uma série de muitos outros pontos, que se deverão agregar ao patrimônio oficial. A Província Mineral de Carajás, por exemplo, é um monumento geológico de dimensão mundial. Ademais, o ambiente estuário do rio Amazonas hospeda o arquipélago do Marajó, do qual a ilha homônima é a maior ilha fluvial do mundo. Sem que se possa esquecer, naturalmente, da porção sudoeste do estado, onde se encontram paisagens deslumbrantes, formadas por feições tabuliformes da serra do Roncador, bordejadas por cachoeiras espetaculares.

Por outro lado, a íntima relação entre país-terra-homem, sendo o homem moldado na medida de seu território, não nos permite esquecer que a cultura paraense está ligada, intrinsecamente, às características de seu território, morfologia, clima, vegetação e, sobretudo, à abundância dos ambientes aquáticos, que se conjugam e harmonizam com privilegiado esplendor. O homem, aliando-se ao seu espaço territorial, vai conformar um patrimônio cultural-psicológico estável, físico-materialmente mais palpável e fidedigno.

Assim, além das ponderações humanísticas, o patrimônio cultural dos povos pré-cabralianos ou *povos da floresta* – por muito tempo os únicos habitantes – merece estar no centro das considerações. Mas não se há de esquecer de que todas as culturas vêm se desenvolvendo a partir da profunda integração com o meio natural, ainda que em diferentes níveis de tecnologia. Desse modo, deve estar implícito, com respeito ao ambiente, o seu papel na formação do homem e na formulação do futuro desse grande estado brasileiro.

Por conseguinte, é indeclinável que se faça a escolha certa quanto às bases estratégicas para construção desse futuro, para o qual se espera, antes de tudo, o devido valor quanto às potencialidades dos ecossistemas naturais e humanos, já grandemente alterados. A harmonia entre os recursos sociais e os recursos naturais deve constituir-se na diretriz do desenvolvimento. Igualmente, não se há de esquecer que as decisões e atitudes precisam sempre

estar compatíveis com um cenário de curto, médio e longo prazo. Para tanto, no estado do Pará, exacerbasse a inerente opção pelo desenvolvimento sustentável alicerçado por uma visão amazônica.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Decreto-lei n. 25, de 30 de novembro de 1937. Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional. **Diário Oficial [da] União**, Rio de Janeiro, 06 dez. 1937.
- BRASIL. Constituição (1946). Constituição dos Estados Unidos do Brasil. **Diário Oficial [da] União**, Rio de Janeiro, 19 set. 1946.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 05 out. 1988.
- IPHAN. **Plano de preservação de sítio histórico urbano**: termo geral de referência. Brasília: IPHAN, 2003. 21 p.
- PARÁ. Governo do Estado. **Plano de desenvolvimento turístico do estado do Pará**. Belém: PARATUR/THX Consultoria, 2001a. (Parte I: Diagnóstico).
- PARÁ. Governo do Estado. **Plano de desenvolvimento turístico do estado do Pará**. Belém: PARATUR/THX Consultoria, 2001b. (Parte II: Objetivos e estratégias).
- PARÁ. Secretaria Executiva de Cultura. Departamento de Patrimônio Histórico, Artístico e Cultural. **Tombamento lei 5.629**. Belém: SECULT, 2002. 39 p.: il. (Série Informar para Preservar, 2).
- PARÁ. Secretaria Executiva de Cultura. Departamento de Patrimônio Histórico, Artístico e Cultural. 2. ed. rev. e ampl. Belém: SECULT, 2004. 39 p.: il. (Série Informar para Preservar, 1).
- PARÁ. Secretaria Executiva de Cultura. Departamento de Patrimônio Histórico, Artístico e Cultural. **Patrimônio cultural tombado**: 1982-1989. Belém: SECULT, 2004. 66 p.: il. (Série Informar para Preservar, 3).
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M.L.C. (Eds.). **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. Brasília: DNPM/CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. v. 1.
- UNESCO. Carta internacional sobre conservação e restauração de monumentos e sítios (Carta de Veneza). Veneza, Itália: In. CONGRESSO INTERNACIONAL

DE ARQUITETOS E TÉCNICOS DOS MONUMENTOS HISTÓRICOS, 2., 1964, Veneza, Itália. **Anais...** Conselho Internacional de Monumentos e Sítios, 1964. Disponível em: <<http://www.iphan.gov.br>>. Acesso em: 07 jan. 2005.

WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C.R.G.; FERNANDES, A.C.S.; BERBERT-BORN, M.; QUEIROZ, E.T.; CAMPOS, D.A. (Eds.). **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. Brasília: CPRM, 2009. v. 2, 516 p.: il.; 30 cm.



# 10

## METODOLOGIA, ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS E ORGANIZAÇÃO EM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Maria Angélica Barreto Ramos (*angelica.barreto@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

Marcelo Eduardo Dantas (*marcelo.dantas@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

Antônio Theodorovicz (*theodoro@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

Valter José Marques (*valter.marques@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

Vitório Orlandi Filho (*vitórioorlandi@gmail.com*)<sup>2</sup>

Maria Adelaide Mansini Maia (*adelaide.maia@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff (*pedro.augusto@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CPRM – Serviço Geológico do Brasil

<sup>2</sup> Consultor

### SUMÁRIO

Introdução .....	167
Procedimentos metodológicos.....	167
Definição dos domínios e unidades geológico-ambientais .....	167
Atributos da geologia .....	168
Deformação .....	168
Tectônica: dobramentos .....	168
Tectônica: fraturamento (juntas e falhas) / cisalhamento (padrão de distribuição) .....	168
Tipo de Deformação .....	168
Aspecto .....	168
Comportamento Reológico .....	168
Resistência ao intemperismo físico .....	168
Resistência ao intemperismo químico.....	169
Grau de coerência.....	169

Características do manto de alteração potencial .....	169
Porosidade primária .....	169
Característica da unidade lito-hidrogeológica .....	170
Atributos do relevo .....	170
Modelo digital de terreno – Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) .....	172
Mosaico Geocover 2000 .....	173
Análise da drenagem .....	173
Kit de dados digitais .....	173
Trabalhando com o kit de dados digitais .....	175
Estruturação da base de dados: Geobank.....	175
Descrição dos Atributos dos Campos do Arquivo Lito - Dicionário de Dados .....	176
Campos do Arquivo Lito Geológico-Ambiental.....	177
Referências.....	179

## INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as diversas etapas que envolveram o tratamento digital dos dados no desenvolvimento do SIG Mapa Geodiversidade do Estado do Pará, do Programa Geologia do Brasil (PGB) da CPRM/SGB, integrante do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC 2009), que tem como objetivo a geração de produtos voltados para o ordenamento territorial e o planejamento dos setores mineral, transportes, agricultura, turismo e meio ambiente.

As informações produzidas estão alojadas no GeoBank (sistema de bancos de dados geológicos corporativo da CPRM/SGB), a partir das informações geológicas multiescalares contidas em suas bases Litoestratigrafia e Recursos Minerais, além da utilização de sensores como o Modelo Digital de Terreno SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), do Mosaico GeoCover 2000 e das informações de estruturas e drenagem (RAMOS et al., 2005; SCHOBENHAUS et al., 2004; THEODOROVICZ et al., 1994, 2001, 2002, 2005; TRAININI e ORLANDI, 2003; TRAININI et al., 1998, 2001).

Do mesmo modo que na elaboração do Mapa Geodiversidade do Brasil (escala 1:2.500.000), também foram utilizadas, para o Mapa Geodiversidade do Estado do Pará, informações temáticas de infraestrutura, recursos minerais, unidades de conservação, terras indígenas e áreas de proteção integral e de desenvolvimento sustentável estaduais e federais, dados da rede hidrológica e de água subterrânea, áreas oneradas pela mineração, gasodutos e oleodutos, dados paleontológicos, geoturísticos e paleontológicos.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Assim como para o Mapa Geodiversidade do Brasil e do SIG Geodiversidade ao Milionésimo, os levantamentos estaduais foram elaborados seguindo as orientações contidas em roteiro metodológico preparado para essa fase, apoiados em *kits* digitais personalizados para cada estado, que contêm todo o material digital (imagens, arquivos vetoriais etc.) necessário ao bom desempenho da tarefa.

A sistemática de trabalho adotada permitiu a continuação da organização dos dados na Base Geodiversidade inserida no GeoBank, desde a fase do recorte ao milionésimo até os estaduais e, sucessivamente, em escalas de maior detalhe (em trabalhos futuros), de forma a possibilitar a conexão dos dados vetoriais aos dados alfanuméricos. Em uma primeira fase, com auxílio dos elementos-chave descritos nas tabelas dos dados vetoriais, é possível vincular facilmente mapas digitais ao GeoBank, como na montagem de SIGs, em que as tabelas das *shapefiles* (arquivos vetoriais) são produtos da consulta sistemática ao banco de dados.

## DEFINIÇÃO DOS DOMÍNIOS E UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS

O estabelecimento de domínios geológico-ambientais e suas subdivisões para o estado do Pará se insere nos critérios adotados para a definição dos domínios e unidades geológico-ambientais do Brasil, com o objetivo de se agrupar conjuntos estratigráficos de comportamento semelhante frente ao uso e ocupação dos terrenos. Da mesma forma, o resultado obtido não foi um mapa geológico ou tectônico, mas sim um novo produto, denominado Mapa Geodiversidade do Estado do Pará, no qual foram inseridas informações de cunho ambiental, muito embora a matéria-prima para as análises e agrupamentos tenha sido proveniente das informações contidas nas bases de dados de Litoestratigrafia e Recursos Minerais do GeoBank, bem como na larga experiência em mapeamento e em projetos de ordenamento e gestão do território dos profissionais da CPRM/SGB.

Em alguns casos foram agrupadas, em um mesmo domínio, unidades estratigráficas com idades diferentes, desde que a elas se aplicasse um conjunto de critérios classificatórios, como: posicionamento tectônico, nível crustal, classe da rocha (ígnea, sedimentar ou metamórfica), grau de coesão, textura, composição, tipos e graus de deformação, expressividade do corpo rochoso, tipos de metamorfismo, expressão geomorfológica ou litotipos especiais. Se, por um lado, agruparam-se, por exemplo, quartzitos friáveis e arenitos friáveis, por outro foram separadas formações sedimentares muito semelhantes em sua composição, estrutura e textura, quando a geometria do corpo rochoso apontava no sentido da importância em distinguir uma situação de extensa cobertura de uma situação de pacote restrito, limitado em riftes.

O principal objetivo para tal compartimentação é atender a uma ampla gama de usos e usuários interessados em conhecer as implicações ambientais decorrentes do embasamento geológico. Para a elaboração do Mapa Geodiversidade do Brasil (escala 1:2.500.000), analisaram-se somente as implicações ambientais provenientes de características físico-químicas, geométricas e genéticas dos corpos rochosos. Na escala 1:1.000.000, do recorte ao milionésimo e dos estados, foram selecionados atributos aplicáveis ao planejamento e dos compartimentos de relevo, reservando-se para as escalas de maior detalhe o cruzamento com informações sobre clima, solo e vegetação.

Como a Base Geodiversidade é fruto da reclassificação das unidades litoestratigráficas contidas na Base Multiescalar Litoestratigrafia, compondo conjuntos estratigráficos de comportamento semelhante frente ao uso e à ocupação, atualmente essa base possui a estruturação em domínios e unidades geológico-ambientais apresentada no Apêndice I. Tal estruturação é dinâmica e, na medida do detalhamento das escalas, novos domínios e unidades podem ser inseridos.

## ATRIBUTOS DA GEOLOGIA

Desde a etapa do recorte ao milionésimo, para melhor caracterizar as unidades geológico-ambientais, foram selecionados atributos da geologia que permitem uma série de interpretações na análise ambiental, os quais são descritos a seguir.

### Deformação

Relacionada à dinâmica interna do planeta. Procedese à sua interpretação a partir da ambiência tectônica, litológica e análise de estruturas refletidas nos sistemas de relevo e drenagem.

Tectônica: dobramentos

- **Ausente:** sedimentos inconsolidados (aluviões, dunas, terraços, etc.).

- **Não-dobrada:** sequências sedimentares, vulcanossedimentares e rochas ígneas não-dobradas e não-metamorfizadas.

- **Pouco a moderadamente dobrada:** a exemplo das sequências sedimentares ou vulcanossedimentares.

- **Intensamente dobrada:** a exemplo das sequências sedimentares ou vulcanossedimentares complexa e intensamente dobradas e das rochas granito-gnaiss migmatíticas.

Tectônica: fraturamento (juntas e falhas)/cisalhamento (padrão de distribuição)

- **Não-fraturada:** caso das coberturas sedimentares inconsolidadas.

- **Pouco a moderadamente fraturada:** distribuição regular.

- **Pouco a moderadamente fraturada:** distribuição irregular.

- **Moderadamente a intensamente fraturada:** distribuição regular.

- **Moderadamente a intensamente fraturada:** distribuição irregular.

- **Pouco a intensamente fraturada:** distribuição regular.

- **Pouco a intensamente fraturada:** distribuição irregular.

- **Intensamente fraturada:** distribuição regular.

- **Intensamente fraturada:** distribuição irregular.

Tipo de Deformação

- Não se aplica

- Deformação rúptil

- Deformação dúctil/rúptil

- Deformação rúptil/dúctil

- Deformação dúctil

Aspecto

- Sem estruturas

- Estratificada

- Estratificada/Biogênica

- Maciça/Vesicular

- Maciça/Acamadada

- Maciça/Laminada

- Maciça

- Acamadada

- Acamadada/Filitosa

- Acamadada/Xistosa

- Xistosa/Maciça

- Filitosa/Xistosa

- Acamadamento Magmático

- Gnáissica

- Bandada

- Concrecional

- Concrecional/Nodular

- Biogênica

- Estruturas de Dissolução

- Estruturas de Colapso

Comportamento Reológico

De acordo com Oliveira e Brito (1998), as rochas podem apresentar as seguintes características reológicas (comportamento frente a esforços mecânicos):

- Comportamento Isotrópico quando as propriedades das rochas são constantes, independentemente da direção observada.

- Comportamento Anisotrópico quando as propriedades variam de acordo com a direção considerada.

As bibliotecas podem ser:

- Isotrópico - Caso dos Granitos com granulação e textura homogênea

- Anisotrópico - Caso das Unidades formadas por diversas litologias e/ou deformações heterogêneas.

Resistência ao Intemperismo Físico

Procede-se à dedução a partir da análise da composição mineral da rocha ou das rochas que sustentam a unidade geológico-ambiental.

Se for apenas um tipo de litologia que sustenta a unidade geológico-ambiental ou se forem complexos plutônicos de várias litologias, são definidas as seguintes classificações para esse atributo:

- **Baixa:** rochas ricas em minerais ferromagnesianos, arenitos, siltitos, metassedimentos argilosos, rochas ígneas ricas em micas, calcários, lateritas, rochas ígneas básico-ultrabásico-alcálicas efusivas.

- **Moderada a alta:** ortoquartzitos, arenitos silicificados, leucogranitos e outras rochas pobres em micas e em minerais ferromagnesianos, formações ferríferas, quartzitos e arenitos impuros.



- **Não se aplica:** sedimentos inconsolidados.

Se forem várias litologias que sustentam a unidade geológico-ambiental, a classificação será:

- **Baixa a moderada na vertical:** caso de coberturas pouco a moderadamente consolidadas.

- **Baixa a alta na vertical:** unidades em que o substrato rochoso é formado por empilhamento de camadas horizontalizadas, não-dobradas, de litologias de composição mineral e com grau de consolidação muito diferentes, como as intercalações irregulares de calcários, arenitos, siltitos, argilitos etc.

- **Baixa a alta na horizontal e na vertical:** sequências sedimentares e vulcanossedimentares dobradas e compostas de várias litologias; rochas gnáissico-migmatíticas e outras que se caracterizam por apresentarem grande heterogeneidade composicional, textural e deformacional lateral e vertical.

## Resistência ao Intemperismo Químico

Procede-se à dedução a partir da análise da composição mineral da rocha ou das rochas que sustentam a unidade geológico-ambiental.

Se for só um tipo de litologia que sustenta a unidade geológico-ambiental ou se forem complexos plutônicos de várias litologias, são definidas as seguintes classificações para esse atributo:

- **Baixa:** calcários, rochas básicas, ultrabásicas, alcalinas etc.

- **Moderada a alta:** ortoquartzitos, leucogranitos e outras rochas pobres em micas e em minerais ferromagnesianos, quartzitos e arenitos impuros, granitos ricos em minerais ferromagnesianos e micáceos etc.

- **Não se aplica:** aluviões.

Entretanto, se forem várias litologias que sustentam a unidade geológico-ambiental, a classificação será:

- **Baixa a moderada na vertical:** unidades em que o substrato rochoso é formado por empilhamento de camadas horizontalizadas, não-dobradas, de composição mineral e grau de consolidação semelhantes a ligeiramente diferentes e mesma composição mineralógica.

- **Baixa a alta na vertical:** unidades em que o substrato rochoso é formado por empilhamento de camadas horizontalizadas, não-dobradas, de litologias de composição mineral e grau de consolidação muito diferentes, como as intercalações irregulares de calcários, arenitos, siltitos, argilitos etc.

- **Baixa a alta na horizontal e na vertical:** sequências sedimentares e vulcanossedimentares dobradas e compostas de várias litologias; rochas gnáissico-migmatíticas e outras que se caracterizam por apresentarem grande heterogeneidade composicional, textural e deformacional lateral e vertical.

## Grau de Coerência

Refere-se à resistência ao corte e à penetração. Mesmo em se tratando de uma única litologia, deve-

-se prever a combinação dos vários tipos de grau de coerência, a exemplo dos arenitos e siltitos (Figura 10.1). Para o caso de complexos plutônicos com várias litologias, todas podem ser enquadradas em um único grau de coerência.

As classificações utilizadas nesse atributo são:

- Muito brandas

- Brandas

- Médias

- Duras

- Muito brandas a duras

Entretanto, se forem várias litologias, esta será a classificação:

- Variável na horizontal

- Variável na vertical

- Variável na horizontal e vertical

- Não se aplica

## Características do Manto de Alteração Potencial

Procede-se à dedução a partir da análise da composição mineral das rochas. Por exemplo, independentemente de outras variáveis que influenciam as características do solo, como clima, relevo e evolução do solo, o manto de alteração de um basalto será argiloso e, o de um granito, argilo-siltico-arenoso.

- **Predominantemente arenoso:** substrato rochoso sustentado por espessos e amplos pacotes de rochas predominantemente arenoquartzosas.

- **Predominantemente argiloso:** predominância de rochas que se alteram para argilominerais, a exemplo de derrames basálticos, complexos básico-ultrabásico-alcalinos, terrenos em que predominam rochas calcárias etc.

- **Predominantemente argilossiltoso:** siltitos, folhelhos, filitos e xistos.

- **Predominantemente argilo-siltico-arenoso:** rochas granitoides e gnáissico-migmatíticas ortoderivadas.

- **Variável de arenoso a argilossiltoso:** sequências sedimentares e vulcanossedimentares compostas por alternâncias irregulares de camadas pouco espessas, interdigitadas e de composição mineral muito contrastante, a exemplo das sequências em que se alternam, irregularmente, entre si, camadas de arenitos quartzosos com pelitos, com calcários ou com rochas vulcânicas.

- **Predominantemente siltoso:** siltitos e folhelhos.

- **Não se aplica**

## Porosidade Primária

Relacionada ao volume de vazios em relação ao volume total da rocha. O preenchimento deverá seguir os procedimentos descritos na Tabela 10.1.

Caso seja apenas um tipo de litologia que sustenta a unidade geológico-ambiental, observar o campo "Des-

criação”, da Tabela 10.1. Entretanto, se forem complexos plutônicos de várias litologias, a porosidade é baixa.

- **Baixa:** 0 a 15%.
- **Moderada:** de 15 a 30%.
- **Alta:** >30%.

Para os casos em que várias litologias sustentam a unidade geológico-ambiental, observar o campo “Tipo”, da Tabela 10.1.

- **Variável (0 a >30%):** a exemplo das unidades em que o substrato rochoso é formado por um empilhamento irregular de camadas horizontalizadas porosas e não-porosas.

### Característica da Unidade Lito-Hidrogeológica

São utilizadas as seguintes classificações:

- **Granular:** dunas, depósitos sedimentares inconsolidados, planícies aluviais, coberturas sedimentares etc.
- **Fissural**
- **Granular/fissural**
- **Cárstico**
- **Não se aplica**

### ATRIBUTOS DO RELEVO

Com o objetivo de conferir uma informação geomorfológica clara e aplicada ao mapeamento da geodi-

versidade do território brasileiro e dos estados federativos em escalas de análise muito reduzidas (1:500.000 a 1:1.000.000), procurou-se identificar os grandes conjuntos morfológicos passíveis de serem delimitados em tal tipo de escala, sem muitas preocupações quanto à gênese e evolução morfodinâmica das unidades em análise, assim como aos processos geomorfológicos atuantes. Tais avaliações e controvérsias, de âmbito exclusivamente geomorfológico, seriam de pouca valia para atender aos propósitos deste estudo. Portanto, termos como: depressões, cristas, pata-mares, platôs, *cuestas*, *hog-backs*, pediplanos, peneplanos, etchplanos, escarpas, serras e maciços, dentre tantos outros, foram englobados em um reduzido número de conjuntos morfológicos.

Portanto, esta proposta difere substancialmente das metodologias de mapeamento geomorfológico presentes na literatura, tais como: a análise integrada entre a compartimentação morfológica dos terrenos, a estrutura subsuperficial dos terrenos e a fisiologia da paisagem, proposta por Ab’Saber (1969); as abordagens descritivas em base morfométrica, como as elaboradas por Barbosa et al. (1977) para o Projeto RadamBrasil, e Ponçano et al. (1979) e Ross e Moroz (1996), para o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT); as abordagens sistêmicas, com base na compartimentação topográfica em bacias de drenagem (MEIS et al., 1982); ou a reconstituição de superfícies regionais de aplainamento (LATRUBESSE et al., 1998).

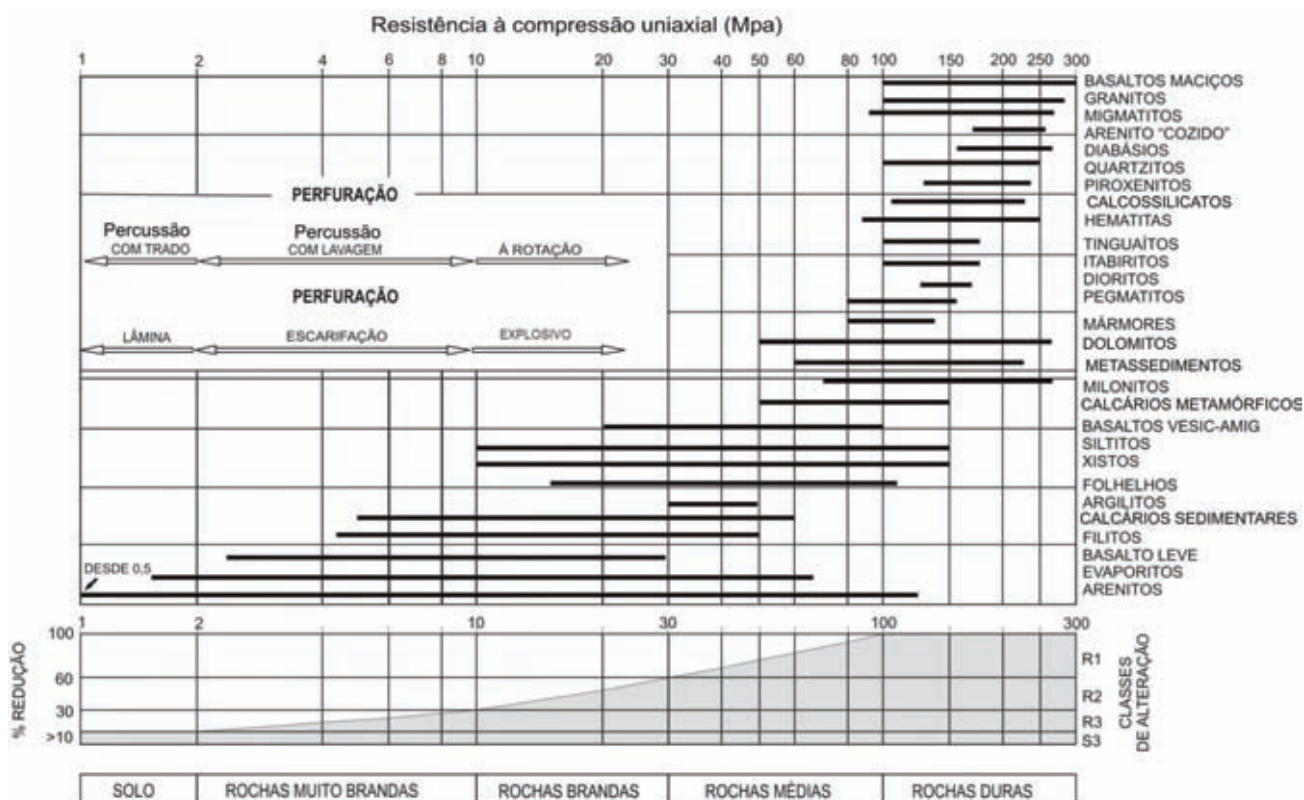


Figura 10.1 – Resistência à compressão uniaxial e classes de alteração para diferentes tipos de rochas. Fonte: Modificado de Vaz (1996).

Tabela 10.1 – Tabela de porosidade total dos diversos materiais rochosos.

Material		Porosidade Total % m					Porosidade Eficaz % m <sub>e</sub>			Obs.
Tipo	Descrição	Média	Normal		Extraordinária		Média	Máx.	Mín.	
			Máx.	Mín.	Máx.	Mín.				
Rochas maciças	Granito	0,3	4	0,2	9	0,05	<0,2	0,5	0,0	A
	Calcário maciço	8	15	0,5	20		<0,5	1	0,0	B
	Dolomito	5	10	2			<0,5	1	0,0	B
Rochas metamórficas		0,5	5	0,2			<0,5	2	0,0	A
Rochas vulcânicas	Piroclasto e tufas	30	50	10	60	5	<5	20	0,0	C, E
	Escórias	25	80	10			20	50	1	C, E
	Pedra-pome	85	90	50			<5	20	0,0	D
	Basaltos densos, fonólitos	2	5	0,1			<1	2	0,1	A
	Basaltos vesiculares	12	30	5			5	10	1	C
Rochas sedimentares consolidadas (ver rochas maciças)	Pizarras sedimentares	5	15	2	30	0,5	<2	5	0,0	E
	Arenitos	15	25	3	30	0,5	10	20	0,0	F
	Creta blanda	20	50	10			1	5	0,2	B
	Calcário detrítico	10	30	1,5			3	20	0,5	
Rochas sedimentares inconsolidadas	Aluviões	25	40	20	45	15	15	35	5	E
	Dunas	35	40	30			20	30	10	
	Cascalho	30	40	25	40	20	25	35	15	
	Loess	45	55	40			<5	10	0,1	E
	Areias	35	45	20			25	35	10	
	Depósitos glaciais	25	35	15			15	30	5	
	Silte	40	50	25			10	20	2	E
	Argilas não-compactadas	45	60	40	85	30	2	10	0,0	E
	Solos superiores	50	60	30			10	20	1	E

Fonte: Modificado de Custodio e Llamas (1983).

Nota: Alguns dados, em especial os referentes à porosidade eficaz (m<sub>e</sub>), devem ser tomados com precauções, segundo as circunstâncias locais.

**A** = Aumenta m e m<sub>e</sub> por meteorização; **B** = Aumenta m e m<sub>e</sub> por fenômenos de dissolução; **C** = Diminui m e m<sub>e</sub> com o tempo; **D** = Diminui m e pode aumentar m<sub>e</sub> com o tempo; **E** = m<sub>e</sub> muito variável, segundo as circunstâncias do tempo; **F** = Varia segundo o grau de cimentação e solubilidade.

O mapeamento de padrões de relevo é, essencialmente, uma análise morfológica do relevo com base em fotointerpretação da textura e rugosidade dos terrenos a partir de diversos sensores remotos.

Nesse sentido, é de fundamental importância esclarecer que não se pretendeu produzir um mapa geomorfológico, mas um mapeamento dos padrões de relevo em consonância com os objetivos e as necessidades de um mapeamento da geodiversidade do território nacional em escala continental.

Com esse enfoque, foram selecionados 28 padrões de relevo para os terrenos existentes no território brasileiro (Tabela 10.2), levando-se, essencialmente, em consideração:

- Parâmetros morfológicos e morfométricos que pudessem ser avaliados pelo instrumental tecnológico disponível nos kits digitais (imagens LandSat GeoCover e Modelo Digital de Terreno e Relevo Sombreado (SRTM); mapa de classes de hipsometria; mapa de classes de declividade).

- Reinterpretação das informações existentes nos mapas geomorfológicos produzidos por instituições diversas, em especial os mapas desenvolvidos no âmbito do Projeto RadamBrasil, em escala 1:1.000.000.

- Execução de uma série de perfis de campo, com o objetivo de aferir a classificação executada.

Para cada um dos atributos de relevo, com suas respectivas bibliotecas, há uma legenda explicativa (Apêndice II – Biblioteca de Relevo do Território Brasileiro) que agrupa características morfológicas e morfométricas gerais, assim como informações muito elementares e generalizadas quanto à gênese e vulnerabilidade frente aos processos geomorfológicos (intempéricos, erosivos e deposicionais).

Evidentemente, considerando a vastidão e a enorme geodiversidade do território brasileiro, assim como seu conjunto diversificado de paisagens bioclimáticas e condicionantes geológico-geomorfológicas singulares, as informações de amplitude de relevo e declividade, dentre outras, devem ser reconhecidas como valores-padrão, não

aplicáveis indiscriminadamente a todas as regiões. Não se descartam sugestões de ajuste e aprimoramento da Tabela 10.2 e do Apêndice II apresentados nesse modelo, as quais serão bem-vindas.

### MODELO DIGITAL DE TERRENO – SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION (SRTM)

A utilização do Modelo Digital de Terreno ou Modelo Digital de Elevação ou Modelo Numérico de Terreno, no contexto do Mapa Geodiversidade do Estado do Pará, justifica-se por sua grande utilidade em estudos de análise ambiental.

Um Modelo Digital de Terreno (MDT) é um modelo contínuo da superfície terrestre, no nível do solo, representado por uma malha digital de matriz cartográfica encadeada, ou *raster*, onde cada célula da malha retém um valor de elevação (altitude) do terreno. Assim, a

utilização do MDT em estudos geoambientais se torna imprescindível, uma vez que esse modelo tem a vantagem de fornecer uma visão tridimensional do terreno e suas inter-relações com as formas de relevo e da drenagem e seus padrões de forma direta. Isso permite a determinação do grau de dissecação do relevo, informando também o grau de declividade e altimetria, o que auxilia grandemente na análise ambiental, como, por exemplo, na determinação de áreas de proteção permanente, projetos de estradas e barragens, trabalhos de mapeamento de vegetação etc.

A escolha do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) [missão espacial liderada pela NASA, realizada durante 11 dias do mês de fevereiro de 2000, visando à geração de um modelo digital de elevação quase global] foi devida ao fato de os MDTs disponibilizados por esse sensor já se encontrarem disponíveis para toda a América do Sul, com resolução espacial de aproximadamente 90 x 90 m, apre-

**Tabela 10.2** – Atributos e biblioteca de padrões de relevo do território brasileiro.

Símbolo	Tipo de Relevo	Declividade (graus)	Amplitude Topográfica (m)
R1a	Planícies Fluviais ou Fluvioacustres	0 a 3	zero
R1b1	Terraços Fluviais	0 a 3	2 a 20
R1b2	Terraços Marinhas	0 a 3	2 a 20
R1b3	Terraços Lagunares	0 a 3	2 a 20
R1c1	Vertentes Recobertas por Depósitos de Encosta	5 a 45	Variável
R1c2	Leques Aluviais	0 a 3	2 a 20
R1d	Planícies Fluvio marinhas	0 (plano)	zero
R1e	Planícies Costeiras	0 a 5	2 a 20
R1f1	Campos de Dunas	3 a 30	2 a 40
R1f2	Campos de Loess	0 a 5	2 a 20
R1g	Recifes	0	zero
R2a1	Tabuleiros	0 a 3	20 a 50
R2a2	Tabuleiros Dissecados	0 a 3	20 a 50
R2b1	Baixos Platôs	0 a 5	0 a 20
R2b2	Baixos Platôs Dissecados	0 a 5	20 a 50
R2b3	Planaltos	0 a 5	20 a 50
R2c	Chapadas e Platôs	0 a 5	0 a 20
R3a1	Superfícies Aplainadas Conservadas	0 a 5	0 a 10
R3a2	Superfícies Aplainadas Degradadas	0 a 5	10 a 30
R3b	Inselbergs	25 a 60	50 a 500
R4a1	Domínio de Colinas Amplas e Suaves	3 a 10	20 a 50
R4a2	Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	5 a 20	30 a 80
R4a3	Domos em Estrutura Elevada	3 a 10	50 a 200
R4b	Domínio de Morros e de Serras Baixas	15 a 35	80 a 200
R4c	Domínio Montanhoso	25 a 60	300 a 2000
R4d	Escarpas Serranas	25 a 60	300 a 2000
R4e	Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos	10 a 45	50 a 200
R4f	Vales Encaixados	10 a 45	100 a 300



sentando alta acurácia e confiabilidade, além da gratuidade (CCRS, 2004 apud BARROS et al., 2004).

Durante a realização dos trabalhos de levantamento da geodiversidade do território brasileiro, apesar de todos os pontos positivos apresentados, os dados SRTM, em algumas regiões, acusaram problemas, tais como: valores espúrios (positivos e negativos) nas proximidades do mar e áreas onde não são encontrados valores. Tais problemas são descritos em diversos trabalhos do SRTM (BARROS et al., 2004), sendo que essas áreas recebem o valor -32768, indicando que não há dado disponível.

A literatura do tema apresenta diversas possibilidades de correção desses problemas, desde substituição de tais áreas por dados oriundos de outros produtos – o GTOPO30 aparece como proposta para substituição em diversos textos – ao uso de programas que objetivam diminuir tais incorreções por meio de edição de dados (BARROS et al., 2004). Neste estudo, foi utilizado o *software* ENVI 4.1 para solucionar o citado problema.

## MOSAICO GEOCOVER 2000

A justificativa para a utilização do Mosaico GeoCover 2000 é o fato de este se constituir em um mosaico ortoretilizado de imagens ETM+ do sensor LandSat 7, resultante do *sharpening* das bandas 7, 4, 2 e 8. Esse processamento realiza a transformação RGB-IHS (canais de cores RGB-IHS / vermelho, verde e azul – Matiz, Saturação e Intensidade), utilizando as bandas 7, 4 e 2 com resolução espacial de 30 m e, posteriormente, a transformação IHS-RGB utilizando a banda 8 na Intensidade (I) para aproveitar a resolução espacial de 15 m. Tal procedimento junta as características espaciais da imagem com resolução de 15 m às características espectrais das imagens com resolução de 30 m, resultando em uma imagem mais “aguçada”. As imagens do Mosaico GeoCover LandSat 7 foram coletadas no período de 1999/2000 e apresentam resolução espacial de 14,25 m.

Além da exatidão cartográfica, o Mosaico GeoCover possui outras vantagens, como: facilidade de aquisição dos dados sem ônus, âncora de posicionamento, boa acurácia e abrangência mundial, o que, juntamente com o MDT, torna-o imprescindível aos estudos de análise ambiental (ALBUQUERQUE et al., 2005; CREPANI e MEDEIROS, 2005).

## ANÁLISE DA DRENAGEM

Segundo Guerra e Cunha (2001), o reconhecimento, a localização e a quantificação das drenagens de uma determinada região são de fundamental importância ao entendimento dos processos geomorfológicos que governam as transformações do relevo sob as mais diversas condições climáticas e geológicas. Nesse sentido, a utilização das informações espaciais extraídas do traçado e da forma das drenagens é indispensável na análise geológico-ambiental, uma vez que são respostas/

resultados das características ligadas a aspectos geológicos, estruturais e a processos geomorfológicos, os quais atuam como agentes modeladores da paisagem e das formas de relevo.

Dessa forma, a integração de atributos ligados às redes de drenagem, como tipos de canais de escoamento, hierarquia da rede fluvial e configuração dos padrões de drenagem, a outros temas trouxe respostas a várias questões relacionadas ao comportamento dos diferentes ambientes geológicos e climáticos locais, processos fluviais dominantes e disposição de camadas geológicas, dentre outros.

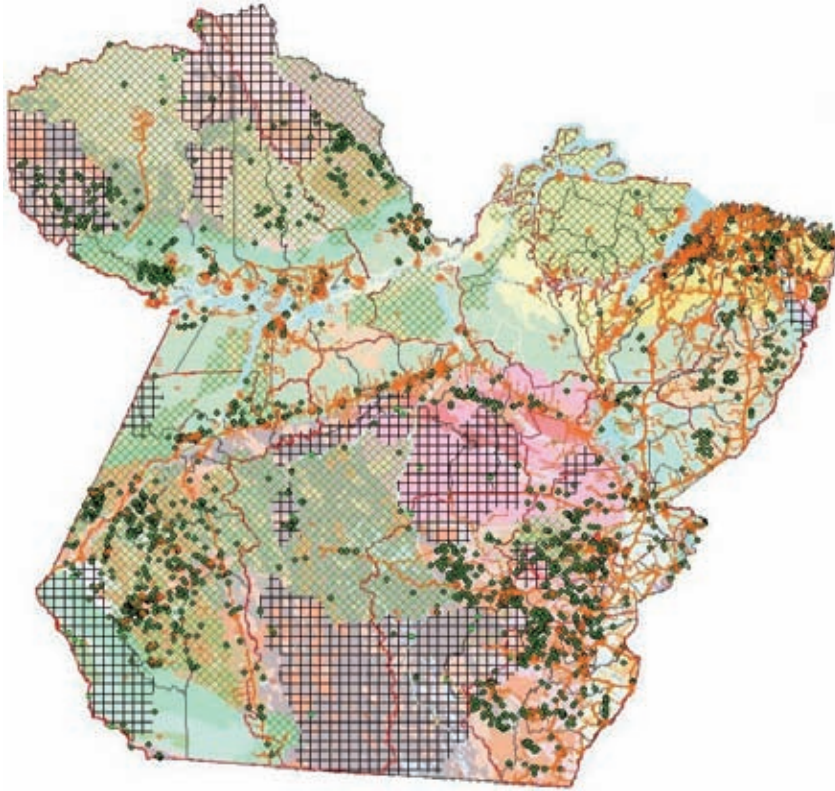
## KIT DE DADOS DIGITAIS

Na fase de execução dos mapas de geodiversidade estaduais, o *kit* de dados digitais constou, de acordo com o disponível para cada estado, dos seguintes temas:

- **Geodiversidade:** arquivo dos domínios e unidades geológico-ambientais
- **Estruturas:** arquivo das estruturas geológicas
- **Planimetria:** cidades, vilas, povoados, rodovias etc.
- **Áreas Restritivas:** áreas de parques estaduais e federais, terras indígenas, estações ecológicas etc.
- **Hidrografia:** drenagens bifilar e unifilar
- **Bacias Hidrográficas:** recorte das bacias e sub-bacias de drenagem
- **Altimetria:** curvas de nível espaçadas de 100 m
- **Campos de Óleo:** campos de óleo e gás
- **Gasodutos e Oleodutos:** arquivos de gasodutos, refinarias etc.
- **Pontos Geoturísticos:** sítios geológicos, paleontológicos etc.
- **Quilombolas:** áreas de quilombolas
- **Recursos Minerais:** dados de recursos minerais
- **Assentamento:** arquivo das áreas de assentamento agrícola
- **Áreas de Desertificação:** arquivo das áreas de desertificação
- **Paleontologia:** dados de paleontologia
- **Poços:** dados de poços cadastrados pelo Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) criado pela CPRM/SGB
- **MDT\_SRTM:** arquivo *Grid* pelo recorte do estado
- **Declividade:** arquivo *Grid* pelo recorte do estado
- **GeoCover:** arquivo *Grid* pelo recorte do estado
- **Simbologias ESRI:** fontes e arquivos *\*style* (arquivo de cores e simbologias utilizadas pelo programa ArcGis).

As figuras 10.2 a 10.4 ilustram parte dos dados do *kit* digital para o Mapa Geodiversidade do Estado do Pará.

Os procedimentos de tratamento digital e processamento das imagens *geotiff* e *MrSid* (SRTM e GeoCover, respectivamente), dos *Grids* (declividade e hipsométrico), bem como dos recortes e *reclass* dos arquivos vetoriais (litologia, planimetria, curvas de nível, recursos minerais etc.) contidos no *kit* digital foram realizados em ambiente SIG, utilizando os *softwares* ArcGis9 e ENVI 4.4.



**Figura 10.2** – Exemplo de dados do kit digital para o estado do Pará: unidades geológico-ambientais versus infraestrutura, recursos minerais e áreas de proteção ambiental.



**Figura 10.3** – Exemplo de dados do kit digital para o estado do Pará: unidades geológico-ambientais versus relevo sombreado (MDT\_SRTM).



**Figura 10.4** – Exemplo de dados do kit digital para o estado do Pará: modelo digital de elevação (SRTM) versus drenagem bifilar.

### Trabalhando com o *Kit de Dados Digitais*

Na metodologia adotada, a unidade geológico-ambiental, fruto da reclassificação das unidades geológicas (*reclass*), é a unidade fundamental de análise, na qual foram agregadas todas as informações da geologia possíveis de serem obtidas a partir dos produtos gerados pela atualização da cartografia geológica dos estados, pelo SRTM, mosaico GeoCover 2000 e drenagem.

Com a utilização dos dados digitais contidos em cada DVD-ROM, foi estruturado, para cada folha ou mapa estadual, um **Projeto.mxd** (conjunto de *shapes* e *leiaute*) organizado no software ArcGis9.

No diretório de trabalho havia um arquivo *shapefile*, denominado **geodiversidade\_estado.shp**, que correspondia ao arquivo da geologia onde deveria ser aplicada a reclassificação da geodiversidade.

Após a implantação dos domínios e unidades geológico-ambientais, procedia-se ao preenchimento dos parâmetros da geologia e, posteriormente, ao preenchimento dos campos com os atributos do relevo.

As informações do relevo serviram para melhor caracterizar a *unidade geológico-ambiental* e também para subdividi-la. Porém, essa subdivisão, em sua maior parte, alcançou o nível de polígonos individuais.

Quando houve necessidade de subdivisão do polígono, ou seja, quando as variações fisiográficas eram muito

contrastantes, evidenciando comportamentos hidrológicos e erosivos muito distintos, esse procedimento foi realizado. Nessa etapa, considerou-se o relevo como um atributo para subdividir a unidade, propiciando novas deduções na análise ambiental.

Assim, a nova unidade geológico-ambiental resultou da interação da unidade geológico-ambiental com o relevo.

Finalizado o trabalho de implementação dos parâmetros da geologia e do relevo pela equipe responsável, o material foi enviado para a Coordenação de Geoprocessamento, que procedeu à auditoria do arquivo digital da geodiversidade para retirada de polígonos espúrios, superposição e vazios, gerados durante o processo de edição. Paralelamente, iniciou-se a carga dos dados na Base Geodiversidade – APLICATIVO GEODIV (VISUAL BASIC) com posterior migração dos dados para o GeoBank.

### ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS: GEOBANK

A implantação dos projetos de levantamento da geodiversidade do Brasil teve como objetivo principal oferecer aos diversos segmentos da sociedade brasileira uma tradução do conhecimento geológico-científico, com vistas a sua aplicação ao uso adequado para o ordenamento territorial e planejamento dos setores mineral, transportes, agricultura, turismo e meio ambiente, tendo como base as informações



geológicas presentes no SIG da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo (SCHOBENHAUS et al., 2004).

Com essa premissa, a Coordenação de Geoprocessamento da Geodiversidade, após uma série de reuniões com as Coordenações Temáticas e com as equipes locais da CPRM/SGB, estabeleceu normas e procedimentos básicos a serem utilizados nas diversas atividades dos levantamentos estaduais, com destaque para:

- Definição dos domínios e unidades geológico-ambientais com base em parâmetros geológicos de interesse na análise ambiental, em escalas 1:2.500.000, 1:1.000.000 e mapas estaduais.

- A partir da escala 1:1.000.000, criação de atributos geológicos aplicáveis ao planejamento e informações dos compartimentos do relevo.

- Acuidade cartográfica compatível com as escalas adotadas.

- Estruturação de um modelo conceitual de base para o planejamento, com dados padronizados por meio de bibliotecas.

- Elaboração da legenda para compor os leiautes dos mapas de geodiversidade estaduais.

- Criação de um aplicativo de entrada de dados local desenvolvido em Visual Basic 6.0 Aplicativo GEODIV.

- Implementação do modelo de dados no GeoBank (Oracle) e migração dos dados do Aplicativo GEODIV para a Base Geodiversidade.

- Entrada de dados de acordo com a escala e fase (mapas estaduais).

- Montagem de SIGs.

- Disponibilização dos mapas na Internet, por meio do módulo Web Map do GeoBank (<<http://geobank.sa.cprm.gov.br>>), onde o usuário tem acesso a informações relacionadas às unidades geológico-ambientais (Base Geodiversidade) e suas respectivas unidades litológicas (Base Litoestratigrafia).

A necessidade de prover o SIG Geodiversidade com tabelas de atributos referentes às unidades geológico-ambientais, dotadas de informações para o planejamento, implicou a modelagem de uma Base Geodiversidade, intrinsecamente relacionada à Base Litoestratigrafia, uma vez que as unidades geológico-ambientais são produto de reclassificação das unidades litoestratigráficas.

Esse modelo de dados foi implantado em um aplicativo de entrada de dados local desenvolvido em Visual Basic 6.0, denominado GEODIV. O modelo do aplicativo apresenta seis telas de entrada de dados armazenados em três tabelas de dados e 16 tabelas de bibliotecas. A primeira tela recupera, por escala e fase, todas as unidades geológico-ambientais cadastradas, filtrando, para cada uma delas, as letras-símbolos das unidades litoestratigráficas (Base Litoestratigrafia) (Figura 10.5).

Posteriormente, de acordo com a escala adotada, o usuário cadastra todos os atributos da geologia de interesse para o planejamento (Figura 10.6).

Na última tela, o usuário cadastra os compartimentos de relevo (Figura 10.7).

Todos os dados foram preenchidos pela equipe da Coordenação de Geoprocessamento e inseridos no aplicativo que possibilita o armazenamento das informações no GeoBank (Oracle), formando, assim, a Base Geodiversidade (Figura 10.8).

O módulo da Base Geodiversidade, suportado por bibliotecas, recupera, também por escala e por fase (quadrícula ao milionésimo, mapas estaduais), todas as informações das unidades geológico-ambientais, permitindo a organização dos dados no GeoBank de forma a possibilitar a conexão dos dados vetoriais com os dados alfanuméricos. Em uma primeira fase, com auxílio dos elementos-chave descritos nas tabelas, é possível vincular, facilmente, mapas digitais ao GeoBank, como na montagem de SIGs, em que as tabelas são produtos da consulta sistemática ao banco de dados.

Outra importante ferramenta de visualização dos mapas geoambientais é o módulo Web Map do GeoBank, onde o usuário tem acesso a informações relacionadas às unidades geológico-ambientais (Base Geodiversidade) e suas respectivas unidades litológicas (Base Litoestratigrafia), podendo recuperar as informações dos atributos relacionados à geologia e ao relevo diretamente no mapa (Figura 10.9).

## DESCRIÇÃO DOS ATRIBUTOS DOS CAMPOS DO ARQUIVO LITO - DICIONÁRIO DE DADOS

Neste item serão descritos os atributos dos campos que deverão constar no arquivo shapefile da lito Geológico-Ambiental tanto para a etapa 1:2.500.000 como para 1:1.000.000.

Como dado histórico, para auxiliar nos trabalhos e possibilitar eventuais correções no reclass dos Domínios e/ou nas Unidades-Geológico Ambientais, estarão presentes nas tabelas dos arquivos vetoriais alguns campos da Carta Geológica ao Milionésimo descritos abaixo.

**SIGLA\_UNID** (SIGLA\_UNIDADE) - Identidade única da unidade litoestratigráfica. É o campo de chave primária, que liga a tabela aos polígonos do mapa.

**NOME\_UNIDA** (NOME\_UNIDADE) - Denominação formal ou informal da unidadelitoestratigráfica.

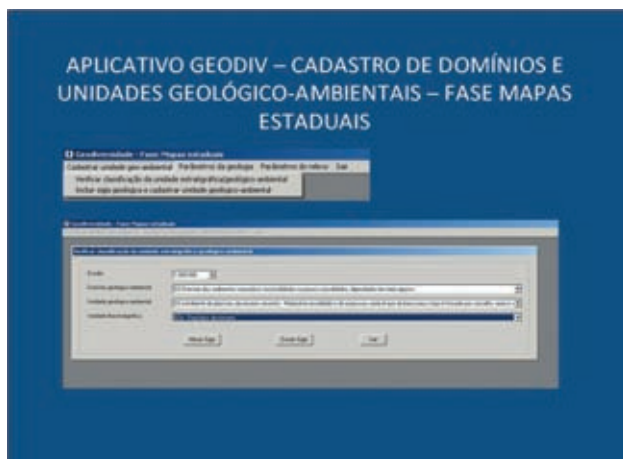


Figura 10.5 – Tela de cadastro das unidades geológico-ambientais para os mapas estaduais de geodiversidade (aplicativo GEODIV).



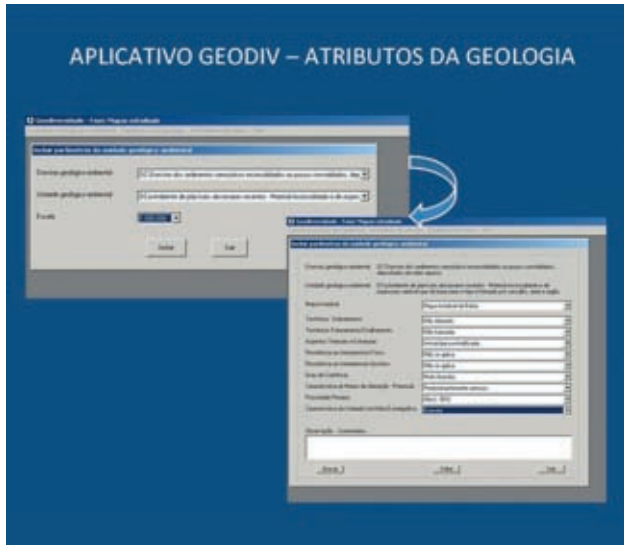


Figura 10.6 – Tela de cadastro dos atributos da geologia (aplicativo GEODIV).

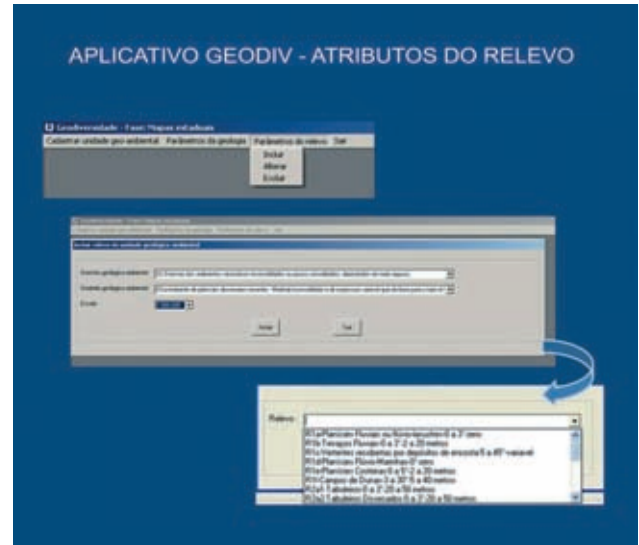


Figura 10.7 – Tela de cadastro dos atributos do relevo (aplicativo GEODIV).

**LITOTIPO1** - Litotipos que representam mais de 10% da unidade litoestratigráfica, ou com representatividade não determinada;

**LITOTIPO2** - Litotipos que representam menos que 10% da unidade litoestratigráfica.

**CLASSE\_RX1** – Classe dos litotipos que representam mais de 10% da unidade litoestratigráfica, ou com representatividade não determinada;

## CAMPOS DO ARQUIVO LITO GEOLÓGICO-AMBIENTAL

São descritos, a seguir, os atributos dos campos que constam no arquivo shapefile da unidade geológico-ambiental.

**COD\_DOM** (CÓDIGO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL) – Sigla dos domínios geológico-ambientais.

**DOM\_GEO** (DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL) – Reclassificação da geologia pelos grandes domínios geológicos.

**COD\_UNIGEO** (CÓDIGO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL) – Sigla da unidade geológico-ambiental.

**UNIGEO** (DESCRIÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL) – As unidades geológico-ambientais foram agrupadas com características semelhantes do ponto de vista da resposta ambiental a partir da subdivisão dos domínios geológico-ambientais e por critérios-chaves descritos anteriormente.

**DEF\_TEC** (DEFORMAÇÃO TECTÔNICA/DOBRAMENTOS) – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas que compõe a unidade geológico-ambiental.

**CIS\_FRAT** (TECTÔNICA FRATURAMENTO/CISALHAMENTO) – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas que compõe a unidade geológico-ambiental.

**TIPO\_DEF** (TIPO DE DEFORMAÇÃO) – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas que compõem a Unidade Geológico-Ambiental.

## COMP-REOL ( COMPORTAMENTO REOLÓGICO)

### ASPECTO (ASPECTOS TEXTURAI E ESTRUTURAI)

– Relacionado às rochas ígneas e/ou metamórficas que compõem a unidade geológico-ambiental.

**INTEMP\_F** (RESISTÊNCIA AO INTEMPERISMO FÍSICO) – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas sãs que compõe a unidade geológico-ambiental.

**INTEMP\_Q** (RESISTÊNCIA AO INTEMPERISMO QUÍMICO) – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas sãs que compõe a unidade geológico-ambiental.

**GR\_COER** (GRAU DE COERÊNCIA DA(S) ROCHA(S) FRESCA(S)) – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas que compõe a unidade geológico-ambiental.

**TEXTURA** (TEXTURA DO MANTO DE ALTERAÇÃO) – Relacionado ao padrão textural de alteração da rocha ou do grupo de rochas que compõe a unidade geológico-ambiental.

**PORO\_PRI** (POROSIDADE PRIMÁRIA) – Relacionado à porosidade primária da rocha ou do grupo de rochas que compõe a unidade geológico-ambiental.

**AQUÍFERO** (TIPO DE AQUÍFERO) – Relacionado ao tipo de aquífero que compõe a unidade geológico-ambiental.

**COD\_REL** (CÓDIGO DOS COMPARTIMENTOS DO RELEVO) – Siglas para a divisão dos macrocompartimentos de relevo.

**RELEVO** (MACROCOMPARTIMENTOS DO RELEVO) – Descrição dos macrocompartimentos de relevo.

**GEO\_REL** (CÓDIGO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL + CÓDIGO DO RELEVO) – Sigla da nova unidade geológico-ambiental, fruto da composição da unidade geológica com o relevo. Na escala 1:1.000.000, é o campo indexador, que liga a tabela aos polígonos do mapa e ao banco de dados (é formada pelo campo COD\_UNIGEO + COD\_REL).

**OBS** (CAMPO DE OBSERVAÇÕES) – Campo-texto onde são descritas todas as observações consideradas relevantes na análise da unidade geológico-ambiental.

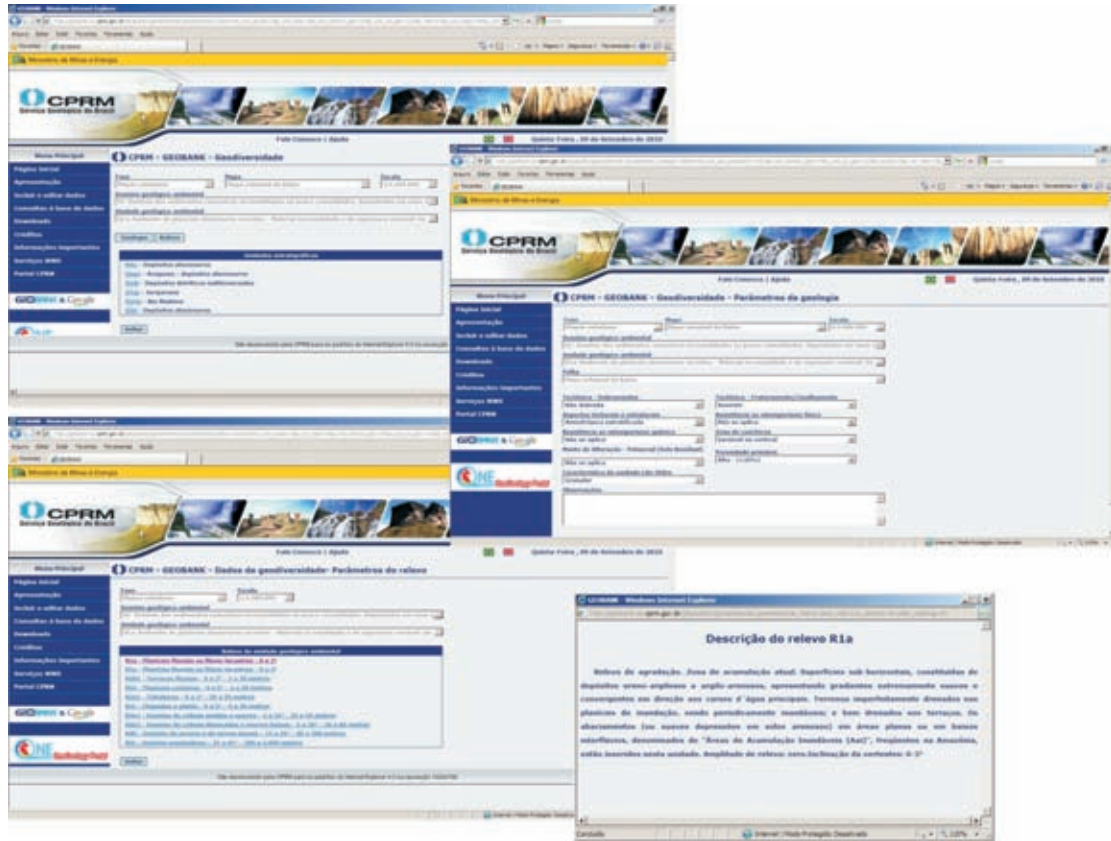


Figura 10.8 – Fluxograma simplificado da base Geodiversidade (GeoBank).

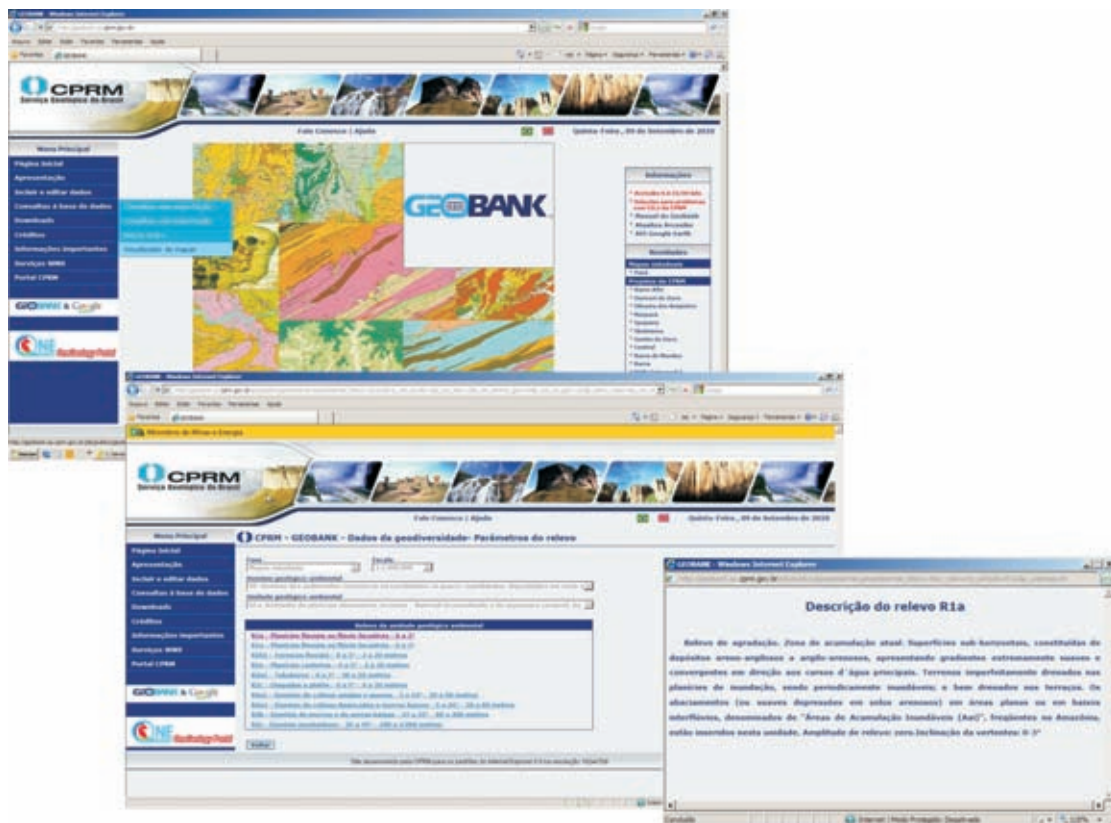


Figura 10.9 – Módulo Web Map de visualização dos arquivos vetoriais/base de dados (GeoBank).

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A.N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 18, p. 1-23, 1969.
- ALBUQUERQUE, P.C.G.; SANTOS, C.C.; MEDEIROS, J.S. **Avaliação de mosaicos com imagens Landsat TM para utilização em documentos cartográficos em escalas menores que 1/50.000**. São José dos Campos: INPE, 2005. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/09.28.16.52/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2009.
- BARBOSA, G.V.; FRANCO, E.M.S.; MOREIRA, M.M.A. Mapas geomorfológicos elaborados a partir do sensor radar. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 17, n. 33, p. 137-152, jun. 1977.
- BARROS, R.S.; CRUZ, M.B.C.; REIS, B.R.; ROCHA, F.M.E.; BARBOSA, G.L. Avaliação do modelo digital de elevação da SRTM na ortorretificação de imagens Spot 4. Estudo de caso: Angra dos Reis-RJ. In: SIMPÓSIO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIA DA GEOINFORMAÇÃO, 1., 2004, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2004. 1 CD-ROM.
- BERGER, A. Geoindicators: what are they and how are they being used? In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 32., 2004, Florence. **Abstracts...** Florence, Italy: IUGS, 2004. v. 2, abs. 209-1, p. 972.
- BIZZI, L.A. et al. (Eds.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003. 673 p. [Texto, mapas & SIG]. 1 DVD.
- CCRS. **Natural resources Canada**, 2004. Disponível em: <[http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/index\\_e.php](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/index_e.php)>. Acesso em: 21 dez. 2009.
- CPRM. **Mapa geodiversidade do Brasil**: escala 1:2.500.000. Legenda expandida. Brasília: CPRM/SGM/MME, 2006. 68 p.: il. CD ROM.
- CPRM. **Instruções e procedimentos de padronização no tratamento digital de dados para projetos de mapeamento da CPRM**: manual de padronização. Rio de Janeiro: CPRM, 2005. v. 2.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S. Imagens CBERS + imagens SRTM + mosaicos GeoCover Landsat. Ambiente Spring e TerraView: sensoriamento remoto e geoprocessamento gratuitos aplicados ao desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. 1 CD-ROM.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S. **Imagens fotográficas derivadas de MNT do projeto SRTM para fotointerpretação na geologia, geomorfologia e pedologia**. São José dos Campos: INPE, 2004.
- CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: UNICAMP, 1992. 170 p.
- CUSTODIO, E.; LLAMAS, M.R. **Hidrologia subterrânea**. 2. ed. corrigida. Barceleno: Omega, 1983. Tomo I. 1157 p.: il.
- DINIZ, N.C.; DANTAS, A.; SCLIAR, C. Contribuição à política pública de mapeamento geoambiental no âmbito do levantamento geológico. In: OFICINA INTERNACIONAL DE ORDENAMENTO TERRITORIAL E MINEIRO: subsídios ao mapeamento geoambiental, no contexto do LGB e do patrimônio geomineiro, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CPRM, 2005.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- LATRUBESSE, E.; RODRIGUES, S.; MAMEDE, L. Sistema de classificação e mapeamento geomorfológico: uma nova proposta. **GEOSUL**, Florianópolis, v. 14, n. 27, p. 682-687, 1998.
- LIMA, M.I.C. **Análise de drenagem e seu significado geológico-geomorfológico**. Belém: [s.n.], 2006. 1 CD-ROM.
- MEIS, M.R.M.; MIRANDA, L.H.G; FERNANDES, N.F. Desnívelamento de altitude como parâmetros para a compartimentação do relevo: bacia do médio-baixo Paraíba do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982, Salvador. **Anais...** Salvador: SGB, 1982, v. 4, p. 1459-1503.
- OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (Ed.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. 587 p.
- PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA M.A.; PIRES NETO, A.G.; ALMEIDA, F.F.M. O conceito de sistemas de relevo aplicado ao mapeamento geomorfológico do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., 1979, Rio Claro. **Atas...** Rio Claro: SGB/NS, 1979, v. 2, p. 253-262.
- RAMOS, M.A.B. et al. Procedimentos no tratamento digital de dados para o projeto SIG geologia ambiental do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: SGB, 2006. 1 CD-ROM.

RAMOS, M.A.B. et al. Proposta para determinação de atributos do meio físico relacionados às unidades geológicas, aplicado à análise geoambiental. In: OFICINA INTERNACIONAL DE ORDENAMENTO TERRITORIAL E MINEIRO: subsídios ao mapeamento geoambiental, no contexto do LGB e do patrimônio geomineiro, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CPRM, 2005.

RODRIGUES, C.; COLTRINARI, L. Geoindicators of urbanization effects in humid tropical environment: São Paulo (Brazil) metropolitan area. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 32<sup>nd</sup>, 2004, Florence.

**Abstracts...** Florence, Italy: IUGS, 2004, v. 2, abs. 209-27, p. 976.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia da FFLCH/USP**, São Paulo, v. 10, p. 41-59, 1996.

SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; SANTOS, J.O.S. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**: sistema de informações geográficas (SIG). Brasília: CPRM, 2004. 46 folhas na escala 1:1.000.000. 41 CD-ROMs. Programa Geologia do Brasil.

THEODOROVICZ, A. et al. **Projeto paisagens geoquímicas e geoambientais do vale do Ribeira**. São Paulo: CPRM/UNICAMP/FAPESP, 2005.

THEODOROVICZ, A.; THEODOROVICZ, A.M. de G.; CANTARINO, S. de C. **Estudos geoambientais e**

**geoquímicos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo**. São Paulo: CPRM, 2002. 1 CD-ROM.

THEODOROVICZ, A. et al. **Projeto médio Pardo**. São Paulo: CPRM, 2001.

THEODOROVICZ, A.; THEODOROVICZ, M.G.; CANTARINO, S.C. **Projeto Mogi-Guaçu/Pardo**: atlas geoambiental das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, SP: subsídios para o planejamento territorial e gestão ambiental. São Paulo: CPRM, 2000. il.

THEODOROVICZ, A.; THEODOROVICZ, A.M. de G.; CANTARINO, S. da C. **Projeto Curitiba**: informações básicas sobre o meio físico – subsídios para o planejamento territorial. Curitiba: CPRM, 1994. 109 p. 1 mapa, escala 1:100.000.

TRAININI, D.R.; ORLANDI FILHO, V. **Mapa geoambiental de Brasília e entorno**: ZEE-RIDE. Porto Alegre: CPRM/EMBRAPA/Consórcio ZEE Brasil/Ministério da Integração, 2003.

TRAININI, D.R.; GIOVANNINI, C.A.; RAMGRAB, G.E.; VIERO, A.C. **Carta geoambiental da região hidrográfica do Guaíba**. Porto Alegre: CPRM/FEPAM/PRÓ-GUAÍBA, 2001. Mapas escala 1:250.000.

VAZ, L.F. Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais. **Revista Solos e Rochas**, v. 19, n. 2, p. 117-136, 1996.



# 11

## **GEODIVERSIDADE: ADEQUABILIDADES/ POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES FRENTE AO USO E À OCUPAÇÃO**

Xafi da Silva Jorge João (*xafi.joao@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### **SUMÁRIO**

Introdução .....	183
Adequabilidades/potencialidades e limitações frente ao uso e à ocupação.....	183
Domínio dos sedimentos cenozoicos inconsolidados ou pouco consolidados, depositados em meio aquoso (DC) .....	183
Domínio das coberturas cenozoicas detrito-lateríticas (DCDL) .....	187
Domínio dos sedimentos cenozoicos e/ou mesozoicos, pouco a moderadamente consolidados, associados a profundas e extensas bacias continentais (DCM) ....	188
Domínio dos sedimentos cenozoicos, pouco a moderadamente consolidados, associados a tabuleiros (DCT) .....	189
Domínio das sequências sedimentares mesozoicas clastocarbonáticas, consolidadas em bacias de margens continentais (rift) (DSM) .....	190
Domínio das coberturas sedimentares e vulcanossedimentares mesozoicas e paleozoicas, pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise (DSVMP) .....	192
Domínio do vulcanismo fissural mesozoico do tipo platô (DVM) .....	198
Domínio dos complexos alcalinos intrusivos e extrusivos, diferenciados do terciário, mesozoico e proterozoico (DCA) .....	200
Domínio das coberturas sedimentares proterozoicas, não ou muito pouco dobradas e metamorfizadas (DSP1) .....	200
Domínio das sequências vulcanossedimentares proterozoicas, não ou pouco dobradas e metamorfizadas (DSVP1) .....	202
Domínio das sequências sedimentares proterozoicas dobradas, metamorfizadas em baixo a médio grau (DSP2) .....	204

Domínio das sequências vulcanossedimentares proterozoicas dobradas metamorizadas em baixo a alto grau (DSVP2).....	204
Domínio das sequências vulcanossedimentares tipo greenstone belt, arqueano até o mesoproterozoico (DGB).....	209
Domínio dos corpos máfico-ultramáficos (DCMU).....	210
Domínio dos complexos granitoides não deformados (DCGR1).....	211
Domínio dos complexos granitoides deformados (DCGR2).....	213
Domínio dos complexos granitoides intensamente deformados: ortognaisses (DCGR3).....	215
Domínio dos complexos granito-gnaiss-migmatíticos e granulitos (DCGMGL).....	216
Referência.....	218

## INTRODUÇÃO

De conceituação relativamente recente, geodiversidade é definida pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) como:

O estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico (CPRM, 2006).

Pela proposta da CPRM (2006), a base de informação para o entendimento da geodiversidade está fundamentada na divisão do território em geossistemas ou domínios geológico-ambientais. Tais domínios, por sua vez, são subdivididos em unidades geológico-ambientais, por meio das quais se objetiva reunir unidades litológicas que apresentem características semelhantes frente ao uso e à ocupação dos terrenos.

De acordo com essa concepção, foi proposta para o estado do Pará uma divisão de seu território em 18 domínios e 57 unidades geológico-ambientais. Os critérios utilizados para tal classificação se basearam no agrupamento de conjuntos litoestratigráficos – a partir da última versão do Mapa Geológico do Estado do Pará (2008) – de comportamento semelhante nas questões relativas ao uso e ocupação do meio físico.

Com seu conteúdo, o Mapa Geodiversidade do Estado do Pará disponibiliza informações para políticas macrorregionais, visando ao planejamento, à gestão e ao ordenamento do território, onde os aspectos ambientais traduzem a influência da diversidade geológica nas adequabilidades e limitações dos terrenos.

## ADEQUABILIDADES/POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES FRENTE AO USO E À OCUPAÇÃO

Em cada domínio serão descritas as respectivas unidades geológico-ambientais, segundo suas características de adequabilidades, limitações/potencialidades frente a obras de engenharia, ao uso para agricultura, potencialidade para água subterrânea, fontes poluidoras, potencial mineral e geoturístico.

### DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS INCONSOLIDADOS OU POUCO CONSOLIDADOS, DEPOSITADOS EM MEIO AQUOSO (DC)

Esse domínio é representado por terrenos mais recentes, constituídos por sedimentos inconsolidados de idade quaternária, depositados pelo sistema fluvial em diferentes contextos deposicionais, com destaque para o ambiente fluviolacustre e para a formação de grandes e extensivas áreas de várzeas.

São caracterizadas quatro unidades geológico-ambientais nesse domínio: **Planícies Aluvionares Recentes (DCa)**, **Planícies Marinho-Costeiras (DCmc)**, **Terraços Aluvionares (DCta)** e **Planícies Fluviolacustres (DCfl)**, que ocupam a maior parte do estado do Pará (Figura 11.1).

As planícies e terraços aluvionares, representados pelos depósitos alúvio-coluvionares, constituem terrenos que ocupam as áreas topograficamente mais depressivas, dispendo-se por grandes extensões, decorrentes do adensamento da hidrografia estadual. Os pacotes de sedimentos inconsolidados são representados, principalmente, por camadas de areia, silte, argila e cascalho, não muito espessos, com grande distribuição areal, atingindo dezenas de quilômetros de largura e extensão, principalmente ao longo dos rios que integram o sistema de tributários de primeira e segunda ordem da Bacia do Amazonas. Especialmente nos terraços, é possível observar os diferentes ciclos de erosão e deposição ocorridos ao longo do Quaternário.

Os depósitos fluviolacustres, representados pelos depósitos litorâneos, precedem a deposição das planícies e terraços aluvionares. Ocorrem, com expressividade, na região nordeste do estado, constituindo espesso pacote sedimentar associado à Bacia do Marajó.

Os depósitos marinhos costeiros são representados por sedimentos com predomínio de argila orgânica, areia, incluindo depósitos de mangue.

Em relação às adequabilidades e limitações a seu uso, são influenciáveis pela dinâmica fluvial, com destaque para as várzeas extremamente férteis para a agricultura, porém, periodicamente inundáveis, como no município de Santarém.

Nesse domínio destacam-se, também: os recursos minerais, sobretudo os relacionados à construção civil; o potencial hidrogeológico; inúmeros trechos com problemas de risco hidrológico ou de suscetibilidade a desastres naturais, tais como enchentes, inundações, alagamentos



**Figura 11.1** – Distribuição espacial das unidades geológico-ambientais definidas no domínio DC no estado do Pará.

e erosões, que afetam grande número dos municípios paraenses; inúmeras áreas de grande beleza cênica, com formação de praias fluviais e marinhas. Incorpora, ainda, importantes registros arqueológicos e áreas consideradas como de relevante interesse mineral.

### Planícies Aluvionares Recentes (DCa)

- Obras de engenharia

Terrenos planos, representados por uma sucessão de camadas ou níveis dispostos horizontalmente, de natureza arenosa, argilosa e com leitos de cascalho nas porções mais basais. Trata-se de pacotes não muito espessos, constituídos por materiais de baixa resistência ao corte e à penetração, de fácil remoção por maquinário de médio porte.

As camadas argilosas, quando submetidas à saturação hídrica, apresentam baixa capacidade de suporte de carga do solo, sendo vulneráveis a rupturas em fundações e pavimentos viários. Com baixo grau de coerência e litificação, o empilhamento dessas camadas mostra sedimentos inconsolidados, com características mineralógicas distintas e comportamentos geométricos e hidráulicos moderadamente contrastantes, com comportamento de alta desestabilização em paredes laterais expostas por erosão e/ou escavação.

Anualmente, entre os meses de dezembro a junho, essas planícies são inundáveis em função do período de cheias dos rios, ocorrendo, comumente, o assoreamento dos canais fluviais por processos erosivos. Os níveis de cascalho contendo seixos, blocos e matacões constituem obstáculos para perfurações com sondas rotativas.

- Agricultura

Os solos desenvolvidos sobre essa unidade são periodicamente inundáveis e imperfeitamente maldrenados, decorrente de sua configuração morfoestrutural favorável. Tais solos se mostram inadequados ao plantio de culturas perenes ou de espécies de raízes profundas e são difíceis de serem mecanizados nas épocas mais chuvosas. Apresentam, geralmente, alto teor em matéria orgânica e umidade.

- Recursos hídricos

Os aquíferos formados nessa unidade são superficiais a subsuperficiais, com capacidade hidrogeológica variável. Constituem-se em reservatórios de grande importância para a região, abastecendo várias sedes municipais do estado. Em geral, tais aquíferos apresentam pouca espessura, geralmente inferiores a 20 m e vazões em torno de 4 a 6 m<sup>3</sup>/h, atendendo a pequenos grupamentos de pessoas ou famílias. Em algumas situações ou localizações, as águas se apresentam com alto teor em matéria orgânica ou com características salobras, impróprias ao consumo humano.

- Fontes poluidoras

Constituído por empilhamentos de sedimentos inconsolidados porosos e com lençol freático subflorante,

o terreno torna-se bastante suscetível a contaminantes superficiais e à infiltração de poluentes no lençol freático.

O material argiloso, quando presente sob a forma de lentes e camadas, atua como excelente barreira à propagação de contaminantes, impedindo a dispersão dos elementos no subsolo, garantindo, assim, proteção ao lençol freático.

- Potencial mineral

As planícies aluvionares recentes representam ambiente metalogenético favorável à acumulação de areia, seixo e argila, utilizados como substâncias de emprego imediato na construção civil.

A extração, geralmente rudimentar e sem preocupação ambiental, ocorre nos igarapés e nas proximidades das sedes municipais ou ao longo de rios como Tapajós, Xingu, Tocantins e tributários.

Em adição, ocorrem inúmeros depósitos, jazidas e ocorrências de acumulações econômicas de ouro, cassiterita, tantalita e outros minerais pesados e algumas gemas (ametista, turmalina, água-marinha, diamante e topázio), cuja origem está associada às aluviões e paleoplácetes (depósitos fluviais antigos), como, por exemplo, depósitos de ouro localizados no interflúvio Tapajós-Jamanxim, na região de Três Palmeiras, no rio Xingu, ao longo do rio Gurupi, na fronteira Pará-Maranhão.

As argilas ocorrentes nesse ambiente, quando apresentam características de alta plasticidade, são utilizadas na indústria de cerâmica vermelha para confecção de telhas e tijolos, como no polo oleiro-cerâmico da Região Metropolitana de Belém, da ilha de Mosqueiro e da Região Bragantina. Constituem, também, matéria-prima para o artesanato local, sendo utilizadas na fabricação de cerâmica marajoara e tapajônica, no distrito de Icoaraci.

Localmente, ocorrem camadas de turfeiras de baixo poder calorífero, inviáveis para aproveitamento energético, porém utilizáveis no setor agrícola.

- Potencial geoturístico

Essa unidade geoambiental incorpora belas paisagens cênicas, caracterizadas por ambientes de lagos, panamás, igarapés, furos e rios. Constitui-se em habitat de vários animais e aves aquáticas e terrestres e de transição entre ecossistemas aquáticos e terrestres.

Na época de verão, destacam-se as paisagens praianas às margens e ao longo dos rios, como, por exemplo, as localizadas em Alter do Chão (município de Santarém), Caripi (município de Barcarena), Itaituba (às margens do rio Tapajós) e no rio Gurupi (fronteira dos estados do Pará e Maranhão) (Figuras 11.2 e 11.3).

Destacam-se, ainda, as áreas de confluência de grandes rios com características físico-químicas distintas de suas águas, como o encontro dos rios Tapajós e Amazonas, no município de Santarém. A partir desse encontro, os rios correm juntos, por uma extensa área, sem que suas águas se misturem.





**Figura 11.2** – Vista panorâmica do rio Gurupi, na fronteira Pará-Maranhão, com extensos e espessos depósitos aluvionares arenosos.



**Figura 11.3** – Sedimentação recente em ambiente aluvionar às margens do rio Tapajós; ambiente praiano fluvial, na localidade de Alter do Chão, alvo de intensa atividade turística.

### Planícies Marinho-Costeiras (DCmc)

#### • Obras de engenharia

Essa unidade geológico-ambiental contempla camadas de espessuras variáveis de depósitos de areia bastante friáveis, solapáveis pela forte erosão, com alta favorabilidade à formação de areias movediças.

Intercalações de níveis ou lentes argilosas excessivamente moles ou altamente plásticas dificultam os processos de escavação, havendo possibilidade de “corrida de lama” por descompressão provocada por escavações. Constitui solos e sedimentos inconsolidados de baixa resistência ao corte e à penetração.

#### • Agricultura

Geralmente, há predomínio de coberturas arenosas friáveis e incoerentes, portanto, excessivamente porosas, com rápida perda de água.

Baixa fertilidade natural e baixa capacidade de reter e fixar nutrientes, com baixa resposta à adubação e natureza excessivamente ácida, necessitando de correção com calcário dolomítico.

Por sua localização na região costeira, os solos podem apresentar problemas de salinidade elevada, sendo sua superfície algo pantanosa ou hospedando extensas áreas de manguezais.

Solos imperfeitamente maldrenados, inadequados ao plantio de culturas perenes ou espécies de raízes profundas, sendo periodicamente inundáveis. Dificuldades de escavação pela baixa coesão do material e nível d’água raso.

Terras mecanizáveis nas áreas mais planas, aptas para culturas adaptadas às condições de textura arenosa. Boa potencialidade para culturas de ciclo curto ou adaptadas ao alagamento. Manguezais extensivos para cata artesanal (Figura 11.4).

#### • Recursos hídricos

Camadas sedimentares arenosas e inconsolidadas expõem aquíferos porosos ou muito próximos da superfície e suscetíveis à incorporação de matéria orgânica, emprestando odor desagradável às águas.

Por sua localização na região costeira, as águas subterrâneas podem ser salobras, em decorrência da interferência da água do mar.

#### • Fontes poluidoras

Considerando que, na maior parte desses terrenos, o lençol freático pode ser aflorante ou situar-se muito próximo da superfície, tem-se como consequência alta vulnerabilidade aos contaminantes superficiais.

#### • Potencial mineral

Ambiente favorável à extração de areia para fins industriais e construção civil.

Grande possibilidade de acumulação mecânica de minerais pesados de natureza granitofila, pedras preciosas e semipreciosas e minerais radioativos, como monazita e xenotímio.

#### • Potencial geoturístico

Possibilidade de existência de água lamosa com propriedades medicinais dermatológicas, como nos ambientes costeiro e praiano do município de Salinópolis.

Ambiente litorâneo sob a influência de ondas e marés, constituído por lagoas e lagos interdunas para banhados.



**Figura 11.4** – Ambiente de mangue; trecho da estrada Bragança-Ajurueteua, atravessando o meio do extenso mangue que caracteriza essa parte do litoral do nordeste do estado do Pará.

### Terraços Aluvionares (DCta)

- Obras de engenharia

Relevo horizontalizado, em nível topográfico mais elevado, preservado das cheias periódicas e com lençol freático pouco mais rebaixado, representando áreas um pouco menos submetidas a alagamentos frequentes.

Baixa a moderada capacidade de suporte para obras e baixa resistência ao corte e à penetração, necessitando de uso de maquinário para remoção.

Baixo potencial erosivo, boa drenabilidade e baixo risco de alagamento.

Camadas de argilas plásticas apresentam baixa resistência à compressão, podendo ocasionar problemas nas fundações das obras.

A exposição subaérea das camadas constituintes desses terraços favorece a instalação de sulcos e ravinas e outras depressões erosivas, instabilizando os taludes e facilitando o movimento natural de massas rochosas ou de sedimentos inconsolidados, com solapamento das margens ou das porções mais laterais.

- Agricultura

Os solos se apresentam com drenagem imperfeita e baixa fertilidade natural decorrentes da favorabilidade de sua configuração morfoestrutural, formando poças d'água durante os períodos mais chuvosos.

Os terrenos são inadequados para o plantio de raízes mais profundas; contudo, as terras podem ser mecanizáveis nas áreas mais planas, aptas para culturas adaptadas às condições de textura arenosa, condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

- Recursos hídricos

A unidade apresenta alta favorabilidade hidrogeológica, marcada pela existência de camadas de sedimentos arenosos, intercalados com níveis argilosos e de cascalho, como aquíferos permeáveis e porosos próximos à superfície, em que os poços de captação, em geral, não ultrapassam 100 m de profundidade.

Os poços perfurados normalmente possuem boas vazões, por vezes superando 60 m<sup>3</sup>/h. Suas águas, em geral, são de boa qualidade, desde que captadas em níveis mais profundos e sem presença de matéria orgânica ou ferro, os quais podem conferir alteração ao odor e sabor da água.

- Fontes poluidoras

Considerando-se a natureza subflorante dos aquíferos e suas características de permeabilidade e porosidade, a vulnerabilidade à contaminação assume grande relevância, não obstante as camadas argilosas e a espessa cobertura do solo atuarem como barreiras à contaminação. Contudo, alguns terraços aluvionares, posicionados em nível topográfico mais elevado, apresentam risco menor que as planícies aluvionares, em relação à contaminação dos aquíferos.

- Potencial mineral

Os terraços aluvionares são favoráveis à acumulação de areia, seixo e argila, utilizados como substâncias de emprego imediato na construção civil, sob a forma de lavra rudimentar e sem preocupação ambiental.

Camadas e lentes de argilas são utilizadas na confecção de tijolos e telhas, com potencial para fabricação de cerâmica.

Incipiente formação de crostas ferruginosas como delgadas lentes ou camadas com utilização na construção civil e rodovias.

- Potencial geoturístico

Às margens de alguns rios e lagos são observados sítios arqueológicos contendo objetos cerâmicos e Terra Preta de Índio.

Nos períodos menos chuvosos, formam-se áreas praianas de grande beleza cênica.

### Planícies Fluvioacustres (DCfl)

- Obras de engenharia

Predominância de solos com baixa capacidade de suporte e baixa a moderada resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos), podendo apresentar problemas de trincamentos e abatimentos frequentes. Possibilidade de existência de áreas alagadas durante vários meses do ano.

- Agricultura

Terras mecanizáveis nas áreas planas e/ou sub-horizontalizadas, com baixo conteúdo de componentes arenosos. Aceitáveis para utilização na agricultura pela aplicação de substâncias corretivas e insumos fertilizantes.

Superfície horizontalizada com suaves ondulações, receptiva à mecanização agrícola.

Boa potencialidade para culturas de ciclo curto em terrenos submetidos à drenagem.

- Recursos hídricos

Alta favorabilidade hidrogeológica. Águas de boa qualidade, quando não captadas dos níveis ricos em matéria orgânica ou ferro.

Moderada a baixa vulnerabilidade à contaminação hídrica, sobretudo, quando na presença de camadas argilosas atuando como filtros ou barreiras à contaminação.

- Potencial mineral

Camadas de argila utilizadas na confecção de tijolos e com potencial para cerâmica branca.

Uso de concreções ferruginosas como substrato de estradas (piçarreiras) e na construção civil local.

- Potencial geoturístico

Ocorrência de lagoas permanentes ou temporárias, utilizáveis para reprodução de peixes e habitat natural de vários animais terrestres e aquáticos.

## DOMÍNIO DAS COBERTURAS CENOZOICAS DETRITO-LATERÍTICAS (DCDL)

Representa depósitos ou camadas de sedimentos semiconsolidados, com moderada litificação, oriundos de uma fase de retrabalhamento erosivo de rochas subjacentes com pequeno transporte fluvial.

Incorpora as unidades geológico-ambientais Depósitos Detrito-Lateríticos (DCDL), que representa a cobertura laterítica imatura, e Horizonte Laterítico *In Situ* (DCDLi), que representa a cobertura laterítica madura (Figura 11.5).

### Depósitos Detrito-Lateríticos (DCDL)

- Obras de engenharia

Superfícies aplainadas a suavemente onduladas, variando em espessura e lateralidade, com moderada capacidade de suporte e moderada resistência ao corte e à penetração. Protocrostras lateríticas iniciam a proteção aos processos erosivos (Figura 11.6).

- Agricultura

Áreas planas suscetíveis à mecanização, com solo moderadamente espesso, aceitáveis para uso agrícola (parcelas de solo com textura mais argilosa) quando submetidas a tratamento corretivo e aplicação de fertilizantes.

Baixa capacidade de retenção de umidade e de nutrientes nas áreas mais arenosas. Em geral, apresentam baixa fertilidade natural, com solos de drenagem imperfeita e sujeitos às inundações periódicas nas áreas baixas.

- Recursos hídricos

Reservatórios com baixo a médio potencial hidrogeológico, podendo ser utilizados em localidades onde não existam alternativas de abastecimento. São reservatórios pouco porosos, com o lençol freático aflorante ou próximo da superfície.



**Figura 11.5** – Distribuição espacial das unidades geológico-ambientais definidas no domínio DCDL no estado do Pará.



**Figura 11.6** – Afloramento às margens da estrada, na bifurcação Vigia-São Caetano de Odivelas, constituído por sedimento argiloarenoso avermelhado, com heterogeneidade colorimétrica; aspecto mosqueado, intemperizado, com formação de protoconcreções lateríticas (grupo pós-Barreiras).

- Fontes poluidoras

Moderada a alta vulnerabilidade aos processos contaminantes, com coberturas pouco consolidadas, favorecendo alguma permeabilidade e dispersão dos poluentes. Por se tratar de área com possibilidades de armazenamento e recarga dos aquíferos subjacentes, necessita de proteção.

- Potencial mineral

Ocorrências de zonas colunares e esferolíticas concrecionárias ferruginosas (hematita e goetita) incoesas.

Linhas de pedras ou paleopavimentos como lateritas alóctones, utilizáveis na construção civil e substrato de estradas.

- Potencial geoturístico

Essa unidade exhibe extensas superfícies aplainadas recobertas por vegetação rasa, destacando-se na paisagem conjuntos colinosos baixos.



## Horizonte Laterítico *In Situ* (DCDLi)

- Obras de engenharia

Espessa crosta laterítica, como uma cobertura extensiva resistente, constrói e preserva diferentes formas de relevo destacados na paisagem regional.

Moderada a alta capacidade de suporte e moderada a alta resistência ao corte e à penetração.

Crostas lateríticas com espessuras e coerências variáveis são fatores de resistência aos diferentes processos erosivos (Figura 11.7).

- Agricultura

Áreas horizontalizadas a suavemente onduladas, com solos espessos, passíveis de mecanização, aptas para uso agrícola pela aplicação de elementos corretivos e fertilizantes.

- Recursos hídricos

Reservatórios com baixo a médio potencial hidrogeológico, podendo ser utilizados em localidades onde não existam alternativas de abastecimento. São reservatórios pouco porosos, com lençol freático aflorante ou próximo da superfície.

- Fontes poluidoras

Moderada a baixa vulnerabilidade à contaminação. As coberturas mais litificadas e de mais alta coerência diminuem a taxa de permeabilidade, dificultando a dispersão dos poluentes.

- Potencial mineral

Concreções sílico-aluminoferruginosas amplamente utilizadas na construção civil e no revestimento de rodovias locais (piçarreiras).



**Figura 11.7** – Espessa crosta laterítica ferruginosa com formação *in situ*, extraída para utilização imediata na construção civil.

Horizontes argilosos utilizados na confecção de tijolos e outros produtos oleiro-cerâmicos, no preparo de argamassa e na produção de cimento tipo *portland*.

Potencial para mineralizações de ouro, alumínio, manganês e nióbio associadas às crostas lateríticas.

- Potencial geoturístico

A unidade exibe extensas superfícies aplainadas, recobertas por vegetação rasa, destacando-se na paisagem conjuntos colinosos baixos.

## DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS E/OU MESOZOICOS, POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A PROFUNDAS E EXTENSAS BACIAS CONTINENTAIS (DCM)

O domínio DCM é representado por deposições predominantemente psamíticas ou arenosas, ocorrentes em contextos geológicos com estrutura distensiva. Sedimentação instalada em ambiente continental do tipo *rift* e intimamente relacionada à evolução das bacias Amazonas e do Maranhão.

No estado do Pará, corresponde à unidade litoestratigráfica Formação Rio das Barreiras. Nesse domínio foi definida a unidade geológico-ambiental Predomínio de Sedimentos Arenosos (DCMa) (Figura 11.8).

### Predomínio de Sedimentos Arenosos (DCMa)

- Obras de engenharia

Predomínio de sedimentos arenosos à base de quartzo, com possibilidade de formação de rochas com alta capacidade de suporte e baixa a moderada resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos).

Quando aflorantes, espessas camadas de sedimentos friáveis, pouco a moderadamente fraturadas, são extremamente vulneráveis à erosão. Contudo, os solos residuais bastante arenosos, com presença de crostas lateríticas, são fatores de proteção à instalação de processos erosivos.

Presença de espessas e extensas camadas horizontalizadas não deformadas de sedimentos, com boa homogeneidade geomecânica e hidráulica lateral.

Os sedimentos, quando se apresentam com moderado grau de diagênese e litificação, mostram boa resistência à compressão e alta resistência ao intemperismo físico-químico.

- Agricultura

Em consequência do predomínio de sedimentos à base de quartzo, é comum a alteração para solos arenosos, permeáveis,





**Figura 11.8** – Distribuição espacial da unidade geológico-ambiental definida no domínio DCM no estado do Pará.

com baixa capacidade hídrica de reter e fixar umidade e nutrientes, perdendo água e respondendo mal à adubação.

Terras mecanizáveis nas áreas mais horizontalizadas e com solos mais profundos, à exceção das áreas com predomínio de sedimentos arenosos, sendo sua utilização na agricultura condicionada à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Baixa fertilidade natural e relevo acidentado nas encostas.

Solos com drenagem imperfeita e sujeitos a inundações periódicas nas áreas baixas.

Baixa capacidade de retenção de umidade e de nutrientes nas áreas mais arenosas.

Os solos são mais suscetíveis aos processos erosivos, devido ao elevado gradiente textural.

- Recursos hídricos

Alta favorabilidade hidrogeológica, com aquíferos moderadamente rasos a pouco profundos e com alguma expressão areal, com águas normalmente de boa qualidade. Contudo, lentes de argilas diminuem a sua permeabilidade e níveis enriquecidos em ferro alteram localmente a qualidade das águas subterrâneas.

Por se tratar de sedimentos arenosos, geralmente apresentam boa porosidade e permeabilidade primária e secundária (falhas e fraturas).

- Fontes poluidoras

Em decorrência de sua natureza sedimentar arenosa e algo fraturada, é previsível uma moderada a significativa percolação, favorecendo a infiltração e a circulação de poluentes, que podem atingir rapidamente as águas subterrâneas. Contudo, quando o lençol freático se afasta da superfície, uma espessa cobertura de solo funciona como excelente manto depurador.

- Potencial mineral

A unidade apresenta potencial mineral para areia, argila e cascalho, para uso imediato na construção civil.

- Potencial geoturístico

A configuração morfoestrutural é favorável à existência de áreas de beleza paisagística, com curiosas formas erosivas e rios com formação de corredeiras e cachoeiras.

### **DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS, POUCA A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A TABULEIROS (DCT)**

Camadas sedimentares designadas litoestratigraficamente, na geologia estadual, de formações Pirabas e Barreiras, acham-se bem expostas no nordeste do Pará e litoral do Maranhão, onde são representadas por uma variedade de fácies carbonáticas a siliciclásticas, sendo sugestiva a sua formação em sistemas de paleovales estuarinos com preenchimentos compostos. Esses estratos rochosos ocorrem em afloramentos descontínuos, expostos ao longo de falésias costeiras e em cortes de estradas (Figura 11.9).

Nesse domínio foi definida a unidade geológico-ambiental Alternância Irregular entre Camadas de Sedimentos de Composição Diversa (Arenito, Siltito, Argilito e Cascalho) (DCT).

### **Alternância Irregular entre Camadas de Sedimentos de Composição Diversa (Arenito, Siltito, Argilito e Cascalho) (DCT)**

- Obras de engenharia

Ocorrência generalizada de camadas irregularmente alternadas de sedimentos, com características geomecânicas e hidráulicas diferentes. As mudanças bruscas de litologias representam descontinuidades geomecânicas que facilitam as destabilizações em taludes de corte.

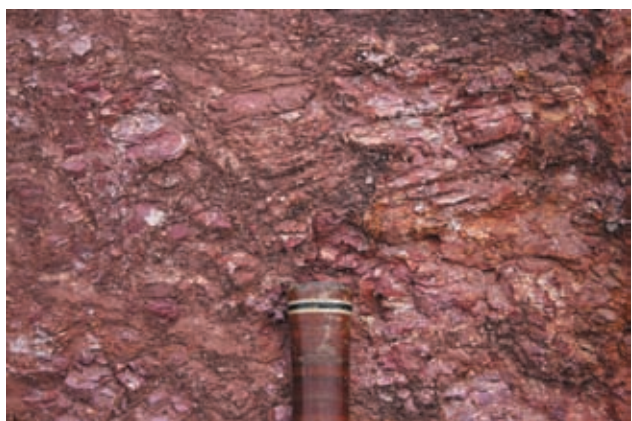
A existência, nesse domínio, de rochas calcárias, é indicativa de processos de dissolução química pela ação das águas, com formação de pequenas e grandes cavidades subterrâneas, com alto potencial de afundamento cárstico. Em decorrência, é previsível que essas espessas camadas horizontalizadas, moderadamente fraturadas, de calcário, incorporem dolinas e sumidouros de drenagem, que se manifestam na forma de colapsos do terreno e subsidências.

Apresenta solos bastante argilosos, parcialmente compactados e impermeabilizados, com tendência a sofrer erosão laminar; algo plásticos, bastante aderentes e escorregadios quando molhados.

Baixa a moderada capacidade de suporte e resistência ao corte e à penetração (solo e manto de alteração espessos) (Figura 11.10).



**Figura 11.9** – Distribuição espacial da unidade geológico-ambiental definida no domínio DCT no estado do Pará.



**Figura 11.10** – Exposição rochosa de argilito vermelho finamente laminado, intensamente fraturado e quebradiço, com coloração nodular algo esbranquiçada; acomodação estrutural, provavelmente, por movimentação neotectônica do Quaternário (grupo Barreiras).

#### • Agricultura

Terras mecanizáveis nas áreas mais horizontalizadas e sem predomínio de litofácies quartzoarenosa, com aptidão agrícola condicionada à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Baixa fertilidade natural; relevo acidentado nas encostas, com solos sujeitos a compactação onde as texturas são mais argilosas.

As rochas calcárias se alteram para solos argilosos pouco permeáveis, com alguma compactação quando continuamente mecanizados com equipamentos pesados.

#### • Recursos hídricos

Nas porções siliciclásticas, a favorabilidade hidrogeológica é alta, representando um aquífero de larga extensão

regional, com permoporosidade significativa, permitindo a circulação de água em volumes consideráveis.

Os reservatórios aquíferos são descontínuos, ocorrendo em diferentes profundidades. As águas mais superficiais são do tipo ferruginoso, provocando alteração no sabor e riscos à saúde.

Nas porções calcárias, as águas subterrâneas se armazenam e circulam através de cavidades formadas pela dissolução dos carbonatos como aquíferos cársticos complexos, com rápida recarga e descarga, podendo causar rebaixamento excessivo do lençol freático.

O potencial hidrogeológico é local e irregular e depende do tamanho das cavidades e das condições climáticas locais. As águas podem conter excesso de carbonato e magnésio.

#### • Fontes poluidoras

Nas rochas siliciclásticas, ocorre baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação, com predomínio de siltitos, argilitos e arenitos de moderada permeabilidade, que se alternam com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

Nas rochas calcárias, há rápida infiltração de poluentes sem depuração, devido à existência de dolinas e sumidouros de drenagem.

Rios subterrâneos podem transportar e disseminar poluentes por longas distâncias.

#### • Potencial mineral

Calcário marinho a costeiro da Formação Pirabas ligado ao Grupo Barreiras tem sido utilizado na fabricação de cimento.

É sugerida a utilização de calcário dolomítico para aplicação como corretivo de solos.

Abundantes concreções lateríticas, que, juntamente com os argilitos hospedeiros, podem ser utilizadas na construção civil e rodovias.

Produção e comercialização de água potável de mesa a partir de aquíferos porosos confinados.

#### • Potencial geoturístico

Ambiência geológica favorável à existência de paisagens cársticas, cavernas e sumidouros.

Minas exauridas e abandonadas têm suas depressões preenchidas com água e formam grandes piscinões ou lagos. Quando transformadas em balneários, servem de pontos recreativos para a população local.

### **DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES MESOZOICAS CLASTOCARBONÁTICAS CONSOLIDADAS EM BACIAS DE MARGENS CONTINENTAIS (RIFT) (DSM)**

Durante o Mesozoico, o substrato rochoso do estado do Pará foi alvo de processos geológicos envolvendo fraturamentos, subsidências com abaciamento e deposição de sequências sedimentares clásticas e carbonáticas em ambiência de rifteamento continental marginal. Essas sequências, no estado do Pará, recebem as designações litoes-

tratiográficas formais de Formação Codó e Grupo Itapecuru e correspondem às unidades geológico-ambientais Predomínio de Sedimentos Quartzoarenosos e Conglomeráticos com Intercalações de Sedimentos Siltico-Argilosos e/ou Calcíferos (DSMqcg) e Intercalações de Sedimentos Siltico-Argilosos e Quartzoarenosos (DSMsaq) (Figura 11.11).

São terrenos com comportamento relativamente homogêneo com relação à adequabilidade e limitação ao uso e à ocupação, sendo destaque o grande potencial hidrogeológico representado pelo Grupo Itapecuru (DSMsaq).



**Figura 11.11** – Distribuição espacial das unidades geológico-ambientais definidas no domínio DSM no estado do Pará.

### **Predomínio de Sedimentos Quartzoarenosos e Conglomeráticos com Intercalações de Sedimentos Siltico-Argilosos e/ou Calcíferos (DSMqcg)**

- **Obras de engenharia**

Os afloramentos representam espessas camadas de rochas moderadamente litificadas e fissuradas, vulneráveis aos processos erosivos. Em alguns locais, apresentam extrema friabilidade e incoerência, desagregando-se com facilidade. Em outros locais, ocorrem blocos e camadas com alta coesão e alta resistência ao corte e à penetração.

A presença predominante de siltitos, argilitos e sedimentos à base de quartzo favorece características de moderada resistência ao corte e à penetração, com solos residuais arenosos e erosivos.

- **Agricultura**

Nas áreas mais planas e sem predomínio de litofácies quartzoarenosa, as terras são mecanizáveis, com aptidão agrícola condicionada à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Baixa fertilidade natural, relevo acidentado nas encostas. Baixa capacidade de retenção de umidade e de nutrientes nas áreas mais quartzoarenosas.

- **Recursos hídricos**

Sedimentos arenosos, geralmente, apresentam boa permoporosidade primária e secundária; contudo, tais propriedades podem ser, localmente, afetadas ou prejudicadas pelo alto grau de diagênese ou silicificação.

- **Fontes poluidoras**

Moderada vulnerabilidade à contaminação destacada pelo predomínio de sedimentos argilosos, que apresentam baixa permeabilidade, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

Rochas de composição diversa provocam variabilidade na taxa de infiltração.

Falhas, fraturas e outras superfícies de descontinuidades podem conduzir os poluentes aos aquíferos.

- **Potencial mineral**

Ocorrências de calcário preto e cinza-escuro, com características químicas dolomíticas. Utilizáveis na construção civil e como corretivos de solos.

- **Potencial geoturístico**

Área recoberta predominantemente por Floresta Ombrófila Aberta, com algumas porções de Floresta Ombrófila Densa, cujo potencial precisa ser mais bem investigado.

### **Intercalações de Sedimentos Siltico-Argilosos e Quartzoarenosos (DSMsaq)**

- **Obras de engenharia**

Espessas camadas horizontalizadas a suavemente colinosas, moderadamente fraturadas.

Solos bastante argilosos, parcialmente compactados e impermeabilizados, com tendência à erosão laminar, algo plásticos, bastante aderentes e escorregadios quando molhados.

Baixa a moderada capacidade de suporte e resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos).

- **Agricultura**

Baixa fertilidade natural.

Relevo acidentado nas encostas, com solos sujeitos à compactação onde as texturas são mais argilosas (Argissolos).

Terras mecanizáveis nas áreas mais horizontalizadas e desprovidas de litologias quartzoarenosas são aptas ao uso agrícola quando corrigidas e fertilizadas.

- **Recursos hídricos**

Média a alta favorabilidade hidrogeológica, representada por intercalações de níveis quartzoarenosos e zonas de fraturas interconectadas, onde o potencial hidrogeológico poderá ser amplificado e prospectável (Figura 11.12).





**Figura 11.12** – Vista parcial de unidade rochosa com fraturamento moderado, em disposição estrutural horizontal; camada rochosa pouco consolidada, com alguma incoerência e impermeabilização; a textura e estrutura mostram tendência à erosão laminar.

Representa um aquífero de larga extensão regional, com permoporosidade significativa, permitindo a circulação de água em volumes consideráveis.

- Fontes poluidoras

Moderada vulnerabilidade à contaminação.

A baixa permeabilidade é garantida pela existência de camadas argilosas, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

Os reservatórios aquíferos são descontínuos, ocorrendo em diferentes profundidades. As águas mais superficiais são do tipo ferruginoso, provocando alteração no sabor e riscos à saúde.

- Potencial mineral

Potencial para depósitos bauxíticos com gênese associada ao intemperismo laterítico das sequências siliciclásticas.

- Potencial geoturístico

Configuração morfoestrutural favorável à existência de áreas com beleza paisagística com morros residuais, corredeiras e cachoeiras.

### **DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES E VULCANOSSEDIMENTARES MESOZOICAS E PALEOZOICAS, POUCA A MODERADAMENTE CONSOLIDADAS, ASSOCIADAS A GRANDES E PROFUNDAS BACIAS SEDIMENTARES DO TIPO SINÉCLISE (DSVMP)**

Essas coberturas constituem quase que totalmente a porção centro-norte e o extremo-sudoeste do estado do Pará e são resultantes do processo evolutivo da Bacia

Sedimentar do Amazonas. No curso desse processo, uma sequência de camadas rochosas sub-horizontalizadas não dobradas, pouco a moderadamente fraturadas, das mais variadas composições, foi depositada ao longo do Paleomesozoico, sendo comum a presença de arenitos, siltitos, argilitos, folhelhos, calcários e evaporitos.

O domínio DSVMP é representado, no estado do Pará, pelas unidades geológico-ambientais: Predomínio de Sedimentos Arenosos Malseleccionados (DSVMPa); Predomínio de Arenitos a Arenitos Cauliníticos (DSVMPac); Predomínio de Arenitos e Conglomerados (DSVMPacg); Arenitos, Conglomerados, Tilitos e Folhelhos (DSVMPactf); Intercalações Irregulares de Sedimentos Arenosos, Síltico-Argilosos e Calcários (DSVMPasac); Intercalações Irregulares de Sedimentos Arenosos e Síltico-Argilosos com Finas Camadas de Evaporitos e Calcários (DSVMPasaec); Intercalações de Sedimentos Arenosos, Síltico-Argilosos e Folhelhos (DSVMPasaf); Predomínio de Rochas Calcárias Intercaladas com Finas Camadas Síltico-Argilosas (DSVMPcsa); Predomínio de Sedimentos Síltico-Argilosos e Arenosos Contendo Camadas de Carvão (DSVMPsaacv) (Figura 11.13).

O domínio DSVMP incorpora unidades geoambientais de alta relevância frente ao uso e à ocupação do solo, com a presença do principal polo de turismo da região (Alter do Chão), com inúmeros atrativos geoturísticos (Monte Alegre) e possibilidade de implantação de geoparques (Monte Alegre).

Merece destaque nesse domínio a elevada favorabilidade hidrogeológica de algumas de suas unidades, constituindo importantes aquíferos da região, com destaque para a Formação Alter do Chão, além da presença de potencial mineral para minerais e agregados empregados como materiais de uso imediato na construção civil, na agricultura e nas indústrias de minerais não metálicos. Processos erosivos superficiais, como ravinamentos e voçorocas, são bastante comuns em cortes de estrada, provocando, com frequência, danos à infraestrutura viária.

### **Predomínio de Sedimentos Arenosos Mal Seleccionados (DSVMPa)**

- Obras de engenharia

Quando aflorantes, camadas de rochas moderadamente coesas e fraturadas são vulneráveis à erosão, localmente apresentando extrema friabilidade e desagregação.

Camadas localizadas com alta resistência ao corte e à penetração.

Moderada a alta capacidade de suporte e moderada resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos).

- Agricultura

Terras mecanizáveis nas áreas mais planas, sem predomínio de sedimentos quartzarenosos, aptas ao uso agrícola, quando corrigidas e fertilizadas.





**Figura 11.13** – Distribuição espacial das unidades geológico-ambientais definidas no domínio DSVMP no estado do Pará.

Baixa fertilidade natural.

Relevo acidentado nas encostas e sujeito a inundações periódicas nas áreas baixas.

Baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas mais arenosas.

Recomenda-se preservação das áreas mais declivosas.

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica concentrada nos níveis arenosos de elevada razão areia/argila e pouco compactados/cimentados. As fraturas propiciam ao sistema porosidade e permeabilidade secundária, permitindo acumulação de água em volumes consideráveis.

- Fontes poluidoras

Moderada vulnerabilidade à contaminação, representada pela predominância de arenitos compactados.

O solo, pouco espesso, comporta-se como razoável manto depurador, com alguma capacidade de reter e eliminar poluentes.

Em se tratando de unidade geoambiental composta, essencialmente, por rochas de composição quartzarenosa, a taxa de infiltração terá maior variabilidade pela presença de falhas, fraturas e outras superfícies de discontinuidades como condutores dos poluentes aos aquíferos.

- Potencial mineral

Essa unidade apresenta potencial mineral para areia para uso imediato na construção civil.

- Potencial geoturístico

A configuração morfoestrutural é favorável à existência de áreas com beleza paisagística, com morros residuais, corredeiras e cachoeiras.

## Predomínio de Arenitos e Arenitos Cauliníticos (DSVMPac)

- Obras de engenharia

A rigor, essa unidade apresenta uma quase generalizada alteração ferruginosa por processos de laterização, desenvolvendo espessos e extensivos perfis de solos contendo horizontes compostos por crostas e concreções ferruginosas; seus afloramentos são como espessas camadas de rochas friáveis, pouco a moderadamente fraturadas, extremamente vulneráveis à erosão.

Apresenta alta capacidade de suporte de carga e baixa a moderada resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos).

A presença de crostas lateríticas é fator de proteção à instalação de processos erosivos.

Camadas ou leitos com avançada litificação necessitam de uso de maquinário e explosivo para remoção.

As porções de vertentes íngremes e declivosas são desaconselhadas à ocupação.

Maior favorabilidade à instalação de feições erosivas e movimentos de massa, com abundantes voçorocas, ravinações e escorregamentos, sobretudo às margens das rodovias, como resultado de processos naturais.

- Agricultura

Terras mecanizáveis nas áreas mais planas e com solos mais profundos, à exceção das áreas arenosas, aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Superfície plana a ondulada e topo de platôs favoráveis à mecanização agrícola.

Baixa fertilidade natural.

Relevo acidentado nas encostas, sujeito a inundações periódicas nas áreas baixas.

Baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas mais arenosas.

Solos mais suscetíveis aos processos erosivos, devido ao elevado gradiente textural, principalmente nas encostas (Argissolos).

- Recursos hídricos

Alta favorabilidade hidrogeológica, com aquíferos profundos e grande expressão areal, sendo o Aquífero Alter do Chão considerado o principal do estado e de toda a Região Amazônica (Figura 11.14). As águas normalmente apresentam boa qualidade química. Lentes de argilas e litofácies com maior grau de diagênese e litificação diminuem a sua permoporosidade. Níveis enriquecidos em ferro alteram, localmente, a qualidade das águas subterrâneas.

- Fontes poluidoras

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação, devido à presença de arenitos e conglomerados compactados e com porções caulínicas de baixa permeabilidade e alta capacidade de reter e eliminar poluentes. Lençol freático afastado da superfície.

A espessa cobertura de solo funciona como excelente manto depurador.

Baixa capacidade de reter e eliminar poluentes.

A presença de falhas/fraturas conduz mais rapidamente o poluente à água subterrânea. Nas superfícies planas, a taxa de infiltração é maior, enquanto nas partes mais fortemente onduladas o lençol freático, normalmente, é mais raso e o poder de neutralização natural dos poluentes é menor.

Área de cabeceiras de drenagem com inúmeras nascentes altamente vulneráveis à contaminação. Essas nascentes devem ser protegidas, monitoradas e fiscalizadas, para impedir ou minimizar a infiltração de substâncias poluentes nos aquíferos e cursos d'água superficiais.



**Figura 11.14** – Diferentes níveis composicionalmente distintos de material psamítico e pelítico, estes geralmente caulínicos, em disposição estrutural sub-horizontal (formação Alter do Chão).

- **Potencial mineral**

Área de relevante interesse mineral, onde as litofácies de alta coerência da Formação Alter do Chão têm sido utilizadas como brita e revestimento, próximo a suas áreas de ocorrências.

Hospeda expressivos depósitos de caulim de classe mundial, da Formação Ipixuna, de alta qualidade, com aplicação nobre na indústria de papel (*coating*) e cerâmica branca (Figura 11.15).

Mina de bauxita relacionada aos platôs da Formação Alter do Chão. Essa formação representa uma unidade potencial para água potável de mesa e/ou mineral.

Depósitos de areia utilizados na construção civil e argila usada para o fabrico de cerâmica vermelha, relacionados à Formação Alter do Chão.

- **Potencial geoturístico**

Área com atrativos geoturísticos, onde formas de relevo elevadas sobressaem na paisagem.

Nas rochas mais litificadas há formação de inúmeras corredeiras e cachoeiras.

Duas minas ativas, na Formação Ipixuna, têm potencialidade como atrativo geoturístico-geomineiro.



**Figura 11.15** – Afloramento, às margens da estrada, de estratos de rocha caulínica maciça, com alto índice de alvura e alto grau de pureza, com incipiente processo de alteração superficial.

### **Predomínio de Arenitos e Conglomerados (DSVMPacg)**

- **Obras de engenharia**

Moderada a alta capacidade de suporte e moderada resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos).

Os afloramentos representam espessas camadas de rochas moderadamente litificadas e fissuradas, vulneráveis aos processos erosivos. Em geral, são camadas com alta coesão e com alta resistência ao corte e à penetração.

- **Agricultura**

Baixa fertilidade natural.

Relevo acidentado nas encostas.

Baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas mais quartzoarenosas.

Aptidão para o uso agrícola condicionada a porções menos declivosas e à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Recomenda-se a preservação das áreas mais declivosas.

- **Recursos hídricos**

Média a alta favorabilidade hidrogeológica, devido à presença de níveis arenosos e zonas intensamente fraturadas. As fraturas propiciam ao sistema porosidade e permeabilidade secundária, permitindo acumulação de água em volumes consideráveis.

- **Fontes poluidoras**

Moderada vulnerabilidade à contaminação representada pela predominância de arenitos compactados.

O solo pouco espesso comporta-se como razoável manto depurador, com alguma capacidade de reter e eliminar poluentes.

O predomínio de quartzoarenitos provoca invariabilidade na taxa de infiltração.

As falhas, fraturas e outras superfícies de discontinuidades podem conduzir os poluentes aos aquíferos.

- **Potencial mineral**

Área com possibilidades de ocorrências carbonáticas relacionadas ao membro superior, de ambiente marinho, da Formação Piauí.

- **Potencial geoturístico**

Área com atrativos geoturísticos, onde formas de relevo elevadas sobressaem na paisagem. Nas rochas mais litificadas, há formação de inúmeras corredeiras e cachoeiras.

### **Arenitos, Conglomerados, Tilitos e Folhelhos (DSVMPactf)**

- **Obras de engenharia**

Moderada a alta capacidade de suporte e baixa resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos).

Espessas camadas horizontalizadas, pouco a moderadamente fraturadas, com rochas com características geomecânicas e hidráulicas contrastantes em profundidade, representadas, predominantemente, por psamitos e pelitos. Essas espessas camadas mostram facilidade de se expor como taludes de corte, onde mudanças bruscas de litologias facilitam as desestabilizações.

As camadas de folhelhos finamente laminadas e portadoras de argilominerais expansivos fendilham-se, desagregam-se e se desestabilizam com facilidade em taludes de corte. Tais folhelhos são suscetíveis aos fenômenos de colapsividade.

- **Agricultura**

Baixa fertilidade natural e relevo acidentado nas encostas (Latosolos). São terras aptas para uso agrícola condicionado às porções menos declivosas e à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Solos bastante argilosos, com pouca permeabilidade.

- **Recursos hídricos**

Baixa a média favorabilidade hidrogeológica, considerando-se os níveis quartzarenosos e as zonas fraturadas, onde o potencial hidrogeológico poderá ser representativo.

- **Fontes poluidoras**

Predomínio de folhelhos, que apresentam baixa permeabilidade, que se alteram para solos profundos, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

As águas podem conter teor excessivo em enxofre, com formação de água sulfurosa, com restrições ao consumo.

- **Potencial mineral**

Possibilidade de existência de arenitos silicificados e coesos, que podem ser usados como pedra de revestimento, assim como de ocorrência de folhelhos carbonosos.

Área de relevante interesse mineral representado por litofácies do tipo *black shale*, de alta radioatividade, com vasta anomalia geoquímica de mineral uranífero.

Ocorrências de chumbo e zinco, geralmente associadas a cobre e bário.

Ocorrências da associação U-Mo-ETR, assim como de fosfato.

- **Potencial geoturístico**

Local de difícil acesso, recoberto por Floresta Ombrófila, cujo potencial precisa ser levantado.

### **Intercalações Irregulares de Sedimentos Arenosos, Siltico-Argilosos e Calcários (DSVMPasac)**

- **Obras de engenharia**

Baixa a moderada capacidade de suporte e resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos).

Espessas camadas aflorantes de rochas moderadamente litificadas, vulneráveis aos processos erosivos. Em geral, são camadas com alta coesão e alta resistência ao corte e à penetração.

- **Agricultura**

Terras mecanizáveis nas áreas mais planas e sem predomínio de litofácies quartzarenosa, com aptidão agrícola condicionada à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Baixa fertilidade natural.

Relevo acidentado nas encostas, com solos sujeitos à compactação onde as texturas são mais argilosas.

Espessas camadas horizontalizadas moderadamente fraturadas.

Baixa capacidade de retenção de umidade e de nutrientes nas áreas mais quartzarenosas.

- **Recursos hídricos**

Favorabilidade hidrogeológica baixa a moderada, considerando-se a presença de intercalações irregulares de sedimentos quartzarenosos.

- **Fontes poluidoras**

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação, com predomínio de siltitos, argilitos, arenitos e calcários, que apresentam moderada permeabilidade, que se alternam com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

Grupo de rochas de composição diversa, provocando variabilidade na taxa de infiltração.

As falhas, fraturas e outras superfícies de descontinuidades podem conduzir os poluentes aos aquíferos.

- **Potencial mineral**

Possibilidade de ocorrências e depósitos de calcário.

- **Potencial geoturístico**

Local de difícil acesso, recoberto por Floresta Densa, onde formas de relevo elevadas sobressaem na paisagem.

Nas rochas mais litificadas há formação de inúmeras corredeiras e cachoeiras.



### Intercalações Irregulares de Sedimentos Arenosos e Siltico-Argilosos com Finas Camadas de Evaporitos e Calcários (DSVMPasaec)

- Obras de engenharia

Baixa a moderada capacidade de suporte e resistência ao corte e à penetração (solo e manto de alteração espesso).

Espessas camadas horizontalizadas, pouco a moderadamente fraturadas (Figura 11.16).

Para as camadas calcárias e evaporíticas espessas pode haver maior suscetibilidade aos processos de dissolução, gerando dolinas e sumidouros de drenagem, que se manifestam na forma de colapsos do terreno e subsidências. Há possibilidades da existência de cavidades de ligação entre os fluxos d'água superficial e subterrâneo, locais com alto potencial de colapso.

Alteram-se para solos argiloarenosos pouco permeáveis e algo plásticos, aderentes e escorregadios quando molhados.

- Agricultura

Baixa fertilidade natural.

Relevo acidentado nas encostas.

Solos sujeitos à compactação onde as texturas são mais argilosas.

Terras mecanizáveis nas áreas mais planas e não arenosas, aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Em decorrência de variação litológica muito grande no empilhamento vertical, a textura dos solos residuais pode variar, de local para local, de arenosa a argilosa, resultando em solos de comportamentos agrícolas muito diferentes.

Recomenda-se a preservação das áreas mais declivosas.

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, sendo comum a dissolução química de seus minerais, formando cavernas, sumidouros e dolinas.

Fraturas e outras superfícies de descontinuidade, alargadas por dissolução, proporcionam ao reservatório porosidade e permeabilidade secundária, permitindo a circulação de água em volumes consideráveis.

Os reservatórios aquíferos são descontínuos e as águas são do tipo carbonatado, com dureza elevada.

Possibilidade de aquíferos cársticos complexos, com rápidos processos de recarga e descarga.

- Fontes poluidoras

Alto potencial para existência de locais de ligação direta entre os fluxos d'água superficial e subterrâneo (dolinas e sumidouros de drenagem), que representam locais pelos quais poluentes podem chegar rapidamente até às águas subterrâneas sem sofrer qualquer depuração.

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação, com predomínio de siltitos, que apresentam baixa permeabilidade, e calcários que se alteram para solos profundos, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

- Potencial mineral

Área de relevante interesse mineral pela existência de importantes depósitos de gipsita, halita, silvinita e calcário associados a espessas camadas das bacias sedimentares do Amazonas e Maranhão (Figura 11.17).

- Potencial geoturístico

Local de difícil acesso, recoberto por Floresta Densa, onde formas de relevo elevadas sobressaem na paisagem.

Nas rochas mais litificadas há formação de inúmeras corredeiras e cachoeiras.

### Intercalações de Sedimentos Arenosos, Siltico-Argilosos e Folhelhos (DSVMPasaf)

- Obras de engenharia

Espessos pacotes sub-horizontalizados, pouco a moderadamente fraturados, com camadas contendo grande variedade de arenitos de granulação fina a grossa, estratificados a maciços, siltitos e folhelhos laminados, podendo, eventualmente, ocorrerem níveis de folhelhos carbonosos e piritosos, silixitos e lentes de diamictitos maciços gerados em ambiente marinho.



**Figura 11.16** – Arenito grosseiro, friável, malselecionado, apresentando estratificação cruzada (formação Nova Olinda).



**Figura 11.17** – Lavra de calcário calcítico para fabricação de brita; calcário horizontalizado bastante fraturado, com intercalações argilosas (o calcário tem menos de 5% de MgO) (formação Nova Olinda).



As mudanças bruscas de litologias constituem descontinuidades geomecânicas e hidráulicas que facilitam as desestabilizações e os processos erosivos em taludes de corte.

Moderada a alta capacidade de suporte e baixa a moderada resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos).

Existência de sedimentos arenoquartzosos de baixa resistência ao cisalhamento, geralmente bastante fraturados e percolativos e vulneráveis à erosão. Localmente, apresentam extrema erodibilidade, com desagregação granular.

Localmente, ocorrem blocos e camadas com alta resistência ao corte e à penetração.

Nos relevos forte ondulados a íngremes há maior favorabilidade à instalação de feições erosivas e movimentos de massa. As voçorocas e escorregamentos são abundantes em taludes de corte de materiais que, em profundidade, apresentam comportamentos geomecânicos e hidráulicos contrastantes e vulneráveis à erosão.

#### • Agricultura

Terras mecanizáveis em áreas mais planas e não arenosas, com aptidão agrícola condicionada à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Baixa fertilidade natural.

Relevo acidentado nas encostas e sujeito a inundações periódicas nas áreas baixas.

Baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas mais quartzoarenosas.

Nas áreas mais arenosas devem predominar solos residuais bastante erosivos, ácidos, de baixa fertilidade natural, de baixa capacidade hídrica e de reter e fixar nutrientes, sendo inadequados para agricultura de ciclo curto e plantio de raízes curtas.

Recomenda-se a preservação das áreas mais declivosas.

#### • Recursos hídricos

A favorabilidade hidrogeológica é variável em função da variabilidade litológica. Nos níveis arenosos de elevada razão areia/argila e pouco compactados/cimentados, como na Formação Trombetas, o potencial hidrogeológico poderá ser bastante expressivo.

As fraturas propiciam ao sistema porosidade e permeabilidade adicional e secundária, permitindo acumulação de água em volumes consideráveis.

#### • Fontes poluidoras

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação resultante da presença de arenitos compactos, folhelhos e siltitos, responsáveis pela baixa permeabilidade e taxa de infiltração. Em geral, o solo espesso comporta-se como excelente manto depurador, com boa capacidade de reter e eliminar poluentes.

Existência de rochas de composição variada, interferindo na taxa de infiltração. As falhas, fraturas e outras superfícies de descontinuidades podem conduzir os poluentes aos aquíferos.

Nas superfícies onduladas a íngremes, o lençol freático, normalmente, é mais raso, com menor poder de neutralização natural dos poluentes.

#### • Potencial mineral

Litologias quartzoarenosas, com alta permoporosidade do tipo Formação Trombetas, têm potencial para hospedar água potável de mesa e/ou mineral.

As rochas silticas da Formação Ererê podem ser extraídas e utilizadas como pedras de talhe para emprego imediato na construção civil.

#### • Potencial geoturístico

Área com atrativos geoturísticos, devendo ser iniciados estudos prospectivos visando à proposta de criação do Geoparque de Monte Alegre.

Ambiente de grande beleza cênica e paisagística, com litologias areníticas trabalhadas e esculpidas; grutas e cavernas com inscrições rupestres em arenitos.

### **Predomínio de Rochas Calcárias Intercaladas com Finas Camadas Siltico-Argilosas (DSVMPcsa)**

#### • Obras de engenharia

Baixa a moderada capacidade de suporte e resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos).

Espessas camadas horizontalizadas, pouco a moderadamente fraturadas. Onde as camadas calcárias são espessas pode haver maior suscetibilidade aos processos de dissolução aquosa, gerando dolinas, cavernas e sumidouros de drenagem, que se manifestam na forma de colapsos e abatimentos do terreno e subsidências.

Cuidados extremos devem ser considerados quando da construção de obras de engenharia sobre e próximo das dolinas, exigindo-se importantes estudos geotécnicos associados a métodos geofísicos.

#### • Agricultura

Terras mecanizáveis em áreas mais planas e não arenosas, com aptidão para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Baixa fertilidade natural.

Relevo acidentado nas encostas, com solos argilosos sujeitos à compactação onde as texturas são mais argilosas (Argissolos).

#### • Recursos hídricos

Moderada a alta favorabilidade hidrogeológica, onde é comum a dissolução química de seus minerais, formando cavernas, sumidouros e dolinas.

Fraturas e outras superfícies de descontinuidades, alargadas por dissolução, proporcionam ao reservatório porosidade e permeabilidade secundária, permitindo a circulação de água em volumes consideráveis.

Os reservatórios aquíferos são descontínuos e as águas são do tipo carbonatado, com dureza elevada. Possibilidade de aquíferos cársticos com características hidrogeológicas complexas. Sofrem rápidas ações de recarga e descarga.

- Fontes poluidoras

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação, devido ao predomínio de siltitos, que apresentam baixa permeabilidade, e calcários que se alteram para solos profundos, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

Alto potencial para existência de locais de ligação direta entre os fluxos d'água superficial e subterrâneo (dolinas, cavernas e sumidouros de drenagem), pelos quais poluentes podem chegar rapidamente até as águas subterrâneas sem sofrer qualquer depuração.

- Potencial mineral

Uma grande mina de calcário calcítico está em operação produtiva no município de Itaituba, para utilização no fabrico de cimento tipo *portland*.

O depósito de gipsita, no município de Aveiro, aguarda estudo de viabilidade econômica para utilização na fabricação de gesso e como coproduto na fabricação de cimento.

Mina pequena de calcário dolomítico, na Formação Itaituba, e no município de Itaituba, às margens do rio Tapajós, como insumo para agricultura.

- Potencial geoturístico

Local de difícil acesso, recoberto por Floresta Densa, onde formas de relevo elevadas sobressaem na paisagem.

Nas rochas mais litificadas há formação de inúmeras corredeiras e cachoeiras.

### **Predomínio de Sedimentos Síltico-Argilosos e Arenosos Contendo Camadas de Carvão (DSVMPsaacv)**

- Obras de engenharia

Essas camadas aflorantes de rochas litificadas, com alguma vulnerabilidade aos processos erosivos. Em geral, são camadas com alta coesão, baixa a moderada capacidade de suporte e alta resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos).

- Agricultura

Terras mecanizáveis em áreas mais planas e sem predomínio de litofácies quartzoarenosa, com aptidão agrícola condicionada à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Baixa fertilidade natural.

Relevo acidentado nas encostas, com solos sujeitos à compactação onde as texturas são mais argilosas.

Essas camadas horizontalizadas, moderadamente fraturadas.

Baixa capacidade de retenção de umidade e de nutrientes nas áreas mais quartzoarenosas.

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica baixa a moderada, considerando-se a presença de intercalações irregulares de sedimentos quartzoarenosos.

- Fontes poluidoras

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação, resultante da presença de camadas de siltitos, argilitos, arenitos e, possivelmente, calcários, que apresentam moderada permeabilidade, que se alternam com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

Grupo de rochas de composição diversa, provocando variabilidade na taxa de infiltração.

As falhas, fraturas e outras superfícies de descontinuidades podem conduzir os poluentes aos aquíferos.

- Potencial mineral

Há necessidade de estudos geológicos e prospectivos adicionais, para estabelecimento de seu potencial mineral.

- Potencial geoturístico

Local de difícil acesso, recoberto por Floresta Densa, onde formas de relevo elevadas sobressaem na paisagem.

Nas rochas mais litificadas há formação de inúmeras corredeiras e cachoeiras.

### **DOMÍNIO DO VULCANISMO FISSURAL MESOZOICO DO TIPO PLATÔ (DVM)**

Na era mesozoica, a crosta geológica do estado do Pará foi submetida a intensa atividade magmática básica de natureza toleítica, disseminada em todo o espaço paraense, independentemente do domínio tectônico. Assim, esse magmatismo básico ocorrente no Escudo Brasil Central recebe a denominação Diabásio Cururu; na sinéclise amazônica recebe a designação Diabásio Penatecaua; no Escudo das Guianas tem sido cartografado como Diabásio Cassiporé.

No estado do Pará, essas rochas básicas estão representadas por dezenas de corpos, a maioria deles constituídos por pequenos diques e plutons lacóliticos.

Esse domínio é representado, no estado do Pará, pela unidade geológico-ambiental Predomínio de Intrusivas na Forma de Gabros e Diabásio (DVMgd) (Figura 11.18).

### **Predomínio de Intrusivas na Forma de Gabros e Diabásio (DVMgd)**

- Obras de engenharia

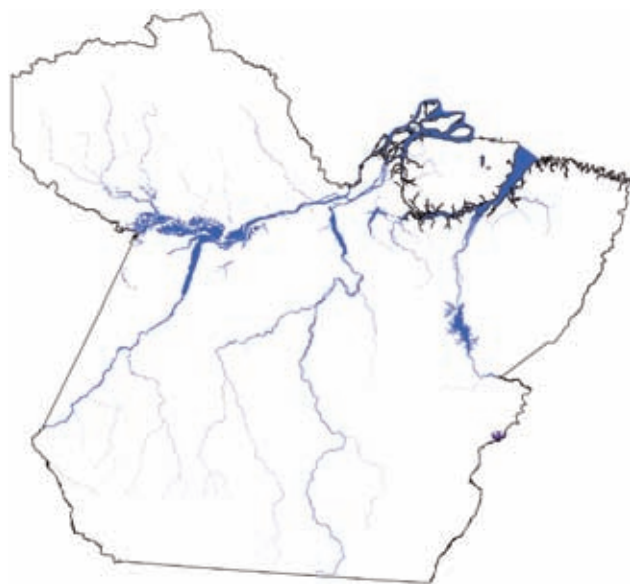
Relevo longitudinal diqueforme, capeado por crosta laterítica mostrando exposições rochosas com alto grau de coerência, moderadamente fraturadas, com alta resistência ao corte e à penetração e necessitando do uso de explosivos para o desmonte; suscetíveis à queda e rolagem de blocos e matacões quando fraturadas.

Áreas íngremes, com topografia acidentada associada a formas retilíneas a dômicas, onde ocorrem mudanças bruscas de declive, que favorecem a instalação de processos erosivos.

Rochas e solos residuais com boa homogeneidade geomecânica e hidráulica lateral e vertical e com elevada resistência à compressão.

Áreas desaconselhadas à ocupação, pois necessitam de grande intervenção para estabilização de taludes de corte.

O intemperismo das rochas dessa unidade ocorre de forma homogênea, deixando como resíduos blocos arredondados e matacões que podem se desestabilizar em taludes de corte e afetar as fundações em obras de engenharia (Figura 11.19).



**Figura 11.18** – Distribuição espacial da unidade geológico-ambiental definida no domínio DVM no estado do Pará.



**Figura 11.19** – Exposição de rocha básica, ocorrendo sob a forma de soleira, com planos de fratura em escala semipenetrativa e interconectada, possibilitando a formação de reservatórios aquosos expressivos (diabásio Penatecaua).

#### • Agricultura

Terras mecanizáveis em áreas planas e/ou sub-horizontalizadas, com baixo conteúdo de componentes arenosos, aptas para utilização na agricultura condicionada à aplicação de substâncias corretivas e de insumos fertilizantes.

Superfície horizontalizada com suaves ondulações, receptiva à mecanização agrícola.

Solos espessos, argilosos, de profunda alteração química intempérica superficial, geralmente ricos em ferro, cálcio e magnésio. Os solos residuais pouco evoluídos são de boa fertilidade natural.

#### • Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural. Falhas e fraturas interconectadas resultarão em aquíferos expressivos e significativos.

Em função de o acúmulo da água estar relacionado à presença das estruturas geológicas, é extremamente comum a formação de reservatórios bastante irregulares: em determinado local, um poço pode ter excelente vazão e, na circunvizinhança, outro poço, de mesma profundidade, pode ser seco.

#### • Fontes poluidoras

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação, considerando-se que as rochas são coesas, com baixa permeabilidade. O solo costuma ser argiloso e profundo, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

Nas bordas dos corpos é comum a presença de falhas e fraturas que facilitam a infiltração de contaminantes até as águas subterrâneas.

Áreas de cabeceira de drenagem com inúmeras nascentes altamente vulneráveis à poluição, necessitando de proteção e monitoramento.

Geralmente, essas rochas ígneas, textural e composicionalmente homogêneas e de alta coesão, são portadoras de alta densidade de fendilhamentos abertos, quando próximos da superfície, facilitando a percolação rápida de poluentes, com risco de contaminação das águas subterrâneas.

#### • Potencial mineral

Possibilidade de utilização como brita e rocha ornamental, porém, condicionada ao grau de fraturamento, de intemperismo, espessura do manto regolítico estéril e da infraestrutura local.

#### • Potencial geoturístico

Áreas serranas sobressaem em meio à superfície mais plana recoberta por Floresta Ombrófila, cujo potencial geoturístico precisa ser mais bem levantado.

## DOMÍNIO DOS COMPLEXOS ALCALINOS INTRUSIVOS E EXTRUSIVOS, DIFERENCIADOS DO TERCIÁRIO, MESOZOICO E PROTEROZOICO (DCA)

O domínio DCA é representado por corpos ígneos intrusivos, de natureza máfica, consolidados em ambiente de quietude tectônica. De modo geral, essas rochas, de composição alcalina, moderadamente fraturadas, desenvolvem, por decorrência climática, uma espessa cobertura laterítica de natureza essencialmente ferruginosa, raramente permitindo o afloramento de rochas primárias que fazem o *bedrock*.

Esse domínio contempla as unidades litoestratigráficas complexos alcalinos Maecuru e Maraonaí e correspondem à unidade geológico-ambiental Gabro, Anortosito, Carbonatito, Dique de Lamprófiro (DCAganc) (Figura 11.20).



**Figura 11.20** – Distribuição espacial da unidade geológico-ambiental definida no domínio DCA no estado do Pará.

### Gabro, Anortosito, Carbonatito, Dique de Lamprófiro (DCAganc)

#### • Obras de engenharia

Estruturas circulares bem formadas, capeadas por crosta laterítica ferruginosa, com relevo serrano, subcircular anômalo, tipo “chapéu de ferro”.

Superfície abaulada, côncava, formando morros e crateras rasas e profundas.

Exposições rochosas, moderadamente fraturadas, com alta resistência ao corte e à penetração, suscetíveis à queda e rolagem de blocos, quando fraturadas.

Áreas íngremes, com topografia acidentada, associadas a formas retilíneas a dômicas/circulares, onde ocorrem mudanças bruscas de declive, que favorecem a instalação de processos erosivos.

Áreas desaconselhadas à ocupação, pois necessitam de grande intervenção para estabilização de taludes de corte.

#### • Agricultura

Terras mecanizáveis em áreas planas e/ou sub-horizontalizadas, com baixo conteúdo de componentes arenosos, aptas para utilização na agricultura condicionada à aplicação de substâncias corretivas e de insumos fertilizantes.

Superfície horizontalizada com suaves ondulações, receptiva à mecanização agrícola.

Solos espessos, argilosos, com pedregosidade e rochocidade, de profunda alteração química intempélica superficial, geralmente ricos em ferro, magnésio e álcalis.

#### • Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural. Quando na presença de falhas e fraturas interconectadas, podem se tornar bons aquíferos, porém, com alta irregularidade. Possibilidade de ocorrência de carbonatos dissolvidos, elevando a dureza de suas águas.

#### • Fontes poluidoras

Nas bordas dos corpos é comum a presença de falhas e fraturas, que facilitam a infiltração de contaminantes até as águas subterrâneas.

As áreas de cabeceira de drenagem, com inúmeras nascentes, são altamente vulneráveis à poluição, portanto, devem ser protegidas e monitoradas.

Possibilidade de ocorrência de carbonatos dissolvidos, elevando a dureza das águas subterrâneas.

#### • Potencial mineral

Área de relevante interesse mineral, contendo importante depósito de titânio, na forma de anatásio em crosta ferruginosa, e de apatita primária.

Teores significativos de nióbio e de elementos terras-raras (ETR) são relatados.

#### • Potencial geoturístico

Área de grande beleza cênica, constituída por duas estruturas rochosas circulares elevadas, capeadas por espessa cobertura laterítica ferruginosa, responsável pela preservação de relevo positivo e destacado na paisagem regional.

## DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU MUITO POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS (DSP1)

O domínio DSP1 corresponde aos terrenos sedimentares agrupando camadas de rochas horizontalizadas e sub-horizontalizadas de várias espessuras, constituídas por sedimentos clastoquímicos de composição variada, advindos de diversos ambientes de sedimentação.

No estado do Pará, essa sedimentação representa uma cobertura ortoplateformal, com alto grau de coesão, litificação e silicificação, com efeitos metamórficos baixos e localizados, resultantes de soterramento ou sobrecarga lítica, apresentando-se suavemente dobrada e metamorfizada em baixo grau.



Esse domínio é representado, no estado do Pará, pelas formações Gorotire, Novo Progresso, Urupi, Beneficente, Piriá e Cachoeirinha, correspondendo às unidades geológico-ambientais Predomínio de Sedimentos Arenosos e Conglomeráticos, com Intercalações Subordinadas de Sedimentos Síltico-Argilosos (DSP1acgsa), e Predomínio de Sedimentos Síltico-Argilosos, com Intercalações Subordinadas de Arenitos e Grauvacas (DSP1saagr), sob a forma de raras exposições nas extremas porções do sudeste e sudoeste paraense (Figura 11.21).



**Figura 11.21** – Distribuição espacial das unidades geológico-ambientais definidas no domínio DSP1 no estado do Pará.

**Predomínio de Sedimentos Arenosos e Conglomeráticos, com Intercalações Subordinadas de Sedimentos Síltico-Argilosos (DSP1acgsa), e Predomínio de Sedimentos Síltico-Argilosos, com Intercalações Subordinadas de Arenitos e Grauvacas (DSP1saagr)**

• **Obras de engenharia**

Moderada a alta capacidade de suporte e baixa a moderada resistência ao corte e à penetração (solo e perfis de alteração espessos) (DSP1acgsa).

Baixa a moderada capacidade de suporte e resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos) (DSP1saagr).

Espessas camadas horizontalizadas, pouco a moderadamente fraturadas, com variação no comportamento geomecânico em profundidade. Espessas camadas aflorantes de rochas litificadas, com alguma vulnerabilidade aos processos erosivos. Em geral, são camadas com alta coesão e alta resistência ao corte e à penetração (DSP1saagr).

Áreas íngremes, com solo pouco espesso ou inexistente, com exposição da face rochosa.

As camadas síltico-argilosas são suscetíveis à desestabilização em taludes de corte. Os litotipos arenosos costumam ser friáveis, facilmente suscetíveis à erosão em taludes de corte.

• **Agricultura**

Baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas mais quartzoarenosas (DSP1saagr).

Baixa fertilidade natural e relevo acidentado nas encostas.

Presença de solo pouco espesso.

Ocorrência de pedregosidade e rochiosidade associada a solos rasos.

Ocorrência de concreções lateríticas.

Baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas mais arenosas.

Terras mecanizáveis em áreas mais planas e solos mais profundos, aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Impedimentos à mecanização nas áreas com lateritas.

Recomenda-se a preservação das áreas mais declivosas e das áreas arenosas.

• **Recursos hídricos**

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural. Quando houver falhas e fraturas interconectadas, podem se tornar bons aquíferos.

A permeabilidade e a porosidade primária dos sedimentos quartzosos geralmente encontram-se reduzidas pela diagênese elevada ou silicificação.

• **Fontes poluidoras**

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação, com rochas coesas e baixa permeabilidade (DSP1acgsa), também quando da presença de camadas de siltitos, argilitos e arenitos, que apresentam moderada permeabilidade, e que se alternam com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes (DSP1saagr).

Quando presente, o solo costuma ser argiloso e profundo, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

Relevos onde a taxa de escoamento geralmente é maior que a de infiltração.

A permeabilidade e a porosidade primária dos sedimentos quartzosos geralmente encontram-se reduzidas pela diagênese elevada ou silicificação.

Localmente, a presença de falhas e fraturas pode conduzir rapidamente o contaminante ao aquífero.

Áreas de cabeceira de drenagem com inúmeras nascentes altamente vulneráveis à poluição.

• **Potencial mineral**

Ocorrências de sulfetos de chumbo e zinco, sob a forma de crosta laterítica, associadas às grauvacas (DSP1saagr).

- **Potencial geoturístico**

Coberturas sedimentares altamente montanhosas como conjuntos serranos e possibilidade de formação de corredeiras e cachoeiras. Sobre essas coberturas sedimentares é frequente a ocorrência de Floresta Ombrófila Densa, Aberta e Savana, cujo potencial geoturístico precisa ser mais bem avaliado.

### **DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS (DSVP1)**

O domínio DSVP1 corresponde a terrenos geologicamente antigos, da era proterozoica, agrupando rochas formadas em ambiente de sedimentação e envolvendo intensa atividade vulcânica ácida.

Ocorrem sob a forma de grandes e extensivos derrames, preenchendo depressões preexistentes, depositados junto aos demais sedimentos presentes nas bacias sedimentares. Todo esse material foi solidificado e litificado e se encontra disposto sob a forma de camadas horizontalizadas a sub-horizontalizadas, de espessuras diversas, constituídas por rochas de composição variada. Localmente, por efeitos tectônicos, podem se apresentar suavemente dobrados e metamorfozados em baixo grau.

Esse domínio é representado, no estado do Pará, pelas unidades litoestratigráficas denominadas formações Salustiano, Bom Jardim, Sobreiro e Vila Riozinho, e grupos Iricoumé, Iriri, Colíder e Aruri, que correspondem às unidades geológico-ambientais Predomínio de Vulcanismo Ácido a Intermediário (DSVP1va); Vulcanismo Ácido a Intermediário e Intercalações de Metassedimentos Arenosos e Síltico-Argilosos e Formações Ferríferas e/ou Manganésíferas (DSVP1vaa); Sequência Vulcanossedimentar (DSVP1vs). Ocorrem nas porções noroeste e centro-sul do estado (Figura 11.22).

Do ponto de vista do uso e ocupação, as unidades desse domínio geológico-ambiental apresentam sérias restrições decorrentes da elevada declividade das vertentes. As adequabilidades e limitações precisam ser mais bem avaliadas, sobretudo em relação ao potencial mineral e geoturístico.

#### **Predomínio de Vulcanismo Ácido a Intermediário (DSVP1va)**

- **Obras de engenharia**

Exposições rochosas, pouco a moderadamente fraturadas, com alta capacidade de suporte de carga e resistência ao corte e à penetração (solos e perfis de alteração espessos), sendo necessário o uso de explosivos e maquinário para remoção. Suscetíveis à queda e à rolagem de blocos, quando fraturadas.

Áreas desaconselhadas à ocupação, pois necessitam de grande intervenção para estabilização de taludes de corte.



**Figura 11.22** – Distribuição espacial das unidades geológico-ambientais definidas no domínio DSVP1 no estado do Pará.

- **Agricultura**

As áreas mais horizontalizadas e com solos mais profundos representam terras passíveis de mecanização, à exceção das áreas quartzoarenosas. Aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Baixa fertilidade natural.

Relevo acidentado nas encostas.

Solos com drenagem imperfeita e sujeitos a inundações periódicas nas áreas baixas.

Baixa capacidade de retenção de umidade e de nutrientes nas áreas mais arenosas.

Solos mais suscetíveis aos processos erosivos, devido ao elevado gradiente textural, principalmente nas encostas (Argissolos).

- **Recursos hídricos**

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural.

Falhas e fraturas interconectadas resultarão em aquíferos expressivos e significativos, porém, bastante irregulares.

Possibilidade de ocorrência de carbonatos dissolvidos, que elevam a dureza das águas subterrâneas.

- **Fontes poluidoras**

Unidade geoambiental com baixa vulnerabilidade à contaminação resultante da intercalação de rochas com contrastantes comportamentos à infiltração. De maneira geral, essas rochas exibem boa compactação e baixa taxa de infiltração.

- **Potencial mineral**

Área de relevante interesse mineral, com importantes depósitos de ouro associado a rochas vulcânicas ácidas.

Ocorrência de veios de quartzo portadores de ouro, prata e sulfetos.

- **Potencial geoturístico**  
Área de grande beleza cênica, formada por complexo de serras, cachoeiras e corredeiras, recobertas por Floresta Ombrófila Densa e Aberta, cujo potencial geoturístico precisa ser mais bem avaliado.

### **Vulcanismo Ácido a Intermediário e Intercalações de Metassedimentos Arenosos e Síltico-Argilosos e Formações Ferríferas e/ou Manganésíferas (DSVP1vaa)**

- **Obras de engenharia**  
Alta capacidade de suporte e moderada resistência ao corte e à penetração (solos e perfis de alteração espessos).  
Exposições rochosas, pouco a moderadamente fraturadas, com alta resistência ao corte e à penetração, suscetíveis à queda e rolagem de blocos, quando fraturadas.  
Áreas desaconselhadas à ocupação, pois necessitam de grande intervenção para estabilização de taludes de corte.
- **Agricultura**  
Terras mecanizáveis em áreas mais planas e com solos mais profundos, à exceção das áreas arenosas. Aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.  
Baixa fertilidade natural.  
Relevo acidentado nas encostas.  
Solos com drenagem imperfeita e sujeitos a inundações periódicas nas áreas baixas.  
Baixa capacidade de retenção de umidade e de nutrientes nas áreas mais arenosas.
- **Recursos hídricos**  
Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural.  
Falhas e fraturas interconectadas, nas quais as águas subterrâneas se armazenam e circulam, resultarão em aquíferos expressivos e significativos. Contudo, esses aquíferos são altamente irregulares.
- **Fontes poluidoras**  
Unidade geoambiental com baixa vulnerabilidade à contaminação resultante da intercalação de rochas com contrastantes comportamentos à infiltração.  
De maneira geral, essas rochas exibem boa compactação e baixa taxa de infiltração.  
A presença frequente de falhas e fraturas, sobretudo nas bordas dos corpos, facilita a infiltração dos contaminantes até as águas subterrâneas.  
Possibilidade de ocorrência de carbonatos dissolvidos, que elevam a dureza das águas subterrâneas.
- **Potencial mineral**  
Ocorrências de formações ferríferas e manganésíferas.

- **Potencial geoturístico**  
Área formada por complexo de serras, cachoeiras e corredeiras e recoberta por Floresta Ombrófila Densa e Aberta.

### **Sequência Vulcanossedimentar (DSVP1vs)**

- **Obras de engenharia**  
Moderada a alta capacidade de suporte, baixa a moderada resistência ao corte e à penetração e boa estabilidade (solos e perfis de alteração espessos).  
Espessos pacotes sub-horizontalizados, localmente dobrados e falhados, formados por intercalações irregulares de rochas ígneas e sedimentares, com características geomecânicas e hidráulicas bastante diferentes.  
Existência de rochas de baixa a alta resistência ao corte.  
Probabilidade de ocorrência de blocos e matacões em meio ao solo, sendo necessário o uso de maquinário e explosivos para sua remoção.  
Relevo fortemente ondulado a íngreme sobre solo pouco espesso a inexistente, sujeito a movimentos de massa.  
Áreas desaconselhadas à ocupação antrópica, pois necessitam de grande intervenção para estabilização de taludes de corte.
- **Agricultura**  
Terras mecanizáveis em áreas mais planas e com solos mais profundos, à exceção das áreas arenosas. Aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.  
Baixa fertilidade natural.  
Relevo acidentado nas encostas.  
Solos com drenagem imperfeita e sujeitos a inundações periódicas nas áreas baixas.  
Baixa capacidade de retenção de umidade e de nutrientes nas áreas mais arenosas.  
Solos mais suscetíveis aos processos erosivos, devido ao elevado gradiente textural, principalmente nas encostas.  
Recomenda-se a preservação das áreas mais declivosas e das áreas planas arenosas.
- **Recursos hídricos**  
Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural. Quando houver falhas e fraturas interconectadas, podem se tornar bons aquíferos.  
Potencial hidrogeológico bastante irregular, com baixa porosidade primária.
- **Fontes poluidoras**  
Baixa vulnerabilidade à contaminação, devido à presença de rochas coesas, com baixa permeabilidade. Localmente, falhas e fraturas podem conduzir rapidamente o contaminante ao aquífero.

- **Potencial mineral**

Ambiência geológica favorável à existência de mineralizações de manganês e rocha fosfatada.

- **Potencial geoturístico**

Área formada por complexo de serras, cachoeiras e corredeiras, cujo potencial geoturístico precisa ser mais bem estudado geológica e prospectivamente.

### **DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS, METAMORFIZADAS EM BAIXO A MÉDIO GRAU (DSP2)**

O domínio DSP2 corresponde a terrenos geologicamente muito antigos, formados durante o Proterozoico, que sofreram deformação e metamorfismo que atingiram a fácies xisto-verde, na sequência do metamorfismo regional progressivo.

As camadas rochosas encontram-se suave a moderadamente dobradas, conforme se observa na Faixa Araguaia, uma faixa orogênica, no extremo-leste do estado, que ultrapassa a fronteira com o estado do Tocantins.

Esse domínio é representado, no estado do Pará, pelas formações Xambioá, Rio Piritoró, Tucuruí, Tocandera, Rio Naja, Fazenda São Roque, Triunfo, Castelo dos Sonhos, Cubencranquém, Viseu e Igarapé de Areia, que correspondem às unidades geológico-ambientais Intercalações Irregulares de Metassedimentos Arenosos, Metacalcários, Calcissilicáticas e Xistos Calcíferos (DSP2mcx); Metarenitos, Quartzitos e Metaconglomerados (DSP2mqmtc); Predomínio de Metarenitos e Quartzitos, com Intercalações Irregulares de Metassedimentos Siltico-Argilosos e Formações Ferríferas ou Manganésíferas (DSP2mqsafmg); Intercalações Irregulares de Metassedimentos Arenosos e Siltico-Argilosos (DSP2msa); Predomínio de Metassedimentos Siltico-Argilosos, com Intercalações de Metagrauvacas (DSP2sag). Suas áreas de ocorrência estão bem representadas no sul e leste do estado (Figura 11.23).

Do ponto de vista do uso e ocupação, as unidades desse domínio geológico-ambiental apresentam sérias restrições decorrentes da elevada declividade das vertentes. As adequabilidades e limitações precisam ser mais bem avaliadas, principalmente em relação ao potencial geoturístico.

#### **Intercalações Irregulares de Metassedimentos Arenosos, Metacalcários, Calcissilicáticas e Xistos Calcíferos (DSP2mcx)**

- **Obras de engenharia**

Baixa a moderada capacidade de suporte e resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos).

Espessas camadas dobradas, pouco a moderadamente fraturadas. Para as camadas calcárias espessas, pode haver maior suscetibilidade aos processos de dissolução química.



**Figura 11.23** – Distribuição espacial das unidades geológico-ambientais definidas no domínio DSP2 no estado do Pará.

Alteram-se para solos argiloarenosos, pouco permeáveis e algo plásticos, aderentes e escorregadios quando molhados.

Metassedimentos com textura fíltica, com minerais micáceos isorientados sericíticos e marcante estratificação plano-paralela siltico-argilosa fina, geralmente portadores de argilominerais expansivos. Em decorrência de sua marcante fissibilidade, soltam placas e se desestabilizam com facilidade em taludes de corte. Apresentam problemas de perfuração com sondas rotativas. O mergulho dos estratos rochosos pode variar em curtas distâncias, de horizontalizado a verticalizado.

- **Agricultura**

Terras mecanizáveis em áreas mais planas e não arenosas, aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Baixa fertilidade natural.

Relevo acidentado nas encostas.

Solos sujeitos à compactação, onde as texturas são mais argilosas.

Predomínio de litologias que se alteram para solos argilossiltosos que se compactam e se impermeabilizam, sofrendo alta erosão hídrica laminar quando continuamente mecanizados por equipamentos pesados.

- **Recursos hídricos**

Os reservatórios aquíferos são descontínuos e as águas são do tipo carbonatada, com dureza elevada.

Favorabilidade hidrogeológica variável, em que é comum a dissolução química de seus minerais carbonáticos. Quando essa dissolução se associa a fraturas e outras superfícies de descontinuidade, alargadas por dissolução, o reservatório adquire porosidade e permeabilidade secundária, possibilitando a circulação de água em volumes consideráveis.



- Fontes poluidoras

Grupo de rochas de composição diversa, provocando variabilidade na taxa de infiltração.

As falhas, fraturas e outras superfícies de descontinuidades podem conduzir os poluentes aos aquíferos.

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação, com predomínio de metarenitos, que apresentam baixa permeabilidade, e metacalcários, que se alteram para solos profundos, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

- Potencial mineral

Ocorrências de mármore para revestimento, com utilização imediata na construção civil.

Depósito de opala em veio de quartzo composto e zonado.

Indício de mineralização fosfática.

- Potencial geoturístico

O relevo é diversificado, com predomínio de áreas serranas formando áreas de beleza cênica e de interesse geoturístico.

### **Metarenitos, Quartzitos e Metaconglomerados (DSP2mqmtc) e Predomínio de Metarenitos e Quartzitos, com Intercalações Irregulares de Metassedimentos Siltico-Argilosos e Formações Ferríferas ou Manganésíferas (DSP2mqsafmg)**

- Obras de engenharia

Intercalações irregulares de camadas ou lentes de várias espessuras, complexamente dobradas de metassedimentos de composição mineral, textura e características estruturais diferentes.

As características geomecânicas e hidráulicas do substrato rochoso e dos solos residuais variam e contrastam fortemente.

Áreas desaconselhadas à ocupação, pois necessitam de grandes intervenções para estabilização de taludes de corte. Risco de deslocamento, deslizamento e queda de blocos.

Existência de metaconglomerados contendo seixos, blocos e matacões de rochas duras e abrasivas, de características geomecânicas e hidráulicas bastante heterogêneas.

Espessas camadas de rochas arenosas e conglomeráticas, extremamente litificadas, pouco a moderadamente fraturadas, em relevos íngremes e com solo pouco espesso a inexistente.

Alta capacidade de suporte à carga e alta resistência ao corte e à escavação (necessário o uso de explosivos).

Formações ferromanganesíferas, geralmente, são finamente laminadas e bastante ácidas, desestabilizando-se em taludes de corte.

- Agricultura

Terras mecanizáveis em áreas mais planas e solos mais profundos, aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Impedimentos à mecanização nas áreas com lateritas e solos rasos.

Baixa fertilidade natural e relevo acidentado nas encostas.

Presença de solo pouco espesso. Pedregosidade e rochiosidade associadas a solos rasos e afloramentos de rocha.

Baixa capacidade de retenção de umidade e de nutrientes nas áreas mais arenosas.

Os afloramentos de metassedimentos ferromanganesíferos mostram solos residuais que podem ser excessivamente ácidos.

Recomenda-se a preservação das áreas mais declivosas e das áreas arenosas e de solos rasos.

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável. Os reservatórios são bastante irregulares, entretanto, com a presença de falhas e fraturas interconectadas, podem se tornar aquíferos expressivos.

Rochas apresentando cimentação e compactação acentuadas, que lhes conferem porosidade primária baixa, desfavorável ao acúmulo de águas subterrâneas.

- Fontes poluidoras

Baixa vulnerabilidade à contaminação, decorrente do predomínio de metassedimentos arenosos, de maneira geral, coesos.

Os solos gerados possuem moderada a baixa capacidade de reter e fixar poluentes. Onde há afloramentos rochosos, sem cobertura de solo e sem fraturas, o risco de contaminação das águas é muito baixo.

- Potencial mineral

Ocorrências de mineralizações de ouro sob a forma livre e intergranular associadas aos níveis metaconglomeráticos da Formação Castelo dos Sonhos. Os maiores teores estão confinados em zonas fraturadas e ricas em hematita.

Outras ocorrências de ouro, sob a forma de paleoplácer, estão relacionadas aos sedimentos da Formação Igarapé de Areia (DSP2mqmtc).

Ocorrências de formações ferríferas e manganésíferas relacionadas à Formação Tocandera.

Ocorrências de carvão mineral e evidências uraníferas na Formação Rio Naja (DSP2mqsafmg).

- Potencial geoturístico

Relevo bastante diversificado, com predomínio de áreas serranas e possibilidades de formação de cachoeiras e corredeiras.

### **Intercalações Irregulares de Metassedimentos Arenosos e Síltico-Argilosos (DSP2msa)**

- **Obras de engenharia**

Alta capacidade de suporte, com moderada resistência ao corte e à penetração e boa estabilidade.

Espessas camadas de rochas quartzoarenosas, extremamente litificadas, pouco a moderadamente fraturadas, em relevos colinosos e com pouco desenvolvimento pedológico.

Alta resistência ao corte e à escavação.

- **Agricultura**

Terras mecanizáveis em áreas mais planas e solos mais profundos, aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Baixa fertilidade natural e relevo acidentado nas encostas. Presença de solo pouco espesso.

Baixa capacidade de retenção de umidade e de nutrientes nas áreas mais arenosas.

Recomenda-se a preservação das áreas mais declivosas e das áreas arenosas e de solos rasos.

- **Recursos hídricos**

Favorabilidade hidrogeológica variável. São reservatórios bastante irregulares, entretanto, com a presença de falhas e fraturas interconectadas, podem se tornar aquíferos algo expressivos.

Rochas apresentando cimentação e compactação acentuadas, que lhes conferem porosidade primária baixa, desfavorável ao acúmulo de águas subterrâneas.

- **Fontes poluidoras**

Baixa vulnerabilidade à contaminação: predomínio de metassedimentos quartzoarenosos, de maneira geral, coesos.

Os solos gerados possuem moderada a baixa capacidade de reter e fixar poluentes.

Onde há afloramentos rochosos, sem cobertura de solo e sem fraturas, o risco de contaminação das águas é muito baixo.

- **Potencial mineral**

Área cujo potencial mineral precisa ser mais bem estudado geológica e prospectivamente.

- **Potencial geoturístico**

Relevo bastante diversificado, com predomínio de áreas serranas. Possibilidades de formação de corredeiras e cachoeiras.

### **Predomínio de Metassedimentos Síltico-Argilosos, com Intercalações de Metagrauvacas (DSP2sag)**

- **Obras de engenharia**

Baixa a moderada capacidade de suporte e resistência ao corte e à penetração (solo e perfil de alteração espessos).

Espessas camadas não horizontalizadas, moderadamente fraturadas.

Espessas camadas aflorantes de rochas litificadas, com alguma vulnerabilidade aos processos erosivos. Em geral, são camadas com alta coesão e alta resistência ao corte e à penetração.

- **Agricultura**

Terras mecanizáveis em áreas mais planas, com aptidão agrícola condicionada à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Baixa fertilidade natural.

Relevo acidentado nas encostas, com solos sujeitos à compactação onde as texturas são mais argilosas.

- **Recursos hídricos**

Favorabilidade hidrogeológica baixa a moderada, considerando-se a presença de intercalações irregulares de metassedimentos sílticos, argilosos e grauváquicos.

- **Fontes poluidoras**

Ocorrência de camadas de siltitos, argilitos e arenitos grauváquicos, que apresentam moderada permeabilidade e que se alternam com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

Grupo de rochas de composição diversa, provocando variabilidade na taxa de infiltração. As falhas, fraturas e outras superfícies de descontinuidades podem conduzir poluentes aos aquíferos.

- **Potencial mineral**

Ocorrência de crostas lateríticas com alto teor de ferro.

Indícios de crostas lateríticas bauxitíferas.

Grande potencial para utilização de água potável de mesa. Possibilidade de utilização como brita para uso imediato na construção civil.

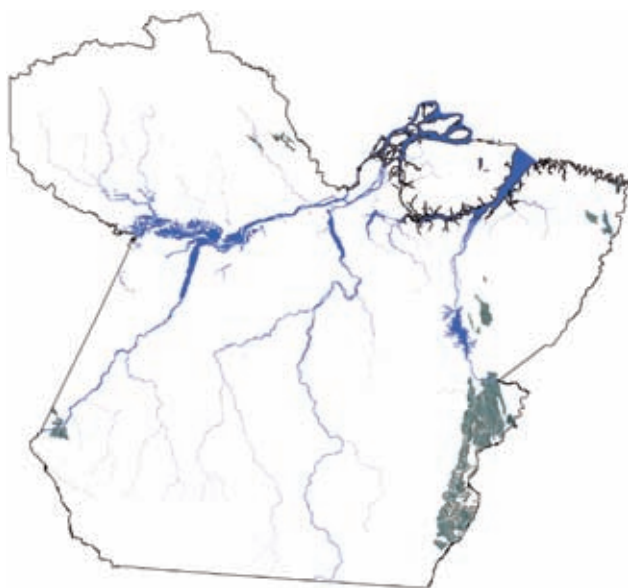
- **Potencial geoturístico**

Relevo bastante diversificado, com predomínio de áreas serranas. Possibilidades de formação de corredeiras e cachoeiras.

### **DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS METAMORFIZADAS DE BAIXO A ALTO GRAU (DSVP2)**

O domínio DSVP2 apresenta características geológicas semelhantes aos terrenos vulcanossedimentares anteriormente descritos, porém, é geocronologicamente mais antigo, reunindo um conjunto de rochas vulcânicas e sedimentares de baixo a médio grau metamórfico na sequência regional do metamorfismo progressivo. Esse conjunto rochoso apresenta fortes evidências de polideformações, com superposição de vários eventos deformacionais em regime de cisalhamento dúctil.

Esse domínio é representado, no estado do Pará, pelas unidades litoestratigráficas formações Couto Magalhães, Pequizeiro e Jaritequara; Sequência Fazendinha e Grupo Jacareacanga – Unidade Xisto, Grupo Jacareacanga – Unidade Quartzito, formações Morro do Campo e Chega Tudo; Unidade Serra Cuiapocu e Grupo Aurizona, correspondendo às unidades geológico-ambientais Metagrauvaca, Metarenito, Tufo e Metavulcânica Básica a Intermediária (DSVP2gratv), Predomínio de Quartzito (DSVP2q), Predomínio de Metassedimentos Siltico-Argilosos, Representados por Xistos (DSVP2x). Ocorrem de forma extensiva na divisa com o estado do Tocantins e bastante restrita na região sudoeste do estado, como parte integrante da Província Aurífera do Tapajós (Figura 11.24).



**Figura 11.24** – Distribuição espacial das unidades geológico-ambientais definidas no domínio DSVP2 no estado do Pará.

### Metagrauvaca, Metarenito, Tufo e Metavulcânica Básica a Intermediária (DSVP2gratv)

#### • Obras de engenharia

Camadas intensamente fraturadas e dobradas, localmente verticalizadas, compostas por rochas metamorfizadas em grau médio, representadas por xisto, mica-xisto, quartzo-xisto e subordinados xisto máfico, filito, metargilito, metagrauvaca, quartzito, *metachert* e rocha sedimentar ou metassedimentar química ou vulcanoquímica finamente estratificada, apresentando camadas de óxidos, carbonatos ou silicatos de ferro (BIF).

Formas de relevo como serras alinhadas e testemunhos erosivos, sustentadas, geralmente, por crosta laterítica ferruginosa ou por carapaças sílico-quartzíticas.

Exposições rochosas moderadamente fraturadas, com alta resistência ao corte e à penetração, suscetíveis à queda e à rolagem de blocos, quando fraturadas.

Áreas íngremes com topografia acidentadas, associadas a formas retilíneas e serranas, onde ocorrem mudanças bruscas de declive que favorecem a instalação de processos erosivos.

As exposições rochosas em relevo forte ondulado, com solo espesso, apresentam moderada a alta capacidade de suporte de carga do solo. Em geral, as camadas são dobradas e bem endurecidas, com possibilidade de existência de material de alta resistência ao corte e à penetração, sendo necessário o uso de explosivos e maquinários para sua remoção. Riscos de queda de blocos e deslocamento em cortes.

Ocorrem rochas metassedimentares sob a forma de camadas dobradas, com pronunciada xistosidade, podendo soltar placas e se desestabilizar com facilidade em taludes de corte com movimentos naturais de massas.

As rochas metabásicas e metaultrabásicas, no início do processo de alteração, transformam-se em argilominerais expansivos. Alteram-se de forma heterogênea, deixando blocos e matacões em meio aos solos. Os solos residuais, como um manto de alteração, costumam ser bastante espessos, em decorrência das condições climáticas reinantes na região.

#### • Agricultura

Terras mecanizáveis em áreas planas e/ou sub-horizontalizadas, com alto conteúdo de componentes argilo-arenosos, com aptidão agrícola condicionada à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Superfície dobrada, com fortes ondulações, receptiva à mecanização agrícola.

Solos espessos argilosos, de profunda alteração química intempérica superficial, de coloração marrom-avermelhada, geralmente ricos nos componentes ferro, cálcio e magnésio, associados aos metavulcanitos básicos e intermediários (Figura 11.25).



**Figura 11.25** – Extenso corte de estrada mostrando o perfil de espesso regolito formado a partir de um substrato rochoso epimetamorfizado, de composição básico-ultrabásica, pertencente ao greenstone belt Chega Tudo (formação Chega Tudo).



- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural. Quando houver falhas e fraturas interconectadas, podem se tornar bons aquíferos.

Presença de rochas com porosidade primária extremamente baixa, desfavorável ao acúmulo de águas subterrâneas.

- Fontes poluidoras

Nas bordas dos corpos, é comum a presença de falhas e fraturas, as quais facilitam a infiltração de contaminantes até as águas subterrâneas.

Áreas de cabeceira de drenagem com inúmeras nascentes, altamente vulneráveis à poluição, que devem ser protegidas e monitoradas.

Baixa vulnerabilidade à contaminação: rochas coesas, com baixa permeabilidade e baixa taxa de infiltração.

Solos argilosos, espessos, que funcionam como mantos depuradores, protegendo o aquífero.

- Potencial mineral

Ocorrências e depósitos de ouro orogênico concentrados em veios de quartzo e disseminados em rochas hidrotermalmente alteradas, geralmente associados a concentrações de sulfetos.

Ocorrência de monazita e xenotímio (Figura 11.26).

- Potencial geoturístico

Área com cobertura de Floresta Ombrófila Densa, cujo potencial geoturístico precisa ser mais bem investigado (Figura 11.27).

### **Predomínio de Quartzito (DSVP2q) e Predomínio de Metassedimentos Síltico-Argilosos, Representados por Xistos (DSVP2x)**

- Obras de engenharia

Moderada a alta capacidade de suporte.

Exposições rochosas em relevo forte ondulado com solos espessos.

Camadas dobradas de rochas bem litificadas, com possibilidade de existência de material de alta resistência ao corte e à penetração, sendo necessário o uso de explosivos e maquinários para sua remoção. Riscos de queda e rolagem de blocos e deslocamento.

Metassedimentos, sob a forma de camadas dobradas, com pronunciada xistosidade; soltam placas e se desestabilizam com facilidade em taludes de corte.

Moderada a alta resistência ao intemperismo físico-químico.



**Figura 11.26** – Vista de um shaft para retirada de material rochoso, essencialmente de veios de quartzo para produção de ouro primário (formação Chega Tudo).



**Figura 11.27** – Rochas silicosas, de composição quartzítica, apresentando um sistema de fraturas ortogonais com planos mergulhantes; paisagem cênica, com boas características de balneabilidade, sendo considerado um atrativo geoturístico (formação Morro do Campo).

Manto de alteração bom para ser usado como saibro e areia (Figura 11.28).

- Agricultura

Baixa fertilidade natural e relevo acidentado nas encostas.

Terras mecanizáveis em áreas mais planas dos terrenos ondulados, exceto nas porções quartzosas, aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Recomenda-se preservação das áreas mais declivosas.

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural.





**Figura 11.28** – Metassedimento filítico a xistoso, pertencente à formação Couto Magalhães; essa rocha exibe forte anisotropia estrutural, representada por desenvolvida xistosidade fortemente mergulhante e com mesodobramentos; o afloramento mostra uma pedra em processo de extração como um recurso mineral para uso na construção civil.

As falhas e fraturas interconectadas resultarão em aquíferos expressivos.

Presença de rochas com porosidade primária extremamente baixa, desfavorável ao acúmulo de águas subterrâneas.

- Fontes poluidoras

Baixa vulnerabilidade à contaminação, devido à presença de rochas coesas, com baixa permeabilidade e baixa taxa de infiltração.

Presença de solos argilosos espessos, que funcionam como mantos depuradores, protegendo o aquífero.

Localmente, a presença de falhas e fraturas pode conduzir rapidamente contaminantes ao aquífero.

- Potencial mineral

Área de relevante interesse mineral: segmento da Província Aurífera do Tapajós.

Presença de lentes e veios de quartzo com ambiência propícia a acumulações de ouro.

Depósitos de calcário dolomítico e ocorrências de cobre, chumbo, zinco, xenotímio e gemas nos sedimentos epimetamorfizados da Faixa Araguaia.

Potencial geoturístico

Relevo bastante diversificado, com predomínio de áreas serranas. Possibilidades de formação de corredeiras e cachoeiras.

## **DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES TIPO GREENSTONE BELT, ARQUEANO ATÉ O MESOPROTEROZOICO (DGB)**

O domínio DGB corresponde a terrenos formados por uma sucessão de rochas ígneas extrusivas arqueoproterozoicas, de composição máfica a ultramáfica, associadas a um processo de sedimentação predominantemente clástico.

Esse domínio é representado, no estado do Pará, por um conjunto de unidades litoestratigráficas que tem como destaque os grupos Igarapé Bahia, Sapucaia e Aquiri; as formações Quixadá, Parauapebas, Tapirapé, Vila Nova, Ipitinga, Igarapé Salobo e Pojuca; os complexos Máfico-Ultramáfico Luanga e Rio Novo. São correspondentes às unidades geológico-ambientais Sequência Vulcânica Komatiítica Associada a Talco-Xistos, Anfibolitos, *Cherts*, Formações Ferríferas e Metaultrabasitas (DGBko) e Predomínio de Sequência Sedimentar (DGBss). Essas unidades têm expressiva ocorrência areal nas regiões sudeste e norte do estado (Figura 11.29).



**Figura 11.29** – Distribuição espacial das unidades geológico-ambientais definidas no domínio DGB no estado do Pará.

## **Sequência Vulcânica Komatiítica Associada a Talco-Xistos, Anfibolitos, *Cherts*, Formações Ferríferas e Metaultrabasitas (DGBko) e Predomínio de Sequência Sedimentar (DGBss)**

- Obras de engenharia

Exposições rochosas, moderadamente fraturadas, com alta resistência ao corte e à penetração.

Áreas íngremes, com topografia acidentada, associadas a formas retilíneas serranas, onde ocorrem mudanças bruscas de declive que favorecem a instalação de processos erosivos.

Metassedimentos, sob a forma de camadas dobradas, com pronunciada xistosidade; soltam placas e se desestabilizam com facilidade em taludes de corte. Alteram-se de forma heterogênea, deixando blocos e matações em meio aos solos, necessitando de uso de explosivos e maquinários para a remoção. Em geral, apresentam moderada a alta suscetibilidade à erosão, podendo ocorrer, com frequência, o desenvolvimento de processos de movimentos naturais de massa.

- Agricultura

Baixa fertilidade natural e relevo acidentado nas encostas, com exposições rochosas em relevo forte ondulado com solos espessos.

Terras mecanizáveis em áreas planas e/ou sub-horizontalizadas, com baixo conteúdo de componentes arenosos, aptas para utilização na agricultura condicionada à aplicação de substâncias corretivas e de insumos fertilizantes.

Superfície intensamente dobrada, de configuração serrana, com suaves ondulações, receptiva à mecanização agrícola.

Solos espessos, argilosos, marrom-avermelhados, de profunda alteração química intempérica superficial, geralmente ricos nos componentes ferro e magnésio.

- Recursos hídricos

Rochas com porosidade primária extremamente baixa, desfavorável ao acúmulo de águas subterrâneas.

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural.

As falhas e fraturas interconectadas resultarão em aquíferos expressivos e significativos.

São aquíferos de potencial bastante irregular: em determinado local, um poço pode ter excelente vazão e, nas imediações, outro poço, de mesma profundidade, pode apresentar-se seco.

- Fontes poluidoras

Localmente, as falhas e fraturas podem conduzir, rapidamente, contaminantes ao aquífero.

Áreas de cabeceira de drenagem com inúmeras nascentes altamente vulneráveis à poluição, necessitando de proteção e monitoramento.

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação, considerando-se que as rochas são coesas, com baixa permeabilidade.

O solo costuma ser argiloso e profundo, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes, o que protege o aquífero.

- Potencial mineral

Área de relevante interesse mineral, contemplando jazidas e depósitos de ouro, ferro, manganês, cromita, cobre, níquel, EGP e gemas (DGBko).

Área de relevante interesse mineral, com jazidas e depósitos de ferro e manganês.

Depósitos de Cu-Au disseminados em metarenitos e metassiltitos da Formação Águas Claras (DGBss) (Figura 11.30).

- Potencial geoturístico

Área com cobertura de Floresta Ombrófila Densa, cujo potencial geoturístico precisa ser investigado.



**Figura 11.30** – Pedreira com lavra do veio quartzoso para utilização na construção civil: exposição rochosa profundamente alterada das litologias do grupo Rio Novo; contrasta reologicamente um espesso manto de alteração com espessa venulação quartzosa de 15 a 20 m; deformação dútil superimposta empresta ao veio uma tectônica de intenso fraturamento.

## DOMÍNIO DOS CORPOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS (DCMU)

O domínio DCMU compreende corpos ígneos intrusivos proterozoicos, não ou pouco deformados, constituídos por rochas máfico-ultramáficas com diversas composições químicas e mineralógicas.

Esse domínio é representado pelas unidades litoestratigráficas Gabro Serra Comprida, Metadiorito Dico, Diabásio Suretama, Olivina-Gabro Rio Novo e Gabro Santa Inês; Suíte Intrusiva Ingarana e Rochas Máficas Indiferenciadas, suítes intrusivas Cachoeira Seca e Cateté, Corpo Gabro São Domingos, Complexo Máfico-Ultramáfico Quatipuru e Diabásio Crepori, tendo como correspondentes as unidades geológico-ambientais Série Básica e Ultrabásica (Gabro, Anortosito etc.) (DCMUbu), Série Máfico-Ultramáfica (Dunito, Peridotito etc.) (DCMUmu) e Vulcânicas Básicas (DCMUvb) (Figura 11.31). Suas áreas de ocorrências mais expressivas localizam-se nas regiões noroeste e sudoeste do estado.

### Série Básica e Ultrabásica (Gabro, Anortosito etc.) (DCMUbu), Série Máfico-Ultramáfica (Dunito, Peridotito etc.) (DCMUmu) e Vulcânicas Básicas (DCMUvb)

- Obras de engenharia

Moderada a alta capacidade de suporte, baixa a moderada resistência ao corte e à penetração e boa estabilidade em taludes de corte (solos e perfis de alteração espessos).

Rochas com moderada a alta resistência ao corte e à penetração, que se alteram de forma heterogênea, deixando blocos e matacões em meio aos solos, necessitando de uso de explosivos e maquinários para a remoção.



**Figura 11.31** – Distribuição espacial das unidades geológico-ambientais definidas no domínio DCMU no estado do Pará.

Moderada a alta suscetibilidade à erosão. Atuação frequente de processos de movimentos de massa. O processo de alteração intempérica favorece a formação de argilominerais com características de expansividade. Por sua heterogeneidade, durante o processo de alteração é frequente a presença de blocos e matacões em meio aos solos, os quais podem se movimentar em taludes de corte e desestabilizar obras e suas fundações.

- **Agricultura**

As rochas básicas e ultrabásicas se alteram para solos de boa fertilidade natural e de excelentes características físicas para a agricultura.

Em geral, mostram relevo acidentado, fortemente ondulado, sobretudo nas encostas, com formação de solos espessos em decorrência das condições climáticas reinantes na região.

Terras mecanizáveis em áreas planas e/ou sub-horizontais, com baixo conteúdo de componentes arenosos, aptas para utilização na agricultura condicionada à aplicação de substâncias corretivas e de insumos fertilizantes.

Superfície intensamente dobrada, de configuração serrana com suaves ondulações, receptiva à mecanização agrícola.

Solos argilosos espessos, marrom-avermelhados, de profunda alteração química intempérica superficial, geralmente ricos nos componentes ferro, cálcio e magnésio.

Associadas a esses terrenos podem ocorrer manchas de Terra Roxa.

- **Recursos hídricos**

São aquíferos de potencial bastante irregular, tendo em vista que, em determinado local, um poço pode ter

excelente vazão e, nas imediações, outro poço, de mesma profundidade, apresentar-se seco.

A favorabilidade hidrogeológica é variável com rochas homogêneas, algumas apresentando porosidade primária relacionada a estruturas vesiculares.

Falhas e fraturas geram porosidade secundária, onde as águas subterrâneas podem ser armazenadas de forma significativa.

- **Fontes poluidoras**

Baixa vulnerabilidade à contaminação pela existência de rochas coesas, com baixa permeabilidade e baixa taxa de infiltração.

Presença de solos argilosos espessos, marrom-avermelhados e ferromagnesianos, que funcionam como mantos depuradores, protegendo o aquífero.

Falhas, fraturas e descontinuidades estruturais profundas podem conduzir contaminantes aos aquíferos.

- **Potencial mineral**

Área de relevante interesse mineral, contemplando jazida de níquel.

Ocorrência de cromo, cobre, cobalto e platinoides.

Ambiência geológica favorável a mineralizações de ouro e cobre.

Possibilidade de utilização como brita.

Ocorrência de amianto e crisoprásio em veios serpentinizados.

- **Potencial geoturístico**

Área com relevo bastante diversificado, com predomínio de áreas serranas. Possibilidades de formação de cachoeiras e corredeiras.

## **DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES NÃO DEFORMADOS (DCGR1)**

O domínio DCGR1 compreende corpos ígneos intrusivos, consolidados em nível abissal a hipoabissal em ambiente de plataforma estabilizada. Esses corpos resultam de um processo tectônico extensional, por reativação tectônica autônoma, em larga escala, que afetou o substrato crustal do estado do Pará. Tem como características forte coesão, generalizada homogeneidade textural, estrutural e composicional e metalogenia granitofílica especializada.

Esse domínio é representado, predominantemente, pelas unidades litoestratigráficas suítes intrusivas Maloquinha e Mapuera; granitos Jamon, Musa, Marajoara e Antonio Vicente; suítes intrusivas Creporizão, Velho Guilherme e Parintins; granitos Velho Guilherme e Ourém; Granodiorito Cumaru; granitos Mata Surrão e Garantã; Sienito Mutum; suítes intrusivas Teles Pires, Água Branca e Tromai; granitos Porquinho, Redenção, Cigano, Pojuca e Serra dos Carajás. Correspondem às unidades geológico-ambientais Séries Graníticas Alcalinas (DCGR1alc), Associações Charnockíticas (DCGR1ch), Indeterminado (DCGR1in), Granitoides



Peraluminosos (DCGR1pal), Séries Graníticas Subalcalinas (DCGR1salc) e Séries Graníticas Peralcalinas (DCGR1palc).

A distribuição areal desse domínio, no estado do Pará, é expressiva e significativa, com suas ocorrências concentradas nas porções sudoeste e noroeste (Figura 11.32).

**Séries Graníticas Alcalinas (DCGR1alc), Associações Charnockíticas (DCGR1ch), Indeterminado (DCGR1in), Granitoides Peraluminosos (DCGR1pal), Séries Graníticas Subalcalinas (DCGR1salc) e Séries Graníticas Peralcalinas (DCGR1palc)**

• **Obras de engenharia**

Alta capacidade de suporte, alta resistência ao corte e à penetração, necessitando de explosivos para o desmonte.

As rochas alteram-se para solos residuais argilo-siltico-arenosos moderadamente evoluídos, bastante erosivos, que se desestabilizam com facilidade em taludes de corte (solos e perfis de alteração espessos). São potenciais para o desencadeamento de movimentos naturais de massa.

As litologias desse domínio, por sua natureza granítica, alteram-se de maneira algo diferenciada, preservando blocos e matacões em meio aos solos, dificultando bastante a execução de escavações e perfurações, podendo ocorrer movimentos em taludes de corte e em rampas declivosas. Esses terrenos exigem estudos geotécnicos detalhados, apoiados em sondagens de malha pouco espaçada.

As bordas dos maciços graníticos consolidados em fase tardi- a pós-tectônica costumam apresentar sistema de fraturas bastante adensada em variadas direções, o que favorece acentuada percolação fluidal e maior ação dos processos intempéricos, com liberação de blocos em taludes de corte.

As rochas são fortemente coesas, não deformadas, pouco a moderadamente fraturadas, em relevo forte ondulado a íngreme, com solos de espessura variável ou inexistentes.

O predomínio de granitos isotrópicos revela boa homogeneidade geomecânica e hidráulica lateral (Figura 11.33).

• **Agricultura**

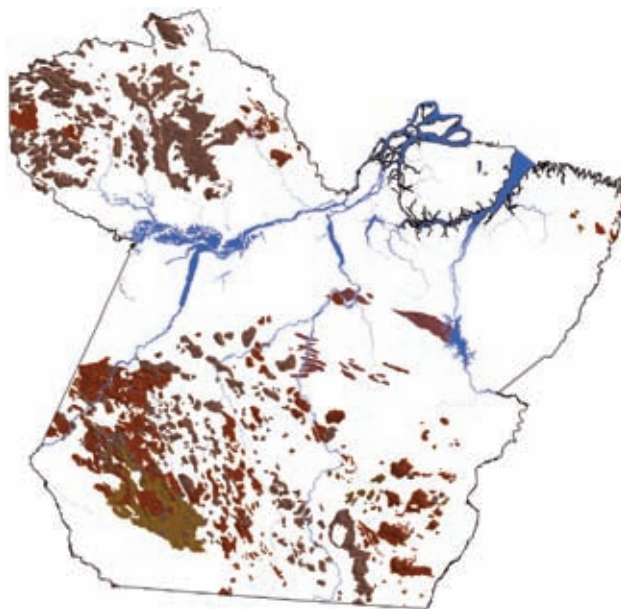
Terras mecanizáveis em áreas mais planas e solos mais profundos, aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Relevo ondulado nas encostas e alagamentos periódicos nas áreas de baixada.

Solos sujeitos à compactação, onde a textura é mais argilosa (Argissolos).

Presença de *solum* (horizonte A+B) pouco espesso.

Ocorrência de pedregosidade e rochiosidade associada a solos rasos (Neossolos Litólicos).



**Figura 11.32** – Distribuição espacial das unidades geológico-ambientais definidas no domínio DCGR1 no estado do Pará.



**Figura 11.33** – Granito intrusivo, isotrópico, de granulação grosseira, pertencente ao granito Redenção (recurso mineral para a construção civil).

Predomínio de rochas graníticas que se alteram para solos argilo-siltico-arenosos, que liberam poucos nutrientes e muito alumínio; são, em geral, excessivamente ácidos, provocando moderada a baixa fertilidade natural.

Recomenda-se a preservação das áreas mais declivosas.

• **Recursos hídricos**

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural descontínuo. Potencial bastante irregular, condicionado à presença de falhas, fraturas e suas interconectividades e outras descontinuidades estruturais.

São rochas que se alteram para solos com alto teor de argila, com permeabilidade variando de moderada a baixa.



Sugere-se a realização de pesquisa geofísica, especialmente nas bordas do granito, para determinar as zonas portadoras de falhas capazes de armazenar água.

- Fontes poluidoras

Baixa vulnerabilidade à contaminação. Rochas coesas, pouco fraturadas, com baixa permeabilidade, baixa taxa de infiltração e boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

Presença de solos argilosos espessos, que funcionam como mantos depuradores, protegendo o aquífero.

Os planos de descontinuidades (foliação, falhas e fraturas) e uma maior densidade de fraturas abertas nas bordas do maciço favorecem e propiciam a percolação de fluidos, podendo conduzir contaminantes ao lençol freático.

- Potencial mineral

Área de relevante interesse mineral.

Suítes estaníferas em que a cassiterita já foi alvo de produção e comercialização. Inúmeras mineralizações descritas de estanho, columbita-tantalita e ouro associadas aos corpos graníticos.

Corpos pegmatíticos com presença de topázio, berilo, quartzo leitoso e columbita-tantalita (DCGR1alc). Favoráveis à utilização como brita e possível utilização como rocha ornamental.

Depósito de wolframita relacionado ao Granito Musa (DCGR1alc).

Ocorrências de ouro e molibdenita associadas a veios e zonas de cisalhamento e relacionadas à transcorrência que afetou a Suíte Creporizão.

Ocorrências de cassiterita e gemas associadas aos granitos Velho Guilherme e Mata Surrão.

Granitos com possibilidades de uso como brita e rocha ornamental (DCGR1pal).

Mina inativa de nefelina, mineral utilizado no fabrico de cerâmica branca como substituto do feldspato (DCGR1palc).

Depósitos e ocorrências de ouro e cassiterita primários e secundários.

Indícios de mineralização de cassiterita e de sulfetos de cobre e molibdênio. Favoráveis à utilização como brita e possível utilização como rocha ornamental (DCGR1alc).

- Potencial geoturístico

Relevo com diversidade de paisagens, com predomínio de áreas serranas.

Áreas com grande beleza cênica, com cachoeiras, corredeiras e serras.

## DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES DEFORMADOS (DCGR2)

Terrenos geológicos formados por sequência de rochas graníticas, com diversidade metamórfica, composicional, textural e estrutural de idade arqueoproterozoica. As deformações são bastante heterogêneas, de natureza cisalhante dúctil

e rúptil, envolvendo milonitos e cataclastos com foliação penetrativa e fraturas pouco a moderadamente espaçadas.

Esse domínio é representado, principalmente, pelas unidades litoestratigráficas complexas Granítico Estrela e Santana do Araguaia; Suíte Intrusiva Tracuateua; granitos Cantão e Ney Peixoto; granodioritos Rio Maria e Oca; Suíte Intrusiva João Jorge e Granito Plaquê. Correspondem às unidades geológico-ambientais Séries Graníticas Subalcalinas (DCGR2salc), Granitoides Peraluminosos (DCGR2pal) e Séries Graníticas Alcalinas (DCGR2alc). As litologias desse domínio têm distribuição geográfica expressiva, com suas concentrações nas regiões centro-leste e norte do estado do Pará (Figura 11.34).



**Figura 11.34** – Distribuição espacial das unidades geológico-ambientais definidas no domínio DCGR2 no estado do Pará.

### Séries Graníticas Subalcalinas (DCGR2salc), Granitoides Peraluminosos (DCGR2pal), Séries Graníticas Alcalinas (DCGR2alc)

- Obras de engenharia

As rochas graníticas se alteram de forma bastante heterogênea para solos argilo-siltico-arenosos, porém, com os solos residuais pedogeneticamente pouco evoluídos e bastante erosivos, desestabilizando-se e movimentando-se com facilidade em taludes de corte. Seu processo de alteração preserva blocos e matacões em meio ao solo, dificultando a execução de escavações e perfurações (Figura 11.35).

Rochas frescas com alta capacidade de suporte de carga, alta resistência ao corte e à penetração, necessitando de explosivos para desmonte.

As rochas exibem fraca anisotropia textural e regularidade composicional, com intensa deformação rúptil heterogênea, estabelecendo alguma continuidade geomecânica e hidráulica lateral e verticalmente, reforçada por moderada a alta coesão intergranular.



**Figura 11.35** – Granodioritos moderadamente isotrópicos e equigranulares, pertencentes à unidade Granodiorito Rio Maria.

• **Agricultura**

Terras mecanizáveis em áreas planas a onduladas, aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Baixa fertilidade natural.

Relevo ondulado nas encostas e alagamentos periódicos nas áreas de baixada.

Solos sujeitos à compactação onde a textura é mais argilosa (Argissolos).

Pedregosidade e rochiosidade associadas a solos rasos (Neossolos Litólicos).

Predomínio de rochas que se alteram para solos com alta participação de argilominerais, com pedogênese algo evoluída e baixa a moderada potencialidade erosiva.

O potencial agrícola dos solos poderá ser alto se considerados o manejo correto e a favorabilidade do relevo local.

Recomenda-se a preservação das áreas mais declivosas.

• **Recursos hídricos**

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural complexo e irregular. Quando houver falhas e fraturas interconectadas, podem se tornar bons aquíferos.

Ambiência geológica favorável à existência de excelentes armadilhas hidrogeológicas relacionadas à interconectividade das discontinuidades estruturais.

O manto de alteração possui boa permeabilidade primária e secundária; quando espesso, pode representar um aquífero superficial de boa expressividade.

• **Fontes poluidoras**

Baixa vulnerabilidade à contaminação.

Rochas coesas, pouco fraturadas, com solos argilo-siltico-arenosos com baixa permeabilidade e baixa taxa de infiltração.

Solos argilosos espessos, que funcionam como mantos depuradores, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes, protegendo o aquífero.

Os planos de discontinuidades (foliação, falhas e fraturas) propiciam a percolação de fluidos, podendo conduzir contaminantes ao lençol freático.

• **Potencial mineral**

Favorável à utilização como brita (Granito Tracuateua) (Figura 11.36) e possível utilização como rocha ornamental (DCGR2alc).

Minas inativas e ativas de brita com potencial para uso industrial e na construção civil.

Ocorrências de molibdenita (DCGR2pal).

Ocorrências e depósitos de ouro associados a veios de quartzo em zonas de cisalhamento hidrotermalizadas no contexto dos granitoides Oca e Carecuru.

Potencial para uso industrial e na construção civil.

Mina ativa de granito industrial no Complexo Santana do Araguaia (DCGR2salc).

• **Potencial geoturístico**

Relevo com diversidade de paisagens.

Áreas de grande beleza cênica, com cachoeiras, cor-deiras e serras.



**Figura 11.36** – Afloramento de granito na zona de lavra da pedra da Mineração Santa Mônica, onde se observa intensa rede de fraturamentos (suíte intrusiva Tracuateua).

## DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES INTENSAMENTE DEFORMADOS: ORTOGNAISSES (DCGR3)

São terrenos geológicos antigos, gerados no Arqueoproterozoico, com desenvolvimento evoluído de estruturação gnaisse e intensamente deformados em regime dúctil-rúptil, com formação subsequente de feições miloníticas e cataclásticas. Ao longo de sua história evolutiva, sofreram transformações estruturais e deformativas profundas, a partir de um protólito ígneo de natureza granítica.

Esse domínio é representado pelas unidades litoestratigráficas Granito Uaiãpi, Tonalito Arco Verde, Tonalito Caracol, Ortognaisse Uruará, Ortognaisse Pacajá, Trondhjemitó Mogno, Trondhjemitó Água Fria e Complexo Guianense, correspondendo às unidades geológico-ambientais Séries Graníticas Alcalinas (DCGR3alc), Indeterminado (DCGR3in) e Séries Graníticas Subalcalinas (DCGR3salc).

Tais unidades ocorrem nas porções noroeste e sudeste do estado do Pará (Figura 11.37). Apesar de composições distintas, essas unidades foram descritas conjuntamente, por apresentarem comportamento semelhante frente ao uso e à ocupação do terreno.

### Séries Graníticas Alcalinas (DCGR3alc), Indeterminado (DCGR3in) e Séries Graníticas Subalcalinas (DCGR3salc).

- Obras de engenharia

Alta capacidade de suporte de carga, alta resistência ao corte e à penetração e instabilidades em taludes de corte.

Ocorrência de rochas coesas, intensamente deformadas, pouco a moderadamente fraturadas, em relevo



**Figura 11.37** – Distribuição espacial das unidades geológico-ambientais definidas no domínio DCGR3 no estado do Pará.

forte ondulado a íngreme, com solos pouco espessos ou inexistentes, sendo necessário o uso de explosivos para remoção (Figura 11.38).

Nessas áreas é comum a presença de blocos e lascas, que podem vir a se desestabilizar e descer a encosta.

São áreas naturalmente suscetíveis ao risco geológico, com movimentos naturais de massa com queda de blocos, escorregamentos e corridas de lama.

Moderada a alta suscetibilidade à erosão e à queda de blocos.

Granitoides portadores de descontinuidades ou anisotropias geomecânicas e hidráulicas relacionadas a bandas ou leitos com concentrações diferenciadas de biotita isorientada.

- Agricultura

Terras mecanizáveis, em áreas planas a levemente onduladas, aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Baixa fertilidade natural.

Relevo ondulado nas encostas e alagamentos periódicos nas áreas de baixada.

Solos sujeitos à compactação, onde a textura é mais argilosa (Argissolos).

Baixa fertilidade natural.

Relevo acidentado nas encostas.

Solos sujeitos a inundações periódicas nas áreas baixas.

Ocorrência de pedregosidade e rochiosidade associadas a solos rasos.

Predomínio de rochas que se alteram para solos argilo-siltico-arenosos, liberando alumínio e criando condições pedológicas excessivamente ácidas.

Recomenda-se a preservação das áreas mais declivosas.

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural, com alguma complexidade e com potencial bastante irregular, condicionado à presença de falhas, fraturas e demais descontinuidades estruturais.



**Figura 11.38** – Tonalito esverdeado, de granulação média, com deformação dúctil, pertencente ao Tonalito Arco Verde.



Ambiência geológica favorável à existência de boas armadilhas hidrogeológicas, a depender da interconectividade das estruturas planares: em determinado local, um poço pode ter excelente vazão e, ao lado, um poço de mesma profundidade pode se apresentar seco.

São recomendáveis estudos prévios de geofísica como orientativos para locação de poços ou furos.

Os solos são bem evoluídos e pouco permeáveis, desfavoráveis à recarga das águas subterrâneas.

- Fontes poluidoras

Os planos de descontinuidades (foliação, falhas e fraturas) propiciam a percolação de fluidos, podendo conduzir contaminantes ao lençol freático.

Baixa vulnerabilidade à contaminação, decorrente da coesão das rochas com baixa permeabilidade e baixa taxa de infiltração.

Solos argilosos espessos, que funcionam como mantos depuradores, com capacidade para reter, fixar e eliminar poluentes, protegendo o aquífero.

- Potencial mineral

Reserva aluvionar de cassiterita explotada, no passado, por atividade garimpeira (DCGR3alc).

Potencial para uso industrial e na construção civil.

- Potencial geoturístico

Relevo bastante diversificado, de grande beleza cênica, constituído por áreas serranas, cachoeiras e corredeiras.

## DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITO-GNAISSE-MIGMATÍTICOS E GRANULITOS (DCGMGL)

São terrenos geológicos antigos, gerados no Arqueoproterozoico, com desenvolvimento evoluído de estruturação gnaissóide e intensamente deformados em regime dúctil-rúptil, com formação subsequente de feições miloníticas e cataclásticas. Ao longo de sua história evolutiva, sofreram transformações estruturais e deformativas profundas, a partir de um protólito ígneo e/ou sedimentar de natureza sílica e/ou mantélica. No curso de seu processo genético, as litologias desse domínio sofreram sucessivas fusões parciais, originando estruturas migmatíticas diversas, denunciando sempre a presença de paleossomas e neossomas que testemunham a ação anatexítica (Figuras 11.39, 11.40, 11.41). Os granulitos associados são os testemunhos anídricos de crosta inferior alçada tectonicamente aos níveis crustais mais superiores.

Esse domínio é representado pelas seguintes unidades litoestratigráficas: Complexo Cajazeiras, Complexo Bacajaí, Complexo Aruanã, Complexo Baixo Mapari Complexo Jari-Guaribas, Paragnaisse Ipiçava, Diopsídio Norito Pium, Ortogranulito Máfico Rio Petro, Charnoenderbito Valentim e Charnockito Bacajaí, Complexo Xingu, Complexo Itapeva, Metatonalito Igarapé Grande, Formação Marajupema, Com-

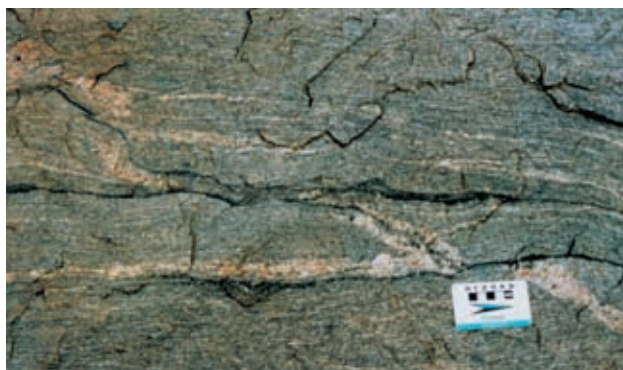
plexo Cuiú-Cuiú, Granito Uaiãpi, Tonalito Arco Verde, Tonalito Caracol, Ortognaisse Uruarás, Ortognaisse Pacajá, Trondhjemito Mogno, Trondhjemito Água Fria e Complexo Guianense.

São caracterizadas seis unidades geológico-ambientais nesse domínio: Granulitos Indiferenciados (DCGMGLgli); Gnaiss-Granulito Ortoderivado. Podem Conter Porções Migmatíticas (DCGMGLglo); Gnaisses Indiferenciados (DCGMGLgni); Predomínio de Gnaiss Ortoderivado. Podem Conter Porções Migmatíticas (DCGMGLgno); Migmatitos Indiferenciados (DCGMGLmgi); Predomínio de Gnaisses Paraderivados. Podem Conter Porções Migmatíticas (DCGMGLgnp).

As referidas unidades ocorrem nas porções norte e centro-leste do estado do Pará (Figura 11.42). Apesar de composições distintas, essas unidades foram descritas conjuntamente por apresentarem comportamento semelhante frente ao uso e à ocupação do terreno.



**Figura 11.39** – Complexo Jari-Guaribas: granulitos ácidos com conspicua anisotropia estrutural englobando granulitos básicos com estiramento, adelgaçamento e rompimento em conformidade com a estruturação regional. Mostram alta capacidade de suporte e resistência ao corte e à penetração. Suscetíveis à erosão, rolagem e queda de blocos e matacões. A maior ou menor concentração de tipos básicos isorientados podem gerar descontinuidades geomecânicas e hidráulicas lateral e verticalmente

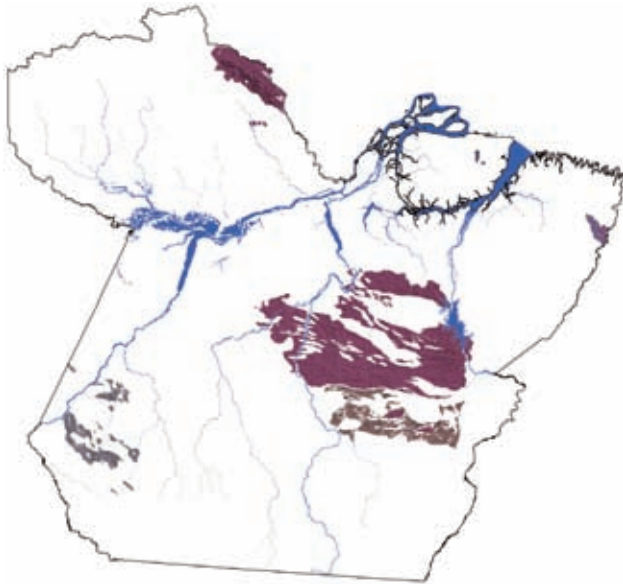


**Figura 11.40** – Ortognaisse Uruará: granodiorito gnaissificado mostrando foliação milonítica e venulações quartzo-feldspáticas com características neossomáticas. Rocha coesa com solos pouco espessos e forte anisotropia estrutural. Alta capacidade de suporte e resistência ao corte e à penetração e com boa estabilidade em talude de corte. Por sua natureza granodiorítica são pobres em elementos nutrientes e ricos em Al nos solos residuais com baixa fertilidade natural e extrema acidez.





**Figura 11.41** – Complexo Guianense: macrofábrica gnaissóide em que se destacam leucossomas quartzo-feldspáticos em disposição conformável com a estrutura regional, construindo feições migmatíticas. Rocha coesa, anisotrópica, com solos inexistentes e com alta resistência ao corte e à penetração, sendo necessário o uso de explosivos para remoção. Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural complexo.



**Figura 11.42** – Distribuição espacial das unidades geológico-ambientais definidas no domínio DCGMGL no estado do Pará.

**Granulitos Indiferenciados (DCGMGLgi); Gnaiss-Granulito Ortoderivado. Podem Conter Porções Migmatíticas (DCGMGLglo); Gnaisses Indiferenciados (DCGMGLgni); Predomínio de Gnaiss Ortoderivado. Podem Conter Porções Migmatíticas (DCGMGLgno); Migmatitos Indiferenciados (DCGMGLmgi); Predomínio de Gnaisses Paraderivados. Podem Conter Porções Migmatíticas (DCGMGLgnp)**

- Obras de engenharia

Alta capacidade de suporte, alta resistência ao corte e à penetração e boa estabilidade em talude de corte.

Moderada a alta suscetibilidade à erosão, rolagem e queda de blocos.

Possibilidade de afloramentos rochosos coesos, anisotrópicos (alternância de bandas ricas em minerais quartzofeldspáticos e micáceos), intensamente dobrados e fraturados em relevo íngreme, com solos pouco espessos ou inexistentes.

Alta resistência ao corte e à penetração (necessário uso de explosivos para remoção).

Riscos de queda de blocos, escorregamentos e corridas de lama.

Alteram-se de forma bastante heterogênea para solos argilo-siltico-arenosos, como solos residuais pedogeneticamente bem evoluídos, com alto potencial erosivo. Nesse processo de alteração para latossolos, preservam blocos e matacões em meio aos solos que se movimentam, facilmente, em taludes de corte.

As rochas podem conter faixas ou níveis com alta concentração de minerais micáceos isorientados, como os melanossomas dos migmatitos, e apresentarem diferenciações texturais e estruturais locais, gerando descontinuidades geomecânicas e hidráulicas lateral e verticalmente.

- Agricultura

Terras mecanizáveis em áreas mais planas e solos mais profundos, aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

Baixa fertilidade natural.

Relevo acidentado nas encostas (Latosolos).

Solos com drenagem imperfeita (Plintossolos) e sujeitos a inundações periódicas nas áreas baixas (Neossolos Flúvicos, Gleissolos e Espodossolos).

Presença de *solum* (horizonte A+B) pouco espesso.

Ocorrência de pedregosidade e rochiosidade associadas a solos rasos (Neossolos Litólicos).

As rochas, por sua natureza ácida e granítica, são pobres em minerais que possam liberar elementos nutrientes e ricos em minerais que ofertam alumínio ao solo residual, o qual, em decorrência, assume uma condição de baixa fertilidade natural com extrema acidez.

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural complexo. Potencial bastante irregular, condicionado à presença de falhas, fraturas e outras descontinuidades estruturais.

Ambiência geológica favorável à existência de boas armadilhas hidrogeológicas, a depender da interconectividade das estruturas planares: em determinado local, um poço pode ter excelente vazão e, ao lado, outro poço, de mesma profundidade, pode apresentar-se seco. É recomendável o estudo prévio de geofísica, como orientativo para locação de poços ou furos.

Os solos são bem evoluídos e pouco permeáveis, desfavoráveis à recarga das águas subterrâneas.

- Fontes poluidoras

Baixa vulnerabilidade à contaminação: rochas coesas, pouco fraturadas, com baixa permeabilidade e baixa taxa de infiltração.

Presença de solos argilosos, de espessuras variáveis, que funcionam como mantos depuradores, com capacidade para reter, fixar e eliminar poluentes, protegendo o aquífero.

Os planos de descontinuidades estruturais propiciam a percolação de fluidos, podendo conduzir contaminantes ao lençol freático.

- Potencial mineral

Raros indícios de mineralização cuprífera, relacionados aos granulitos básicos (DCGMGLglo).

Potencial para uso industrial e na construção civil.

Mineralizações primárias e secundárias de ouro associadas às rochas do Complexo Cuiú-Cuiú, na região do Vale do Tapajós (DCGMGLgnp).

- Potencial geoturístico

Relevo com diversidade de paisagens, com predomínio de áreas serranas.

## REFERÊNCIA

CPRM- Serviço Geológico do Brasil. **Mapa geodiversidade do Brasil**: influência da geologia dos grandes geossistemas no uso e ocupação dos terrenos. Brasília: CPRM, 2006. 68 p. Inclui 1 CD ROM.

# **APÊNDICE I**

## **UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO**





DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS INCONSOLIDADOS OU POUCO CONSOLIDADOS, DEPOSITADOS EM MEIO AQUOSO.	DC	Ambiente de planícies aluvionares recentes – Material inconsolidado e de espessura variável. Da base para o topo, é formado por cascalho, areia e argila.	DCa
		Ambiente de terraços aluvionares – Material inconsolidado a semiconsolidado, de espessura variável. Da base para o topo, é formado por cascalho, areia e argila.	DCta
		Ambiente fluviolacustre – Predomínio de sedimentos arenosos, intercalados com camadas argilosas, ocasionalmente com presença de turfa. Ex.: Fm. Içá.	DCfl
		Ambiente lagunar – Predomínio de sedimentos argilosos.	DCI
		Ambiente paludal – Predomínio de argilas orgânicas e camadas de turfa.	DCp
		Ambiente marinho costeiro – Predomínio de sedimentos arenosos.	DCmc
		Ambiente misto (Marinho/Continental) – Intercalações irregulares de sedimentos arenosos, argilosos, em geral ricos em matéria orgânica (mangues).	DCm
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS INCONSOLIDADOS DO TIPO COLUVIÃO E TÁLUS.	DCICT	Colúvio e tálus – Materiais inconsolidados, de granulometria e composição diversa proveniente do transporte gravitacional.	DCICT
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS INDIFERENCIADOS CENOZOICOS RELACIONADOS A RETRABALHAMENTO DE OUTRAS ROCHAS, GERALMENTE ASSOCIADOS A SUPERFÍCIES DE APLAINAMENTO.  Obs.: Engloba as coberturas que existem na zona continental e representam uma fase de retrabalhamento de outras rochas que sofreram pequeno transporte em meio não aquoso ou pouco aquoso.	DCSR	Relacionado a sedimentos retrabalhados de outras rochas – Coberturas arenoconglomeráticas e/ou siltico-argilosas associadas a superfícies de aplainamento.	DCSR
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS PROVENIENTES DA ALTERAÇÃO DE ROCHA <i>IN SITU</i> COM GRAU DE ALTERAÇÃO VARIANDO DE SAPRÓLITO A SOLO RESIDUAL, EXCETO AS LATERITAS.	DCEL	Sedimentos eluviais.	DCEL
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS BIOCLÁSTICOS.	DCB	Plataforma continental – recifes.	DCBr
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS EÓLICOS.	DCE	Dunas móveis – Material arenoso inconsolidado.	DCEm

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS EÓLICOS.	DCE	Dunas fixas – Material arenoso fixado pela vegetação.	DCEf
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS SEMICONSOLIDADOS FLUVIAIS.	DCF	Depósitos fluviais antigos – Intercalações de níveis arenosos, argilosos, siltsos e cascalhos semiconsolidados. Ex.: Formação Pariquera-Açu.	DCFa
DOMÍNIO DAS COBERTURAS CENOZOICAS DETRITO-LATERÍTICAS.	DCDL	Depósitos detrito-lateríticos – Provenientes de processos de lateritização em rochas de composições diversas sem a presença de crosta.	DCDL
		Horizonte laterítico <i>in situ</i> – Proveniente de processos de lateritização em rochas de composições diversas formando crosta. Ex.: Crostas ferruginosas.	DCDLi
DOMÍNIO DAS COBERTURAS CENOZOICAS DETRITO-CARBONÁTICAS.	DCDC	Depósitos detrito-carbonáticos – Provenientes de processos de lateritização em rochas carbonáticas. Ex.: Formação Caatinga.	DCDC
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS E MESOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A PEQUENAS BACIAS CONTINENTAIS DO TIPO <i>RIFT</i> .	DCMR	Predomínio de sedimentos arenosos. Ex.: Sedimentos associados a pequenas bacias continentais do tipo <i>rift</i> , como as bacias de Curitiba, São Paulo, Taubaté, Resende, dentre outras.	DCMRa
		Predomínio dos sedimentos síltico-argilosos.	DCMRsa
		Calcários com intercalações síltico-argilas. Ex.: Formação Tremembé.	DCMRcsa
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A TABULEIROS.	DCT	Alternância irregular entre camadas de sedimentos de composição diversa (arenito, siltito, argilito e cascalho). Ex.: Formação Barreiras.	DCT
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS E MESOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A PROFUNDAS E EXTENSAS BACIAS CONTINENTAIS.	DCM	Predomínio de sedimentos arenoargilosos e/ou síltico-argilosos de deposição continental lacustrina deltaica, ocasionalmente com presença de linhito. Ex.: Formação Solimões.	DCMld
		Predomínio de sedimentos arenosos de deposição continental, lacustre, fluvial ou eólica – arenitos. Ex.: Formação Urucuia.	DCMa
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES MESOZOICAS CLASTOCARBONÁTICAS CONSOLIDADAS EM BACIAS DE MARGENS CONTINENTAIS ( <i>RIFT</i> ).	DSM	Predomínio de calcário e sedimentos síltico-argilosos.	DSMc
		Predomínio de sedimentos quartzoarenosos e conglomeráticos, com intercalações de sedimentos síltico-argilosos e/ou calcíferos.	DSMqcg
		Predomínio de sedimentos síltico-argilosos, com alternância de sedimentos arenosos e conglomeráticos.	DSMsa

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES MESOZOICAS CLASTOCARBONÁTICAS CONSOLIDADAS EM BACIAS DE MARGENS CONTINENTAIS (RIFT).	DSM	Intercalações de sedimentos siltico-argilosos e quartzarenosos.	DSMsaq
		Intercalação de sedimentos siltico-argilosos e camadas de carvão.	DSMscv
DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES E VULCANOSSEDIMENTARES MESOZOICAS E PALEOZOICAS, POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADAS, ASSOCIADAS A GRANDES E PROFUNDAS BACIAS SEDIMENTARES DO TIPO SINÉCLISE (AMBIENTES DEPOSICIONAIS: CONTINENTAL, MARINHO, DESÉRTICO, GLACIAL E VULCÂNICO).	DSVMP	Predomínio de sedimentos arenosos malselecionados.	DSVMPa
		Predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição eólica. Ex.: Arenito Botucatu.	DSVMPae
		Predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista (eólica e fluvial). Ex.: Fm. Rio do Peixe, Fm. Caiuá.	DSVMPaef
		Predomínio de arenitos e conglomerados.	DSVMPacg
		Predomínio de arenitos a arenitos caulíníficos. Ex.: Fm. Alter do Chão.	DSVMPac
		Intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos.	DSVMPasaf
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações arenosas.	DSVMPsaa
		Predomínio de arenitos vulcanoclásticos (tufos cineríticos).	DSVMPav
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos e arenosos, contendo camadas de carvão.	DSVMPsaacv
		Intercalações de paraconglomerados (tilitos) e folhelhos.	DSVMPcgf
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos e calcários com intercalações arenosas subordinadas.	DSVMPsaca
		Intercalações irregulares de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e calcários.	DSVMPasac

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES E VULCANOSSEDIMENTARES MESOZOICAS E PALEOZOICAS, POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADAS, ASSOCIADAS A GRANDES E PROFUNDAS BACIAS SEDIMENTARES DO TIPO SINÉCLISE (AMBIENTES DEPOSICIONAIS: CONTINENTAL, MARINHO, DESÉRTICO, GLACIAL E VULCÂNICO).	DSVMP	Intercalações irregulares de sedimentos arenosos e síltico-argilosos com finas camadas de evaporitos e calcários.	DSVMPasaec
		Predomínio de rochas calcárias intercaladas com finas camadas síltico-argilosas.	DSVMPcsa
		Arenitos, conglomerados, tilitos e folhelhos. Ex.: Grupo Curuá.	DSVMPactf
		Arenitos, conglomerados, siltitos, folhelhos e calcário. Ex.: Grupo Alto Tapajós.	DSVMPacsfc
		Predomínio de sedimentos síltico-argilosos intercalados de folhelhos betuminosos e calcários. Ex.: Formação Irati.	DSVMPsabc
		Predomínio de arenitos e intercalações de pelitos. Ex.: Formação Utiariti.	DSVMPap
DOMÍNIO DO VULCANISMO FISSURAL MESOZOICO DO TIPO PLATÔ.  Ex.: Basaltos da Bacia do Paraná e do Maranhão e Diques Básicos; Basalto Penetecaua, Kumdku.	DVM	Predomínio de intrusivas na forma de gabros e diabásio.	DVMgd
		Predomínio de basaltos.	DVMb
		Predomínio de basalto com <i>intertraps</i> subordinadas de arenito.	DVMba
		Predomínio de riolitos e riodacitos.	DVMrrd
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS ALCALINOS INTRUSIVOS E EXTRUSIVOS, DIFERENCIADOS DO TERCIÁRIO, MESOZOICO E PROTEROZOICO.  Ex.: Alcalinas do Lineamento de Cabo Frio, Lajes.	DCA	Indeterminado.	DCAin
		Tufo, brecha e demais materiais piroclásticos.	DCAtbr
		Série subalcalina (monzonitos, quartzomonzonitos, mangeritos etc.).	DCAsbalc
		Série alcalina saturada e alcalina subsaturada (sienito, quartzossienitos, traquitos, nefelina sienito, sodalita sienito etc.).	DCAalc



DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS ALCALINOS INTRUSIVOS E EXTRUSIVOS, DIFERENCIADOS DO TERCIÁRIO, MESOZOICO E PROTEROZOICO.  Ex.: Alcalinas do Lineamento de Cabo Frio, Lajes.	<b>DCA</b>	Gabro, anortosito, carbonatito, dique de lamprófito.	<b>DCAganc</b>
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES E VULCANOSSEDIMENTARES DO EOPALEOZOICO, ASSOCIADAS A <i>RIFTS</i> , NÃO OU POUCO DEFORMADAS E METAMORFIZADAS.  Ex.: Grupo Camaquã, Fm. Campo Alegre	<b>DSVE</b>	Predomínio de rochas sedimentares.	<b>DSVEs</b>
		Sequência vulcanossedimentar.	<b>DSVEvs</b>
		Predomínio de vulcânicas.	<b>DSVEv</b>
DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU MUITO POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS. CARACTERIZADAS POR UM EMPILHAMENTO DE CAMADAS HORIZONTALIZADAS E SUB-HORIZONTALIZADAS DE VÁRIAS ESPESSURAS, DE SEDIMENTOS CLASTOQUÍMICOS DE VÁRIAS COMPOSIÇÕES E ASSOCIADOS AOS MAIS DIFERENTES AMBIENTES TECTONODEPOSICIONAIS.  Ex.: Fms. Palmeiral, Aguapeí, Dardanelos, Prosperança, Ricardo Franco, Roraima, Beneficente, Jacadigo e Cuiabá.	<b>DSP1</b>	Predomínio de sedimentos arenosos e conglomeráticos, com intercalações subordinadas de sedimentos siltico-argilosos.	<b>DSP1acgsa</b>
		Intercalações irregulares de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e formações ferríferas e manganêsíferas.	<b>DSP1asafmg</b>
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos, com intercalações subordinadas de arenitos e metarenito feldspático.	<b>DSP1saagr</b>
		Rochas calcárias com intercalações subordinadas de sedimentos siltico-argilosos e arenosos.	<b>DSP1csaa</b>
		Diamictitos, metarenitos feldspáticos, sedimentos arenosos e siltico-argilosos.	<b>DSP1dgrsa</b>
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações subordinadas de rochas calcárias.	<b>DSP1sac</b>
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS.  Ex.: Fms. Uatumã, Uailã e Iri.	<b>DSVP1</b>	Predomínio de vulcanismo ácido a intermediário.	<b>DSVP1va</b>
		Predomínio de vulcanismo básico.	<b>DSVP1vb</b>
		Sequência vulcanossedimentar.	<b>DSVP1vs</b>
		Vulcanismo ácido a intermediário e intercalações de metassedimentos arenosos e siltico-argilosos e formações ferríferas e/ou manganêsíferas.	<b>DSVP1vaa</b>

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS, METAMORFIZADAS EM BAIXO A MÉDIO GRAU.	DSP2	Metarenitos, quartzitos e metaconglomerados.	DSP2mqmtc
		Predomínio de metarenitos e quartzitos, com intercalações irregulares de metassedimentos síltico-argilosos e formações ferríferas ou manganésíferas.	DSP2mqsafmg
		Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos e síltico-argilosos.	DSP2msa
		Predomínio de metassedimentos síltico-argilosos, com intercalações de metarenitos feldspáticos.	DSP2sag
		Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos, metacalcários, calcossilicáticas e xistos calcíferos.	DSP2mcx
		Predomínio de metacalcários, com intercalações subordinadas de metassedimentos síltico-argilosos e arenosos.	DSP2mcsaa
		Predomínio de sedimentos síltico-argilosos com intercalações subordinadas de arenitos.	DSP2saa
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS METAMORFIZADAS DE BAIXO A ALTO GRAU.	DSVP2	Indiferenciado.	DSVP2in
		Predomínio de quartzitos.	DSVP2q
		Predomínio de metassedimentos síltico-argilosos, representados por xistos.	DSVP2x
		Predomínio de rochas metacalcárias, com intercalações de finas camadas de metassedimentos síltico-argilosos.	DSVP2csa
		Metacherts, metavulcânicas, formações ferríferas e/ou formações manganésíferas, metacalcários, metassedimentos arenosos e síltico-argilosos.	DSVP2vfc
		Metarenitos feldspáticos, metarenitos, tufos e metavulcânicas básicas a intermediárias.	DSVP2gratv
		Predomínio de rochas metabásicas e metaultramáficas.	DSVP2bu

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS METAMORFIZADAS DE BAIXO A ALTO GRAU.	DSVP2	Metacherts, metarenitos, metapelitos, vulcânicas básicas, formações ferríferas e formações manganêsíferas.	DSVP2af
		Metarenitos, metachert, metavulcânicas ácidas a intermediárias, formações ferríferas e/ou manganêsíferas.	DSVP2avf
		Predomínio de vulcânicas ácidas.	DSVP2va
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES TIPO <i>GREENSTONE BELT</i> , ARQUEANO ATÉ O MESOPROTEROZOICO.  Ex.: Crixás, Araci, Rio das Velhas, Natividade e Rio Maria.	DGB	Sequência vulcânica komatiítica associada a talco-xistos, anfíbolitos, <i>cherts</i> , formações ferríferas e metalultrabásitos.	DGBko
		Predomínio de sequência sedimentar.	DGBss
		Sequência vulcanossedimentar, com alta participação de metavulcânicas ácidas e intermediárias.	DGBvai
		Sequência vulcanossedimentar.	DGBvs
DOMÍNIO DOS CORPOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS (SUÍTES KOMATIÍTICAS, SUÍTES TOLEÍTICAS, COMPLEXOS BANDADOS).  Ex.: Cana Brava, Barro Alto e Niquelândia. Básicas e Ultrabásicas Alcalinas e Vulcanismo Associado.	DCMU	Série máfico-ultramáfica (dunito, peridotito etc.).	DCMUmu
		Série básica e ultrabásica (gabro, anortosito etc.).	DCMUbu
		Vulcânicas básicas.	DCMUvb
		Metamáficas, anfíbolitos e gnaisses calcissilicáticos.	DCMUm
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES NÃO DEFORMADOS.	DCGR1	Associações charnockíticas. Ex.: Piroxênio granitoides etc. Minerais diagnósticos: hiperstênio, diopsídio.	DCGR1ch
		Séries graníticas peralcalinas. Ex.: Granitos alcalinos a riebeckita e arfvedsonita.	DCGR1palc
		Séries graníticas alcalinas. Ex.: Alcalifeldspato granitos, sienogranitos, monzogranitos, quartzomonzonitos, monzonitos, quartzossienitos, sienitos, quartzo-alcalissienitos, alcalissienitos etc. Alguns minerais diagnósticos: fluorita, alanita.	DCGR1alc

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES NÃO DEFORMADOS.	DCGR1	Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas. Ex.: Sienogranitos, monzogranitos, granodioritos, tonalitos, dioritos, quartzomonzonitos, monzonitos etc. Alguns minerais diagnósticos: hornblenda, biotita, titanita, epidoto.	DCGR1salc
		Granitoides peraluminosos. Ex.: Sienogranitos, monzogranitos, granodioritos etc. Minerais diagnósticos: muscovita, granada, cordierita, silimanita, monazita, xenotima.	DCGR1pal
		Série shoshonítica. Ex.: Gabrodiorito a quartzomonzonito etc. Minerais diagnósticos: augita, diopsídio e/ou hiperstênio, anfibólio e plagioclásio.	DCGR1sho
		Indeterminado.	DCGR1in
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES DEFORMADOS.	DCGR2	Associações charnockíticas. Ex.: Piroxênio granitoides etc. Minerais diagnósticos: hiperstênio, diopsídio.	DCGR2ch
		Séries graníticas peralcalinas. Ex.: Granitos alcalinos a riebeckita e arfvedsonita.	DCGR2palc
		Séries graníticas alcalinas. Ex.: Alcalifeldspato granitos, sienogranitos, monzogranitos, quartzomonzonitos, monzonitos, quartzossienitos, sienitos, quartzo-alcalissienitos, alcalissienitos etc. Alguns minerais diagnósticos: fluorita, alanita.	DCGR2alc
		Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas. Ex.: Sienogranitos, monzogranitos, granodioritos, tonalitos, quartzomonzodioritos, dioritos quartzomonzonitos, monzonitos etc. Alguns minerais diagnósticos: hornblenda, biotita, titanita, epidoto.	DCGR2salc
		Granitoides peraluminosos. Ex.: Sienogranitos, monzogranitos, granodioritos etc. Minerais diagnósticos: muscovita, granada, cordierita, silimanita, monazita, xenotima.	DCGR2pal
		Série shoshonítica. Ex.: Gabrodiorito a quartzomonzonito etc. Minerais diagnósticos: augita, diopsídio e/ou hiperstênio, anfibólio e plagioclásio.	DCGR2sho
	Indeterminado.	DCGR2in	



DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES INTENSAMENTE DEFORMADOS: ORTOGNAISSES.	DCGR3	Associações charnockíticas. Ex.: Piroxênio granitoides etc. Minerais diagnósticos: hiperstênio, diopsídio.	DCGR3ch
		Séries graníticas peralcalinas. Ex.: Granitos alcalinos a riebeckita e arfvedsonita.	DCGR3palc
		Séries graníticas alcalinas. Ex.: Alcalifeldspato granitos, sienogranitos, monzogranitos, quartzomonzonitos, monzonitos, quartzossienitos, sienitos, quartzo-alcalissienitos, alcalissienitos etc. Alguns minerais diagnósticos: fluorita, alanita.	DCGR3alc
		Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas. Ex.: Sienogranitos, monzogranitos, granodioritos, tonalitos, dioritos, quartzomonzonitos, monzonitos etc. Alguns minerais diagnósticos: hornblenda, biotita, titanita, epidoto.	DCGR3salc
		Granitoides peraluminosos. Ex.: Sienogranitos, monzogranitos, granodioritos etc. Minerais diagnósticos: muscovita, granada, cordierita, silimanita, monazita, xenotima.	DCGR3pal
		Série Shoshonítica. Ex: Gabrodiorito a quartzomonzonito etc. Minerais diagnósticos: augita, diopsídio e/ou hiperstênio, anfibólio e plagioclásio.	DCGR3sho
		Indeterminado.	DCGR3in
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITO-GNAISSE-MIGMATÍTICOS E GRANULITOS.	DCGMGL	Predominam migmatitos ortoderivados.	DCGMGLmo
		Predominam migmatitos paraderivados.	DCGMGLmp
		Predomínio de gnaisses paraderivados. Podem conter porções migmatíticas.	DCGMGLgnp
		Migmatitos indiferenciados.	DCGMGLmgi
		Gnaisse-granulito paraderivado. Podem conter porções migmatíticas.	DCGMGLglp

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITO-GNAISSE-MIGMATÍTIOS E GRANULITOS.	<b>DCGMGL</b>	Gnaisses granulíticos ortoderivados. Podem conter porções migmatíticas.	<b>DCGMGLglo</b>
		Granulitos indiferenciados.	<b>DCGMGLgli</b>
		Predomínio de gnaisses ortoderivados. Podem conter porções migmatíticas.	<b>DCGMGLgno</b>
		Gnaisses indiferenciados.	<b>DCGMGLgni</b>
		Metacarbonatos.	<b>DCGMGLcar</b>
		Anfibolitos.	<b>DCGMGLaf</b>

# APÊNDICE **II**

## **BIBLIOTECA DE RELEVO DO TERRITÓRIO BRASILEIRO**

Marcelo Eduardo Dantas ([marcelo.dantas@cprm.gov.br](mailto:marcelo.dantas@cprm.gov.br))

CPRM – Serviço Geológico do Brasil





## A ANÁLISE DE PADRÕES DE RELEVO COMO UM INSTRUMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO DA GEODIVERSIDADE

Ab’Saber, em seu artigo “Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário” [*Geomorfologia*, São Paulo, n. 18, 1969], já propunha uma análise dinâmica da Geomorfologia aplicada aos estudos ambientais, com base na pesquisa de três fatores interligados: identificação de uma **compartimentação morfológica dos terrenos**; levantamento da **estrutura superficial das paisagens** e estudo da **fisiologia da paisagem** (Figura II.1).

A **compartimentação morfológica dos terrenos** é obtida a partir da avaliação empírica dos diversos conjuntos de formas e padrões de relevo posicionados em diferentes níveis topográficos, por meio de observações de campo e análise de sensores remotos (fotografias aéreas, imagens de satélite e Modelo Digital de Terreno (MDT)). Essa avaliação é diretamente aplicada aos estudos de ordenamento do uso do solo e planejamento territorial,

constituindo-se em uma primeira e fundamental contribuição da Geomorfologia.

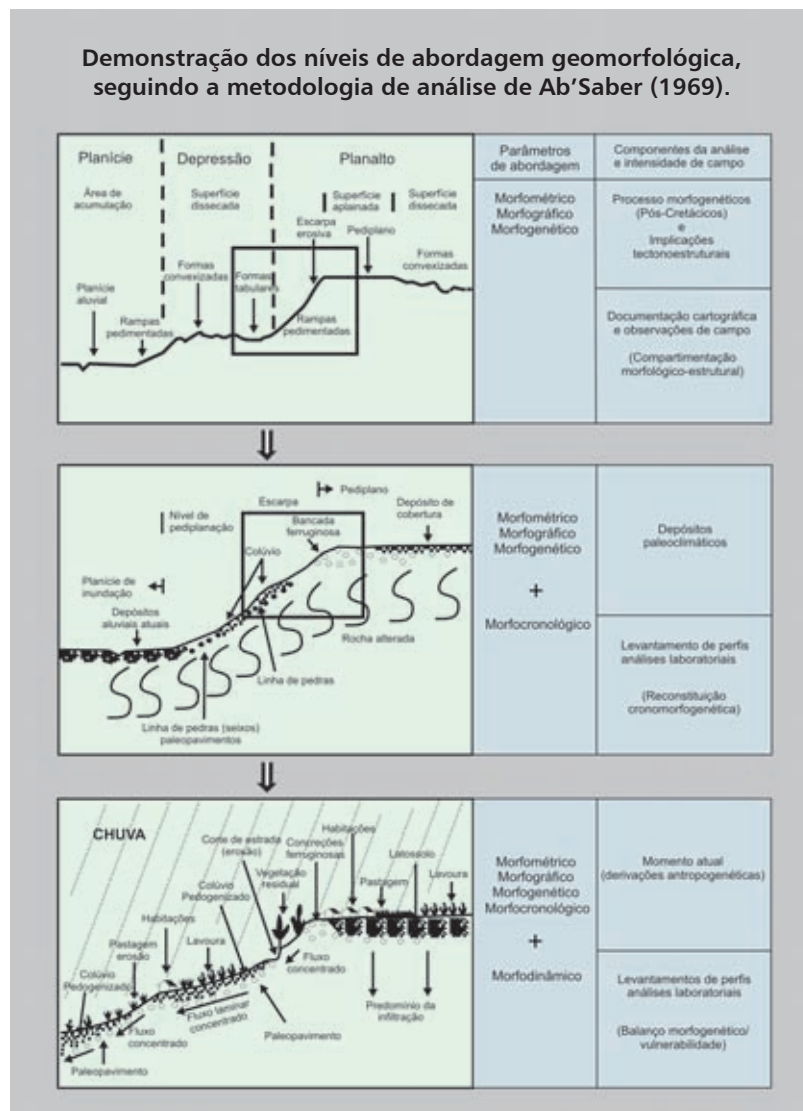
A **estrutura superficial das paisagens** consiste no estudo dos mantos de alteração *in situ* (formações superficiais autóctones) e coberturas inconsolidadas (formações superficiais alóctones) que jazem sob a superfície dos terrenos. É de grande relevância para a compreensão da gênese e evolução das formas de relevo e, em aliança com a compartimentação morfológica dos terrenos, constitui-se em importante ferramenta para se avaliar o grau de fragilidade natural dos terrenos frente aos processos erosivodepositivos.

A **fisiologia da paisagem**, por sua vez, consiste na análise integrada das diversas variáveis ambientais em sua interface com a Geomorfologia. Ou seja, a influência de condicionantes litológico-estruturais, padrões climáticos e tipos de solos na configuração física das paisagens. Com essa terceira avaliação objetiva-se, também, compreender a ação dos processos erosivodepositivos atuais, incluindo todos os impactos decorrentes da ação antropogênica sobre a paisagem natural. Dessa forma, embute-se na análise geomorfológica o estudo da morfodinâmica,

privilegiando-se a análise de processos.

A Biblioteca de Padrões de Relevo do Território Brasileiro foi elaborada para atender à compartimentação geológico-geomorfológica proposta pela metodologia de mapeamento da geodiversidade do território brasileiro em escalas de análise reduzidas (1:500.000 a 1:2.500.000). Nesse sentido, sua abordagem restringe-se a avaliar o primeiro dos pressupostos elencados por Ab’Saber: a compartimentação morfológica dos terrenos. Portanto, a compartimentação de relevo efetuada nos mapeamentos de geodiversidade elaborados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) não representa um mapeamento geomorfológico, tendo em vista que não são considerados os aspectos de gênese, evolução e morfodinâmica. Com a Biblioteca de Padrões de Relevo do Território Brasileiro, a CPRM/SGB tem como objetivo precípuo inserir informações de relevo-paisagem-geomorfologia, em uma análise integrada do meio físico aplicada ao planejamento territorial, empreendida nos mapeamentos de geodiversidade. O mapeamento de padrões de relevo representa, em linhas gerais, o 3º táxon hierárquico da metodologia de mapeamento geomorfológico proposta por Ross (1990). Em todos os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) de Geodiversidade desenvolvidos pela CPRM/SGB, o mapa de padrões de relevo correspon-

Demonstração dos níveis de abordagem geomorfológica, seguindo a metodologia de análise de Ab’Saber (1969).



dente pode ser visualizado, bastando acessar, na shape, o campo de atributos "COD\_REL".

## REFERÊNCIAS:

AB'SABER, A.N. (1969). Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. (Geomorfologia, 18). FFCHL, USP São Paulo, 23p.

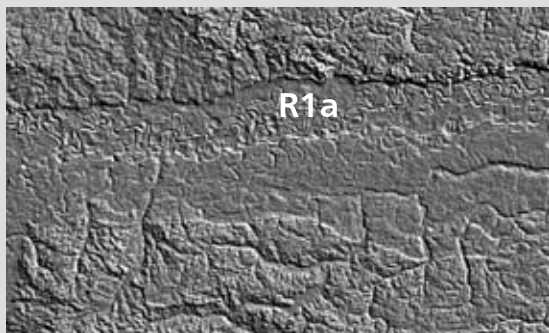
ROSS, J. L. S. (1990). Geomorfologia ambiente e planejamento. Ed. Contexto. São Paulo. 85p.

## I – DOMÍNIO DAS UNIDADES AGRADACIONAIS

### R1a – Planícies Fluviais ou Fluvialacustres (planícies de inundação, baixadas inundáveis e abaciamentos)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenoargilosos a argiloarenosos, apresentando gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. Terrenos imperfeitamente drenados nas planícies de inundação, sendo periodicamente inundáveis; bem drenados nos terraços. Os abaciamentos (ou suaves depressões em solos arenosos) em áreas planas ou em



R1a – Médio vale do rio Juruá (sudeste do estado do Amazonas).

baixos interflúvios, denominados Áreas de Acumulação Inundáveis (Aai), frequentes na Amazônia, estão inseridos nessa unidade.

Amplitude de relevo: zero.

Inclinação das vertentes: 0°-3°.



R1a – Planície fluvial do alto curso do rio São João (Rio de Janeiro). Zona de Baixada Litorânea.



R1a – Planície fluvial da bacia do rio Paquequer (Rio de Janeiro). Zona montanhosa.

### R1b1 – Terraços Fluviais (paleoplanícies de inundação em fundos de vales)

Relevo de agradação. Zona de acumulação subatual.

Superfícies bem drenadas, de relevo plano a levemente ondulado, constituído de depósitos arenosos a argilosos de origem fluvial. Consistem de paleoplanícies de inundação que se encontram em nível mais elevado que o das várzeas atuais e acima do nível das cheias sazonais. Devido à reduzida escala de mapeamento, essa unidade só pôde

ser mapeada em vales de grandes dimensões, em especial, nos rios amazônicos.

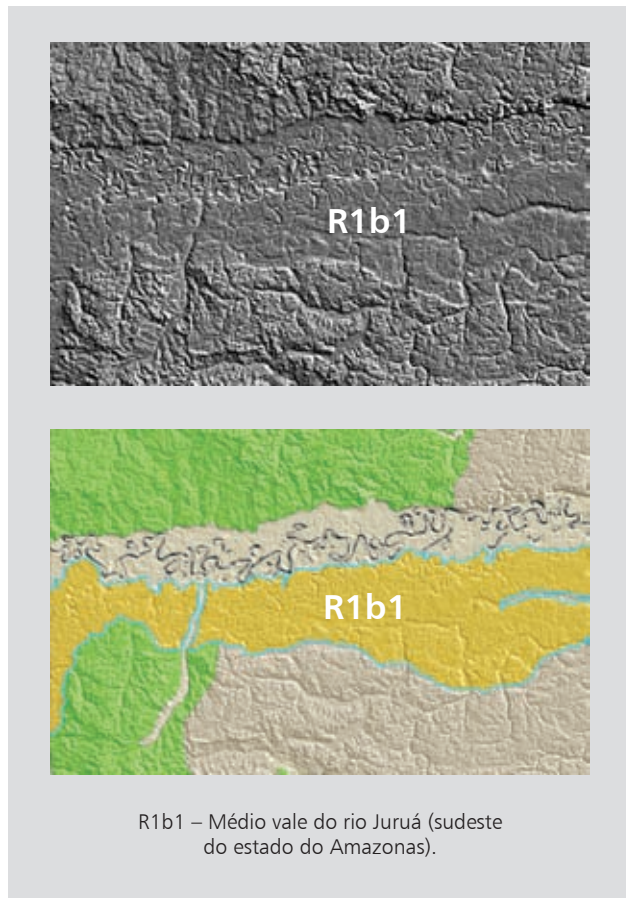
---

Amplitude de relevo: 2 a 20 m.

---

Inclinação das vertentes: 0°-3° (localmente, ressaltam-se rebordos abruptos no contato com a planície fluvial).

---



R1b1 – Planície e terraço fluviais do médio curso do rio Barreiro de Baixo (médio vale do rio Paraíba do Sul – SP/RJ).

### R1b2 – Terraços Lagunares (paleoplanícies de inundação no rebordo de lagunas costeiras)

Relevo de agradação. Zona de acumulação subatual.

Superfícies bem drenadas, de relevo plano a levemente ondulado constituído de depósitos arenosos a argilosos de origem lagunar. Consistem de paleoplanícies de inundação que se encontram em nível mais elevado que o das planícies lagunares ou fluviolagunares atuais e acima do nível das cheias sazonais. Essa unidade encontra-se restrita ao estado do Rio Grande do Sul, mais especificamente na borda continental da Laguna dos Patos.

---

Amplitude de relevo: 2 a 20 m.

---

Inclinação das vertentes: 0°-3° (localmente, ressaltam-se rebordos abruptos no contato com a planície lagunar).

---

### R1b3 – Terraços Marinhos (paleoplanícies marinhas à retaguarda dos atuais cordões arenosos)

Relevo de agradação. Zona de acumulação subatual.

Superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenosos, apresentando microrrelevo ondulado, geradas por processos de sedimentação marinha e/ou eólica. Terrenos bem drenados e não inundáveis.

---

Amplitude de relevo: até 20 m.

---

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

---

### R1c – Vertentes recobertas por depósitos de encosta (leques aluviais, rampas de colúvio e de tálus)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Os cones de tálus consistem de superfícies deposicionais fortemente inclinadas, constituídas por depósitos de encosta, de matriz arenoargilosa a argiloarenosa, rica em blocos, muito malseleccionados. Ocorrem, de forma disseminada, nos sopés das vertentes íngremes de terrenos montanhosos. Apresentam baixa capacidade de suporte.

As rampas de colúvio consistem de superfícies deposicionais inclinadas, constituídas por depósitos de encosta arenoargilosos a argiloarenosos, malseleccionados, em interdigitação com depósitos praticamente planos das planícies aluviais. Ocorrem, de forma disseminada, nas baixas encostas de ambientes colinosos ou de morros.



Amplitude de relevo: variável, dependendo da extensão do depósito na encosta.

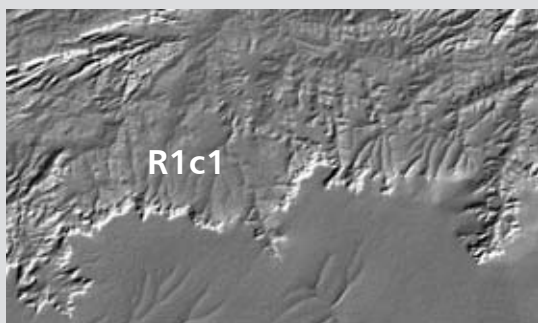
---

Inclinação das vertentes: 5°-20° (associados às rampas de colúvio).

---

Inclinação das vertentes: 20°-45° (associados aos cones de tálus).

---



R1c – Planície borda norte da Chapada do Araripe (Ceará).

## R1c2 – Leques Aluviais

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual ou subatual.

Os leques aluviais consistem de superfícies deposicionais inclinadas, constituídas por depósitos aluvionares de enxurrada, espreados em forma de leque em uma morfologia ligeiramente convexa em planta. São depósitos malselecionados, variando entre areia fina e seixos subangulosos a subarredondados, gerados no sopé de escarpas montanhosas ou cordilheiras. Em sua porção proximal, os leques aluviais caracterizam-se por superfícies fortemente inclinadas e dissecadas por canais efêmeros que drenam a cordilheira. Em sua porção distal, os leques aluviais caracterizam-se por superfícies muito suavemente inclinadas, com deposição de sedimentos finos, em processo de coalescência com as planícies aluviais ou fluviolacustres, reproduzindo um ambiente *playa-bajada* de clima árido.

---

Amplitude de relevo: 2 a 10 m.

---

Inclinação das vertentes: 0°-3° (exceto nas porções proximais dos leques).

---

## R1d – Planícies Fluviomarinhas (mangues e brejos)

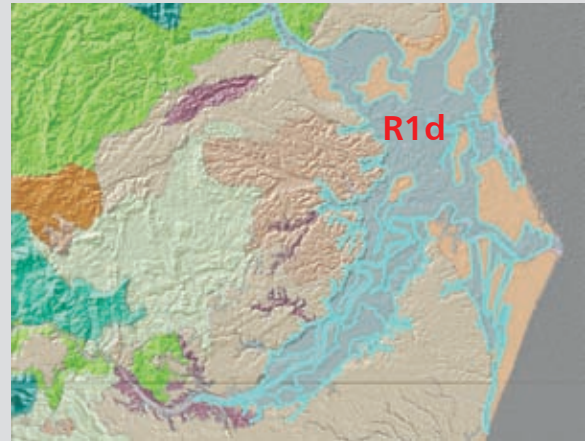
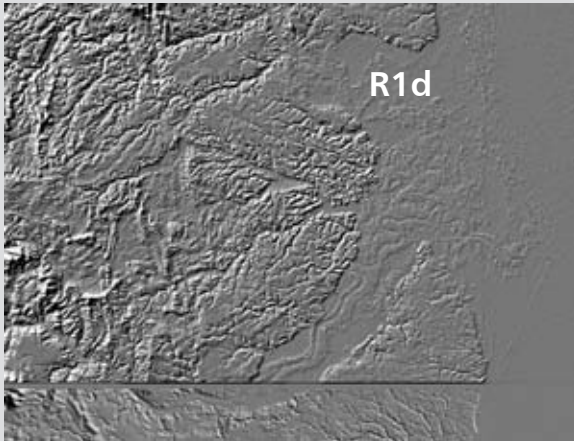
Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies planas, de interface com os sistemas deposicionais continentais e marinhos, constituídas de depósitos argiloarenosos a argilosos. Terrenos muito maldrenados, prolongadamente inundáveis, com padrão de canais bastante meandantes e divagantes, sob influência de refluxo



R1c – Rampas de colúvio que se espalham a partir da borda oeste do platô sinclinal (Moeda – Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais).





R1d – Delta do rio Jequitinhonha (Bahia).



R1d – Ampla superfície embrejada de uma planície lagunar costeira (litoral norte do estado da Bahia, município de Conde).

de marés; ou resultantes da colmatção de paleolagunas. Baixa capacidade de suporte dos terrenos.

---

Amplitude de relevo: zero.

---



---

Inclinação das vertentes: plano (0°).

---

### R1e – Planícies Costeiras (terraços marinhos e cordões arenosos)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenosos, apresentando microrrelevo ondulado, geradas por processos de sedimentação marinha e/ou eólica. Terrenos bem drenados e não inundáveis.

---

Amplitude de relevo: até 20 m.

---



---

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

---

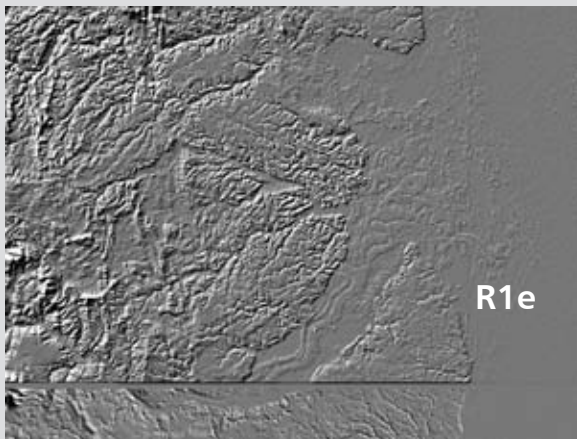


R1d – Planície fluvio-marinha do baixo curso do rio Cunhaú, originalmente ocupado por mangues e atualmente desfigurado para implantação de tanques de carcinocultura (litoral sul-oriental do estado do Rio Grande do Norte).

### R1f1 – Campos de Dunas (dunas fixas; dunas móveis)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual ou subatual.

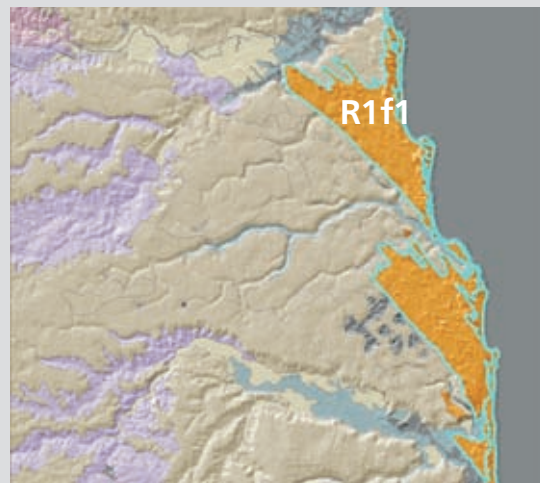
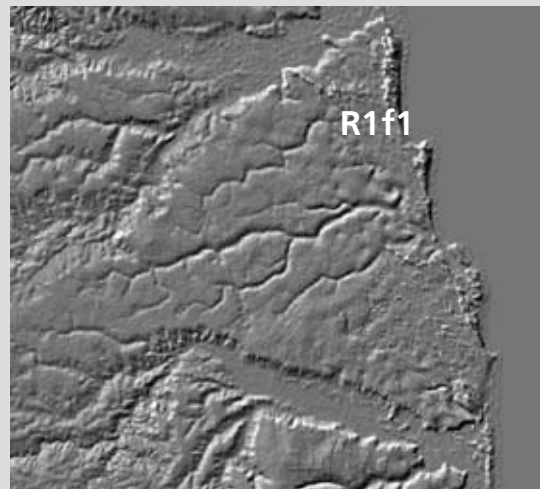
Superfícies de relevo ondulado constituído de depósitos arenoquartzosos, bem selecionados, depositados por ação eólica longitudinalmente à linha de costa. Por vezes, encontram-se desprovidos de vegetação e apresentam expressiva mobilidade (dunas móveis); ora encontram-se recobertos por vegetação pioneira (dunas fixas).



R1e – Planície do delta do rio Jequitinhonha (Bahia).



R1e – Sucessão de feixes de cordões arenosos em linha de costa progradante (Parque Nacional de Jurubatiba – Macaé, Rio de Janeiro).



R1f1 – Litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte.



R1e – Planície costeira com empilhamento de cordões arenosos e depósitos fluviolagunares (litoral norte do estado da Bahia).





R1f1 – Campos de dunas junto à linha de costa, sobrepondo falésias do grupo Barreiras (município de Baía Formosa, litoral sul do estado do Rio Grande do Norte).



R1f1 – Campo de dunas transversais na restinga de Massambaba (Arraial do Cabo, Rio de Janeiro).

Amplitude de relevo: até 40 m.

Inclinação das vertentes: 3°-30°.

### R1f2 – Campos de Loess

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual ou subatual.

Superfícies de relevo plano a suave ondulado constituído de depósitos silticos ou siltico-argilosos, bem sele-

cionados, constituídos de sedimentos finos em suspensão depositados por ação eólica em zonas peridesérticas ou submetidos a paleoclimas áridos ao longo de períodos glaciais pleistocênicos. Apresentam solos com alta suscetibilidade à erosão.

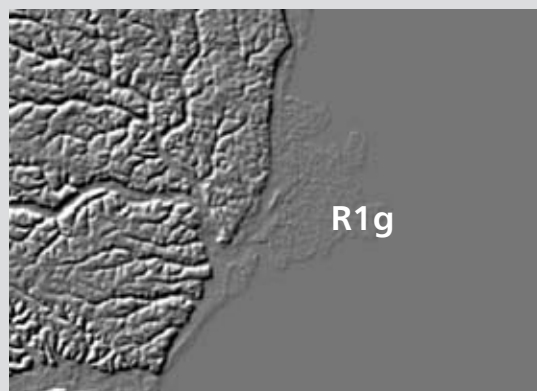
Amplitude de relevo: 0 a 20 m.

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

### R1g – Recifes

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Os recifes situam-se na plataforma continental interna em posição de linha de arrebentação ou *off-shore*, podendo ser distinguidos dois tipos principais: RECIFES DE PRAIA, que consistem de antigos cordões arenosos (*beach-rocks*), sob forma de ilhas-barreiras paralelas à linha de costa, que foram consolidados por cimentação ferruginosa e/ou carbonática; RECIFES DE BANCOS DE CORAIS, que consistem de bancos de recifes ou formações peculiares denominadas “chapeirões”, submersos ou



R1g – Santa Cruz Cabralia (sul do estado da Bahia).

parcialmente emersos durante os períodos de maré baixa. Estes são produzidos por acumulação carbonática, devido à atividade biogênica (corais).

---

Amplitude de relevo: zero.

---

Inclinação das vertentes: plano (0°).

---

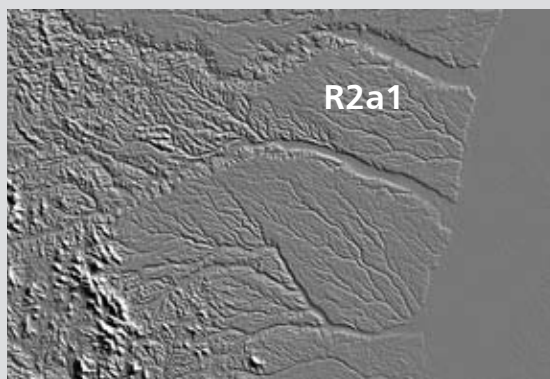
## II – DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS SEDIMENTARES POUCO LITIFICADAS

### R2a1 – Tabuleiros

Relevo de degradação em rochas sedimentares.

Formas de relevo suavemente dissecadas, com extensas superfícies de gradientes extremamente suaves, com topos planos e alongados e vertentes retilíneas nos vales encaixados em forma de “U”, resultantes de dissecação fluvial recente.

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a mo-



R2a1 – Porto Seguro (sul do estado da Bahia).



R2a1 – Tabuleiros pouco dissecados da bacia de Macacu (Venda das Pedras, Itaboraí, Rio de Janeiro).



R2a1 – Plantação de eucaliptos em terrenos planos de tabuleiros não dissecados do grupo Barreiras (município de Esplanada, norte do estado da Bahia).

derada suscetibilidade à erosão). Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas).

---

Amplitude de relevo: 20 a 50 m.

---

Inclinação das vertentes: topo plano: 0°-3° (localmente, ressaltam-se vertentes acentuadas: 10°-25°).

---

### R2a2 – Tabuleiros Dissecados

Relevo de degradação em rochas sedimentares.

Formas de relevo tabulares, dissecadas por uma rede de canais com alta densidade de drenagem, apresentando relevo movimentado de colinas com topos tabulares ou alongados e vertentes retilíneas e declivosas nos vales encaixados, resultantes da dissecação fluvial recente.

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a



moderada suscetibilidade à erosão). Ocorrência de processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas).

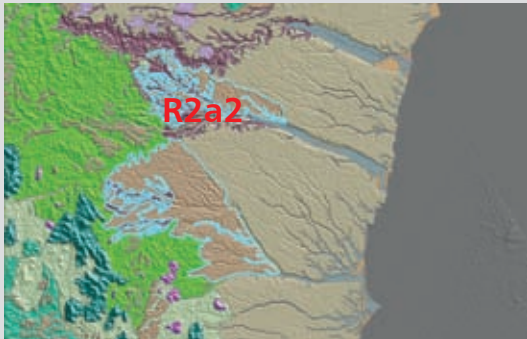
---

Amplitude de relevo: 20 a 50 m.

---

Inclinação das vertentes: topos planos restritos: 0°-3° (localmente, ressaltam-se vertentes acentuadas: 10°-25°).

---



R2a2 – Porto Seguro (sul do estado da Bahia).



R2a2 – Tabuleiros dissecados, intensamente erodidos por processos de voçorocamento junto à rodovia Linha Verde (litoral norte do estado da Bahia).



R2a2 – Tabuleiros dissecados em amplos vales em forma de “U”, em típica morfologia derivada do grupo Barreiras (bacia do rio Guaxindiba, São Francisco do Itabapoana, Rio de Janeiro).

### III – DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS SEDIMENTARES LITIFICADAS

#### R2b1 – Baixos Platôs

Relevo de degradação em rochas sedimentares.

Superfícies ligeiramente mais elevadas que os terrenos adjacentes, pouco dissecadas em formas tabulares. Sistema de drenagem principal com fraco entalhamento.

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização. Caracterizam-se por superfícies planas de modestas altitudes em antigas bacias sedimentares, como os patamares mais baixos da Bacia do Parnaíba (Piauí) ou a Chapada do Apodi, na Bacia Potiguar (Rio Grande do Norte).

---

Amplitude de relevo: 0 a 20 m.

---

Inclinação das vertentes: topo plano a suavemente ondulado: 2°-5°.

---

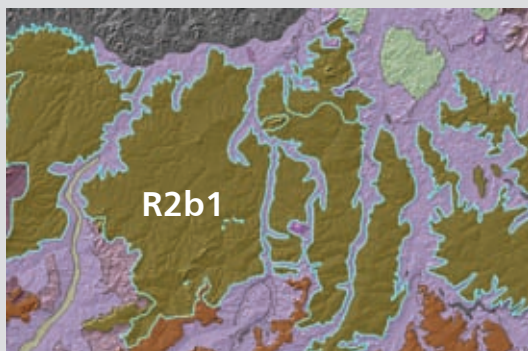
#### R2b2 – Baixos Platôs Dissecados

Relevo de degradação em rochas sedimentares.

Superfícies ligeiramente mais elevadas que os terrenos adjacentes, francamente dissecadas em forma de colinas tabulares. Sistema de drenagem constituído por uma rede de canais com alta densidade de drenagem, que gera um relevo dissecado em vertentes retilíneas e



R2b1



R2b1

R2b1 – Centro-sul do estado do Piauí.



R2b1

R2b1 – Baixos platôs não dissecados da bacia do Parnaíba (estrada Floriano-Picos, próximo a Oeiras, Piauí).

declivosas nos vales encaixados, resultantes da dissecação fluvial recente. Deposição de planícies aluviais restritas em vales fechados.

Equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (formação de solos espessos e bem drenados, com moderada suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização. Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e

voçorocas). Situação típica encontrada nos baixos platôs embasados pela Formação Alter do Chão, ao norte de Manaus.

Amplitude de relevo: 20 a 50 m.

Inclinação das vertentes: topo plano a suavemente ondulado: 2°-5°, excetuando-se os eixos dos vales fluviais, onde se registram vertentes com declividades mais acentuadas (10°-25°).



R2b2



R2b2

R2b2 – Interflúvio entre os rios Uatumã e Nhamundá (nordeste do estado do Amazonas).



R2b2

R2b2 – Baixos platôs dissecados em forma de colinas tabulares sobre arenitos imaturos da formação Alter do Chão (Presidente Figueiredo, Amazonas).



### R2b3 – Planaltos

Relevo de degradação predominantemente em rochas sedimentares, mas também sobre rochas cristalinas.

Superfícies mais elevadas que os terrenos adjacentes, pouco dissecadas em formas tabulares ou colinas muito amplas. Sistema de drenagem principal com fraco entalhamento e deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados.

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização. Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

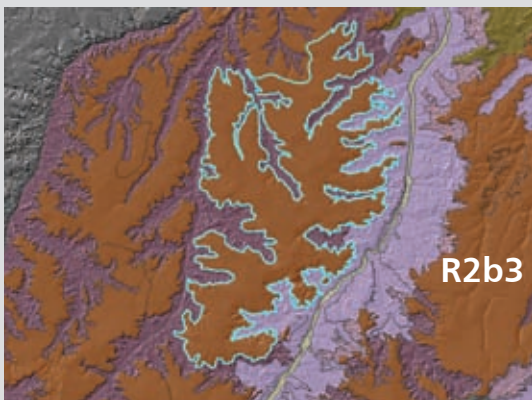
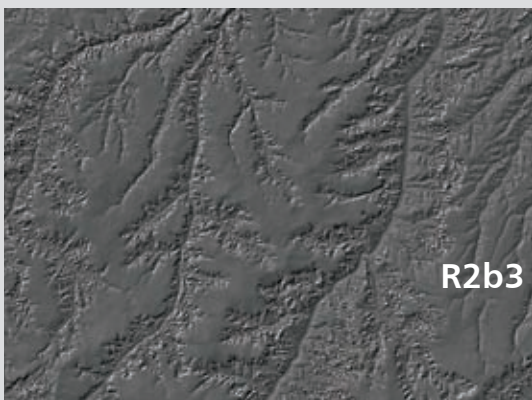
---

Amplitude de relevo: 20 a 50 m.

---

Inclinação das vertentes: topo plano a suavemente ondulado: 2°-5°, excetuando-se os eixos dos vales fluviais.

---



R2b3 – Planalto de Uruçuí (sul do estado do Piauí).



R2b3 – Escarpa erosiva do planalto de Uruçuí (bacia do Parnaíba, sudoeste do estado do Piauí).



R2b3 – Topo do planalto da serra dos Martins, sustentado por cornijas de arenitos ferruginosos da formação homônima (sudoeste do estado do Rio Grande do Norte).

### R2c – Chapadas e Platôs

Relevo de degradação em rochas sedimentares.

Superfícies tabulares alçadas, ou relevos soerguidos, planos ou aplainados, não ou incipientemente pouco dissecados. Os rebordos dessas superfícies, posicionados em cotas elevadas, são delimitados, em geral, por vertentes íngremes a escarpadas. Representam algumas das principais ocorrências das superfícies cimeiras do território brasileiro.

Franco predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão).

Processos de morfogênese significativos nos rebordos das escarpas erosivas, via recuo lateral das vertentes. Freqüente atuação de processos de laterização. Ocorrências

esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

---

Amplitude de relevo: 0 a 20 m.

---

Inclinação das vertentes: topo plano, excetuando-se os eixos dos vales fluviais.

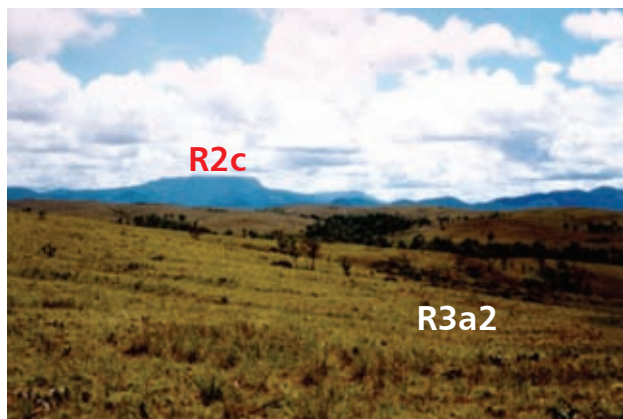
---



R2c – Borda Leste da Chapada dos Pacaás Novos (região central do estado de Rondônia).



R2c – Topo da Chapada dos Guimarães e relevo ruiforme junto a seu escarpamento.



R2c – “Tepuy” isolado da “serra” do Tepequém, uma forma em chapada sustentada por arenitos conglomeráticos do supergrupo Roraima.

#### IV – DOMÍNIO DOS RELEVOS DE APLAINAMENTO

##### R3a1 – Superfícies Aplainadas Conservadas

Relevo de aplainamento.

Superfícies planas a levemente onduladas, promovidas pelo arrasamento geral dos terrenos, representando, em linhas gerais, grandes extensões das depressões interplanaálticas do território brasileiro.

---

Amplitude de relevo: 0 a 10 m.

---

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

---

No bioma da floresta amazônica: franco predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização.

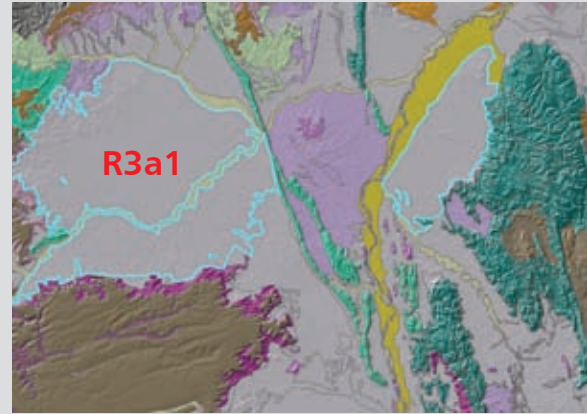
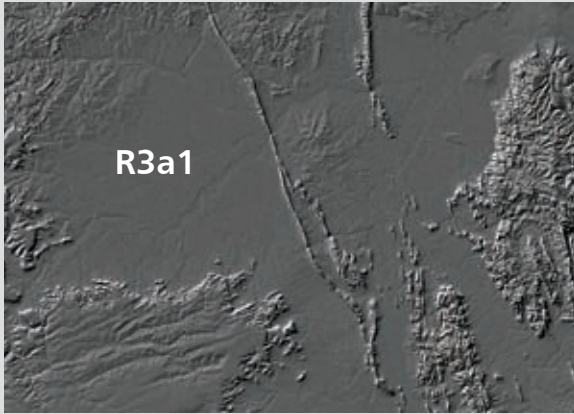
Nos biomas de cerrado e caatinga: equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (a despeito das baixas declividades, prevalece o desenvolvimento de solos rasos e pedregosos e os processos de erosão laminar são significativos).

##### R3a2 – Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas

Relevo de aplainamento.

Superfícies suavemente onduladas, promovidas pelo arrasamento geral dos terrenos e posterior retomada erosiva proporcionada pela incisão suave de uma rede de drenagem incipiente. Inserem-se, também, no contexto das grandes depressões interplanaálticas do território brasileiro.





R3a1 – Médio vale do rio São Francisco (estado da Bahia).

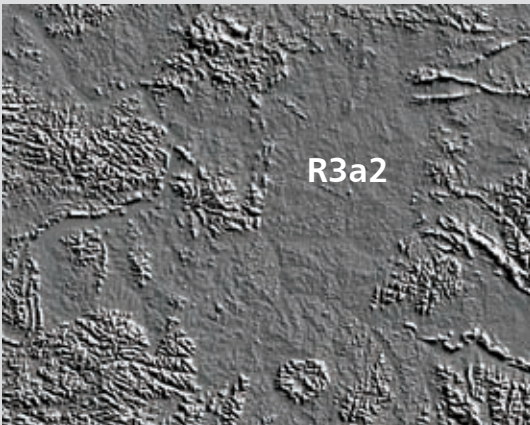
Amplitude de relevo: 10 a 30 m.

Inclinação das vertentes: 0°-5°.



R3a1 – Extensa superfície aplainada, delimitada por esparsas cristas de quartzitos (Canudos, norte do estado da Bahia).

Caracteriza-se por extenso e monótono relevo suave ondulado sem, contudo, caracterizar ambiente colinoso, devido a suas amplitudes de relevo muito baixas e longas rampas de muito baixa declividade.



R3a2 – Médio vale do rio Xingu (estado do Pará).



R3a2 – Extensa superfície aplainada da depressão sertaneja (sudeste do estado do Rio Grande do Norte).

**R3b – *Inselbergs* e outros relevos residuais (cristas isoladas, morros residuais, pontões, monolitos)**

Relevo de aplainamento.

Relevos residuais isolados destacados na paisagem aplainada, remanescentes do arrasamento geral dos terrenos.

---

Amplitude de relevo: 50 a 500 m.

---

Inclinação das vertentes: 25°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60°-90°).

---



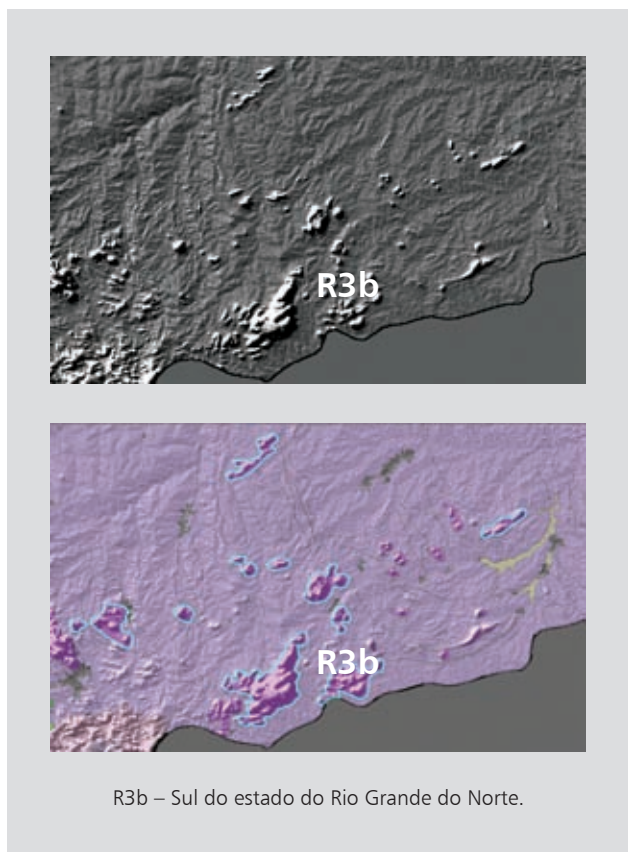
R3b – Neck vulcânico do pico do Cabugi (estado do Rio Grande do Norte).

**V – DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS CRISTALINAS OU SEDIMENTARES**

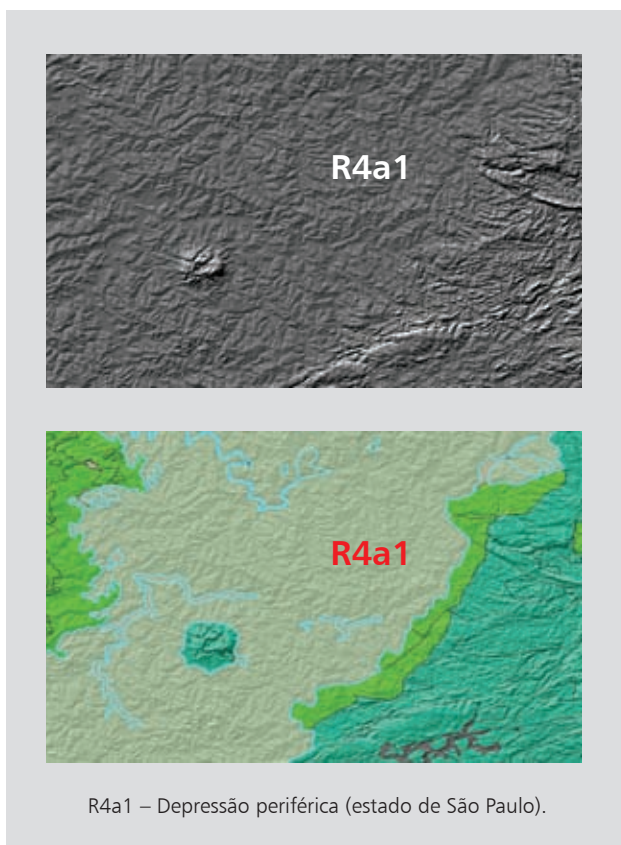
**R4a1 – Domínio de Colinas Amplas e Suaves**

Relevo de degradação em qualquer litologia, predominando rochas sedimentares.

Relevo de colinas pouco dissecadas, com vertentes convexas e topos amplos, de morfologia tabular ou alongada. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais relativamente amplas.



R3b – Sul do estado do Rio Grande do Norte.



R4a1 – Depressão periférica (estado de São Paulo).



R3b – Agrupamentos de *inselbergs* alinhados em cristas de rochas quartzíticas delineadas em zona de cisalhamento (estrada Senhor do Bonfim-Juazeiro, estado da Bahia).





R4a1 – Colinas amplas e suaves modeladas sobre granulitos (cercanias de Anápolis, Goiás).



R4a1 – Relevo suave colinoso (município de Araruama, região dos Lagos, Rio de Janeiro).

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas). Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.

---

Amplitude de relevo: 20 a 50 m.

---

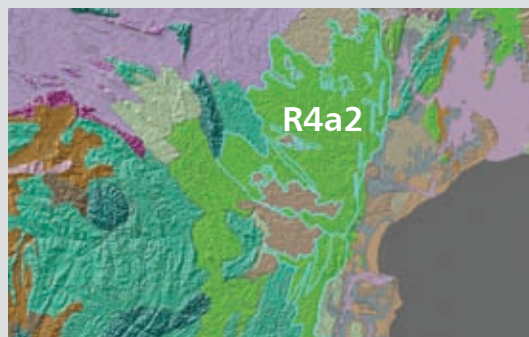
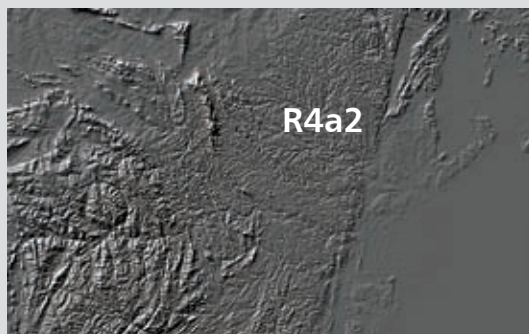
Inclinação das vertentes: 3°-10°.

---

### R4a2 – Domínio de Colinas Dissecadas e de Morros Baixos

Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo de colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou aguçados. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados.



R4a2 – Leste do estado da Bahia.



R4a2 – Típico relevo de mar-de-morros no médio vale do rio Paraíba do Sul (topo da serra da Concórdia, Valença, Rio de Janeiro).



R4a2 – Colinas e morros intensamente dissecados sobre metassiltitos (município de Padre Bernardo, Goiás).

Equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com moderada suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e ocorrência esporádica de processos de erosão linear acelerada (sulcos, ravinas e voçorocas). Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.

---

Amplitude de relevo: 30 a 80 m.

---

Inclinação das vertentes: 5°-20°.

---

### R4a3 – Domos em estrutura elevada

#### Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo de amplas e suaves elevações em forma de meia esfera, com modelado de extensas vertentes convexas e topos planos a levemente arredondados. Em geral, essa morfologia deriva de rochas intrusivas que arqueiam a superfície do terreno, podendo gerar estruturas dobradas do tipo braquianticlinais. Apresenta padrão de drenagem radial



R4a3 – Domo de Guimarães (estado do Rio Grande do Norte).



R4a3 – Domo de Guimarães, arqueando as rochas sedimentares da bacia Potiguar (estado do Rio Grande do Norte).

e centrífugo. Sistema de drenagem principal em processo inicial de entalhamento, sem deposição de planícies aluviais.

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

---

Amplitude de relevo: 50 a 200 m.

---

Inclinação das vertentes: 3°-10°.

---

### R4b – Domínio de Morros e de Serras Baixas

#### Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo de morros convexo-côncavos dissecados e topos arredondados ou aguçados. Também se insere nessa unidade o relevo de morros de topo tabular, característico das chapadas intensamente dissecadas e desfeitas em conjunto de morros de topo plano. Sistema de drenagem principal com restritas planícies aluviais.

Predomínio de processos de morfogênese (formação de solos pouco espessos em terrenos declivosos, em geral, com moderada a alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e linear acelerada (sulcos e ravinas) e ocorrência esporádica de processos de movimentos de massa. Geração de colúvios e, subordinadamente, depósitos de tálus nas baixas vertentes.

---

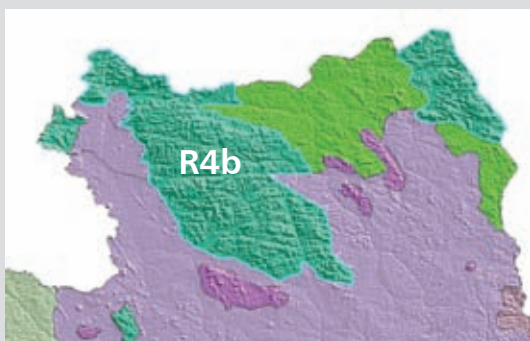
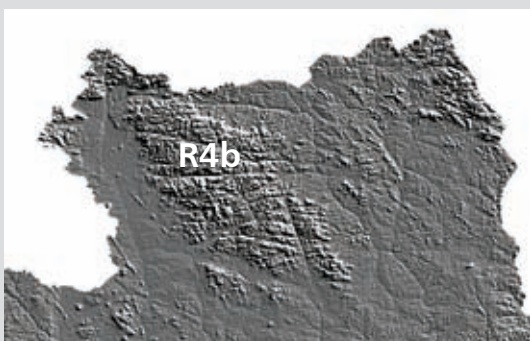
Amplitude de relevo: 80 a 200 m, podendo apresentar desnivelamentos de até 300 m.

---

Inclinação das vertentes: 15°-35°.

---





R4b – Serra do Tumucumaque (norte do estado do Pará).



R4b – Relevo de morros elevados no planalto da região serrana do estado do Rio de Janeiro.



R4b – Relevo fortemente dissecado em morros sulcados e alinhados a norte do planalto do Distrito Federal.

**R4c – Domínio Montanhoso (alinhamentos serranos, maciços montanhosos, *front* de *cuestas* e *hogback*)**

Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo montanhoso, muito acidentado. Vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento.

Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos muito acidentados, em geral, com alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

---

Amplitude de relevo: acima de 300 m, podendo apresentar, localmente, desnivelamentos inferiores a 200 m.

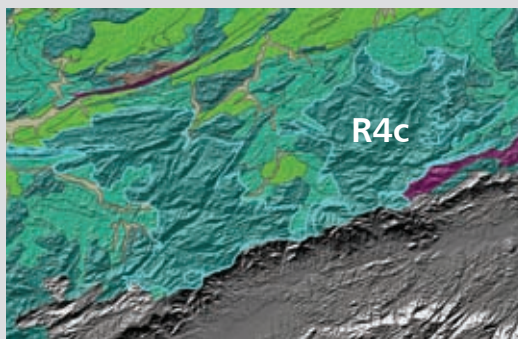
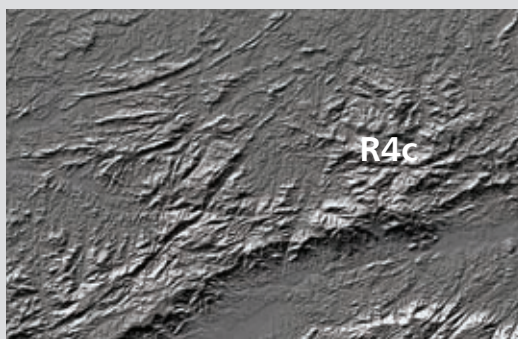
---



---

Inclinação das vertentes: 25°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60°-90°).

---



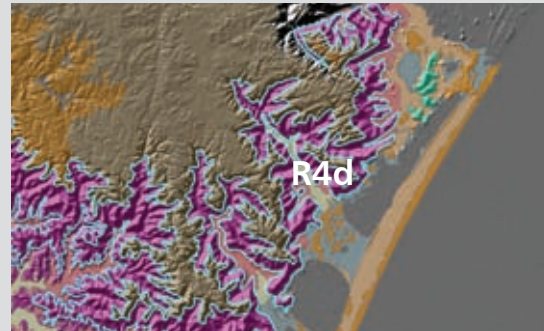
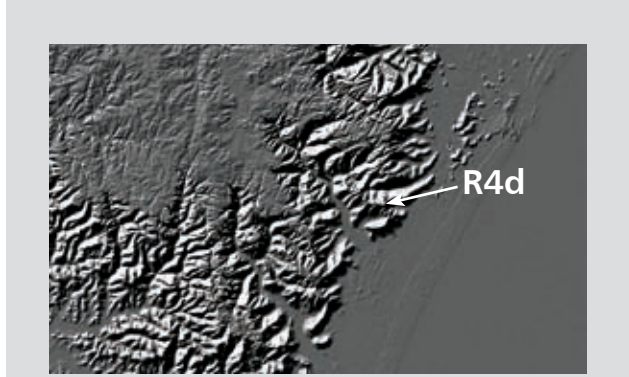
R4c – Sul do estado de Minas Gerais.



R4c – Relevo montanhoso do maciço do Caraça, modelado em quartzitos (Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais).



R4c – Vale estrutural do rio Araras; reverso da serra do Mar (Petrópolis, Rio de Janeiro).



R4d – Escarpa da serra Geral (nordeste do estado do Rio Grande do Sul).



R4d – Aspecto imponente da serra Geral, francamente entalhada por uma densa rede de drenagem, gerando uma escarpa festonada com mais de 1.000 m de desnivelamento.



R4d – Escarpa da serra de Miguel Inácio, cuja dissecação está controlada por rochas metassedimentares do grupo Paranoá (cercanias do Distrito Federal).

## R4d – Escarpas Serranas

### Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo montanhoso, muito acidentado. Vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Representam um relevo de transição entre duas superfícies distintas alçadas a diferentes cotas altimétricas.

Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos muito acidentados, em geral, com alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

---

Amplitude de relevo: acima de 300 m.

---

Inclinação das vertentes: 25°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60°-90°).

---



### R4e – Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos

Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo acidentado, constituído por vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, declivosas e topos levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Representam relevo de transição entre duas superfícies distintas alçadas a diferentes cotas altimétricas.

Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos, em geral, com alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

---

Amplitude de relevo: 50 a 200 m.

---

Inclinação das vertentes: 10°-25°, com ocorrência de vertentes muito declivosas (acima de 45°).

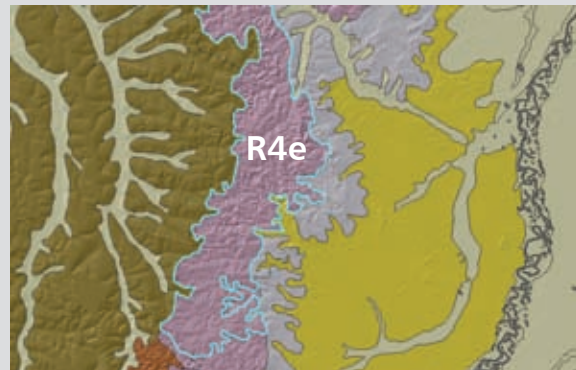
---

### R4f – Vales Encaixados

Relevo de degradação predominantemente em rochas sedimentares, mas também sobre rochas cristalinas.

Relevo acidentado, constituído por vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, fortemente sulcadas, declivosas, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Consistem em feições de relevo fortemente entalhadas pela incisão vertical da drenagem, formando vales encaixados e incisos sobre planaltos e chapadas, estes, em geral, pouco dissecados. Assim como as escarpas e os rebordos erosivos, os vales encaixados apresentam quebras de relevo abruptas em contraste com o relevo plano adjacente. Em geral, essas formas de relevo indicam uma retomada erosiva recente em processo de reajuste ao nível de base regional.

Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos, em geral, com alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.



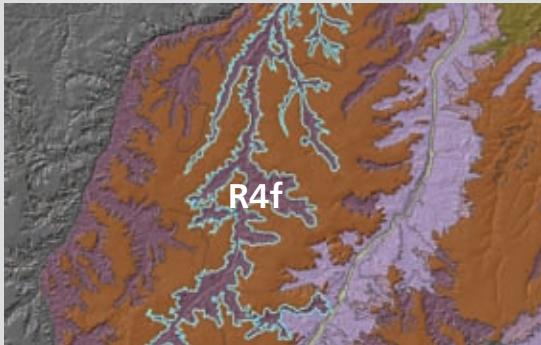
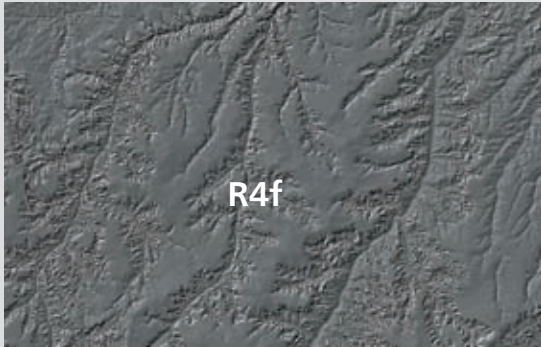
R4e – Degrau escarpado da serra do Roncador (leste do estado de Mato Grosso).



R4e – Degrau estrutural do flanco oeste do planalto de morro do Chapéu (Chapada Diamantina, Bahia).



R4e – Degrau estrutural no contato da bacia do Parnaíba com o embasamento cristalino no sul do Piauí.



R4f – Planalto de Uruçuí e vale do Gurgueia (sul do estado do Piauí).

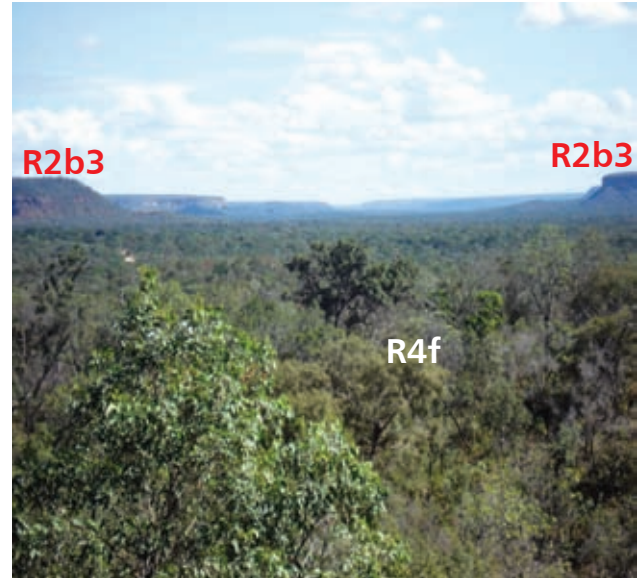
---

Amplitude de relevo: 100 a 300 m.

---

Inclinação das vertentes: 10°-25°, com ocorrência de vertentes muito declivosas (acima de 45°).

---



R4f – Vale amplo e encaixado de tributário do rio Gurgueia no planalto de Uruçuí (sudoeste do estado do Piauí).



## **NOTA SOBRE OS AUTORES**

**ANTENOR FARIA DE MURICY FILHO** – Graduado em Geologia (1964) pela Universidade Federal da Bahia. Ingresso na Petrobras em 1965 onde permaneceu até 1983, companhia aonde se aperfeiçoou mediante inúmeros cursos, principalmente na área de interpretação de perfis e análise de bacias. Exerceu nesta empresa os cargos de chefe de seção, de setor, de divisão e superintendência interina, além do exercício da Gerência de Exploração das Sucursais da Petrobras Internacional (Braspetro) do Egito e da Líbia (1976-1979). Em 1985 reingressou, como contratado, na Braspetro onde exerceu a Gerência de Exploração das Sucursais do Yemen do Sul e da Colômbia (1985-1992). Ingressou na ANP em dezembro de 2005 onde exerceu a função de Assessor de Superintendência (2007-2008) e a Superintendência Adjunta de Definição de Blocos em 2009, atuando atualmente como Superintendente Interino deste mesmo órgão.

**ANTÔNIO THEODOROVICZ** – Geólogo formado (1977) pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e especialização (1990) em Geologia Ambiental. Ingressou na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) – Superintendência Regional de Porto Velho (SUREG/PV) em 1978. Desde 1982 atua na Superintendência Regional de São Paulo (SUREG/SP). Executou e chefiou vários projetos de mapeamento geológico, prospecção mineral e metalogenia em diversas escalas nas regiões Amazônica, Sul e Sudeste. De 1990 até 2012 atuou como supervisor/executor de vários estudos geoambientais, para os quais concebeu uma metodologia, também adaptada e aplicada na geração dos mapas Geodiversidade do Brasil e estaduais. Atualmente, também é coordenador regional do Projeto Geoparques da CPRM/SGB, ministrando treinamentos de campo para caracterização do meio físico para fins de planejamento e gestão ambiental, para equipes da CPRM/SGB e de países da América do Sul.

**BERNARDO FARIA ALMEIDA** – Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro no ano de 2003, obteve o título de Mestre em Engenharia de Produção (Logística) pela COPPE/UFRJ em 2005. Atua como Analista Administrativo na Superintendência de Definição de Blocos desde 2005 nos estudos de Geologia e Geofísica para as Rodadas de Licitações de Blocos Exploratórios realizadas pela ANP e no acompanhamento dos contratos realizados por esta superintendência de acordo com o Plano Plurianual de Estudos de Geologia e Geofísica.

**CINTIA ITOKAZU COUTINHO** – Engenheira Civil formada pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Servidora da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) desde 2004

**CLAUDIO FABIAN SZLAFSZTEIN** – Licenciado em Geologia (1991) pela Universidade de Buenos Aires (Argentina) com Diploma de Honor, Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Hokkaido (Japão) (1995) e Doutor em Ciências Naturais – Geografia pela Universidade de Kiel (Alemanha) (2003). Professor convidado da Universidade Federal do Pará (UFPA) (1996-1997). Na UFPA desde 1998, atualmente é professor associado no Instituto de Geociências e de pós-graduação (mestrado e doutorado) nos Núcleos de Meio Ambiente (NUMA) e de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) e no Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH). Atua nas áreas de gestão de riscos naturais, planificação urbana e regional, e vulnerabilidade e adaptação às mudanças globais. Principal investigador de projetos de investigação financiados pela National Sciences Foundation (USA) e pela União Europeia. Participa de numerosos projetos de gestão territorial na Amazônia. É autor de mais de 20 artigos publicados em revistas científicas internacionais e mais de 10 capítulos de livros nos Estados Unidos e Alemanha, entre outros. Presidente do International Institute of Environmental Creation (Japão), Membro do conselho científico do Global Adaptation Institute (USA), e representante no estado do Pará da Associação Brasileira de Geologia Ambiental (ABGE). Tem recebido diversos prêmios científicos e de cidadão ilustre da cidade de San Pedro Sula (Honduras).

**DAVID FRANCO LOPES** – Graduado em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Pará (2001), com mestrado em Engenharia Química pela mesma Universidade (2004). Atualmente é Engenheiro Hidrólogo da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais em Belém-PA e pesquisador da Universidade Federal do Pará, onde cursa o Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em Planejamento Integrado dos Recursos Hídricos, atuando principalmente nos seguintes temas: poluição ambiental, recursos hídricos, saneamento, saúde pública, balneabilidade, resíduos sólidos, hidrologia aplicada e modelagem de águas subterrâneas, hidrodinâmica e de qualidade da água. Na CPRM atua com levantamentos batimétricos georreferenciados, medição de vazão em ambientes de marés e salinos

**DIANNE DANIELLE FARIAS FONSECA** – Graduada em Geologia (2007) pela Universidade Federal do Pará e Mestranda em Geotecnia pela Universidade Federal de Ouro Preto. Atualmente é Pesquisadora em Geociências do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) em Belém-PA, atuando na área de Risco Geológico e Ordenamento Territorial.

**HOMERO REIS DE MELO JUNIOR** – Geólogo graduado pela Universidade Federal do Pará em 1999 com Mestrado em Geologia e Geoquímica (2002) na área de hidrogeologia com enfoque na caracterização hidrogeológica, mapeamento da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas e das atividades de risco em áreas industriais. Ingressou na CPRM em 2003 atuando na Residência de Porto Velho (RO) nos projetos SIAGAS, avaliação da qualidade das águas subterrâneas de Porto Velho, Projeto Santo Antônio, Projeto Jirau, Avaliação hidrogeológica do município de Rio Branco (AC), Modelo de gestão do aquífero Rio Branco (AC), SIG Hidrogeológico do Brasil, Seleção de áreas para aterros municipais de Buritis (RO), Cacoal (RO), dentre outros. Atualmente está lotado na Superintendência Regional de Belém, inserido ao projeto RIMAS e desenvolvendo Doutorado no Programa de Geociências e Meio Ambiente da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP Rio Claro, na área de hidrogeologia, com ênfase em gestão de recursos hídricos e análise hidrogeoquímica e isotópica das águas subterrâneas.

**JOÃO BATISTA MARCELO DE LIMA** – Possui graduação em Licenciatura Plena em Matemática, pela Universidade Federal do Pará (1990), e graduação em Engenharia Sanitária, pela Universidade Federal do Pará (1994). É especialista em Instrumentos Jurídicos, Econômicos e Institucionais para a Gestão dos Recursos Hídricos, pela Universidade Federal do Pará (2000), e em Hidrogeologia Aplicada, pela Universidade Federal do Pará (1995). Atualmente é Professor Licenciado Pleno - Matemática - Secretaria Municipal de Educação e Cultura - Belém/PA e Engenheiro Hidrólogo da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais de Belém. Tem experiência nas áreas de Engenharia Sanitária, Ambiental, com ênfase em Hidrologia e Hidrogeologia.

**KÁTIA DA SILVA DUARTE** – Geóloga formada pela Universidade de Brasília (UnB). Mestre e doutora em Geotecnia pelo Departamento de Tecnologia da Universidade de Brasília. Servidora da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) desde 2002.

**LUCIENE FERREIRA PEDROSA** – Oceanógrafa (2007) pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Mestre (2012) em Planejamento Ambiental pelo Programa de Planejamento Energético - PPE da COPPE/UFRJ na área de incidentes com derramamento de óleo no mar. De 2006 até a presente data trabalha na Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP realizando a análise ambiental dos projetos de geologia e geofísica do Plano Plurianual da agência, bem como atividades de assessoria da Diretoria Geral.

**MARCELO EDUARDO DANTAS** – Graduado (1992) em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com os títulos de licenciado em Geografia e Geógrafo. Mestre (1995) em Geomorfologia e Geoecologia pela UFRJ. Nesse período, integrou a equipe de pesquisadores do Laboratório de Geo-Hidroecologia (GEOHECO/UFRJ), tendo atuado na investigação de temas como: Controles Litoestruturais na Evolução do Relevo; Sedimentação Fluvial; Impacto das Atividades Humanas sobre as Paisagens Naturais no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. Em 1997, ingressou na CPRM/SGB, atuando como geomorfólogo até o presente. Desenvolveu atividades profissionais em projetos na área de Geomorfologia, Diagnósticos Geoambientais e Mapeamentos da Geodiversidade, em atuação integrada com a equipe de geólogos do Programa GATE/CPRM. Dentre os trabalhos mais relevantes, destacam-se: Mapa Geomorfológico e Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro; Mapa Geomorfológico do ZEE RIDE Brasília; Estudo Geomorfológico Aplicado à Recomposição Ambiental da Bacia Carbonífera de Criciúma; Análise da Morfodinâmica Fluvial Aplicada ao Estudo de Implantação das UHEs de Santo Antônio e Jirau (Rio Madeira-Rondônia). Atua, desde 2002, como professor-assistente do curso de Geografia/UNISUAM. Atualmente, é coordenador nacional de Geomorfologia do Projeto Geodiversidade do Brasil (CPRM/SGB). Membro efetivo da União da Geomorfologia Brasileira (UGB) desde 2007.

**MARIA ADELAIDE MANSINI MAIA** – Geóloga formada (1996) pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), com especialização em Geoprocessamento pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Atuou de 1997 a 2009 na Superintendência Regional de Manaus da CPRM/SGB, nos projetos de Gestão Territorial e Geoprocessamento, destacando-se o Mapa da Geodiversidade do Estado do Amazonas e os Zoneamentos Ecológico-Econômicos (ZEEs) do Vale do Rio Madeira, do estado de Roraima, do Distrito Agropecuário da Zona Franca de Manaus. Atualmente, está lotada no Escritório Rio de Janeiro da CPRM/SGB, desenvolvendo atividades ligadas aos projetos de Gestão Territorial dessa instituição, notadamente o Programa de Levantamento da Geodiversidade. É coautora no “Geodiversidade do Brasil” e “Geodiversidade do Estado do Amazonas”; e autora de trabalhos científicos.

**MARIA ANGÉLICA BARRETO RAMOS** – Graduada (1989) em geologia pela Universidade de Brasília (UnB) e mestre (1993) em Geociências pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Ingressou na CPRM/SGB em 1994, onde atuou em mapeamento geológico no Projeto Aracaju ao Milionésimo. Em 1999, no Departamento de Gestão Territorial (DEGET), participou dos projetos Acajutiba-Aporá-Rio Real e Porto Seguro-Santa Cruz Cabrália. Em 2001, na Divisão de Avaliação de Recursos Minerais integrou a equipe de coordenação do Projeto GIS do Brasil e de Banco de Dados da CPRM/SGB. A partir de 2006, passou a atuar na coordenação de geoprocessamento do Projeto Geodiversidade do Brasil no DEGET. Especialista em Modelagem Espacial de Dados em Geociências, ministra cursos e treinamentos em ferramentas de SIG aplicados a projetos da CPRM/SGB. É autora de 33 trabalhos individuais e coautora nos livros “Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil”, “Geodiversidade do Brasil” e Geodiversidade do Estado da Bahia, dentre outros (13). Foi presidenta da Associação Baiana de Geólogos no período de 2005-2007 e vice-presidente de 2008 a 2009.

**PEDRO AUGUSTO DOS SANTOS PFALTZGRAFF** – Geólogo formado (1984) pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Mestre (1994) na área de Geologia de Engenharia e Geologia Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e doutor (2007) em Geologia Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Trabalhou, entre 1984 e 1988, em obras de barragens e projetos de sondagem geotécnica na empresa Enge Rio – Engenharia e Consultoria S.A. e como geólogo autônomo entre os anos de 1985-1994. Trabalha na CPRM/SGB desde 1994, onde atua em diversos projetos de Geologia Ambiental.

**SHEILA GATINHO TEIXEIRA** – Geóloga formada (2004) pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre e Doutora (2011) em Geologia pelo Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica da UFPA, na sub-área de Sensoriamento Remoto. Atuou de 2008 a 2010 na Superintendência Regional de Manaus da CPRM/SGB, nos projetos Geodiversidade do Estado do Amazonas e Dinâmica Fluvial do Sistema Negro-Solimões-Amazonas. Desde 2010 está lotada na Superintendência Regional de Belém da CPRM/SGB, na qual desenvolveu os projetos Geodiversidade do Estado do Pará e Amapá, além do projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Maranhão. Atualmente está desenvolvendo os projetos Geodiversidade da Região de Fronteira Brasil-Guiana, Informe Mineral do Estado do Amapá e Ação Emergencial e Setorização de Riscos.

**SUELY SERFATY-MARQUES** – Graduada (1975) em geologia pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Especialização em Petrologia e Engenharia do Meio Ambiente. Atualmente, trabalha como geóloga da CPRM/SGB, onde exerce a função de assistente da chefia da Divisão de Gestão Territorial da Amazônia. Nos primeiros 15 anos de carreira, dedicou-se à análise petrográfica e a estudos de petrologia e mineralogia, tendo atuado nos estados do Pará e Goiás, em diversas instituições públicas e órgãos científicos, como: RADAMBRASIL, SUDAM, IDESP (POLAMAZÔNIA), UFPA/FADESP, NUCLEBRÁS, DNPM e CPRM. A partir de 1991, voltou seu enfoque para a área ambiental, sendo que, de 1992 a 1997, empreendeu trabalhos sobre abastecimento hídrico e gestão municipal. Desde 1997 vem se envolvendo com o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) da Amazônia (Organização dos Estados Americanos - OEA), especialmente nas faixas de fronteira com os países da Pan-Amazônia, onde atuou como assistente da coordenação brasileira nos projetos de cooperação com a Venezuela, Colômbia, Peru e Bolívia. Ao longo de toda sua carreira, esteve à frente na revisão de textos técnicos e multitemáticos e potencialização das informações geocientíficas. Cursa, atualmente, a Faculdade de Letras: Licenciatura plena em Português-Inglês e suas Literaturas.

**VALTER JOSÉ MARQUES** – Graduado (1966) em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e especialização em Petrologia (1979), pela Universidade de São Paulo (USP), e Engenharia do Meio Ambiente (1991), pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Nos primeiros 25 anos de carreira, dedicou-se ao ensino universitário, na Universidade de Brasília (UnB), e ao mapeamento geológico na CPRM/SGB, entremendo um período em empresas privadas (Mineração Morro Agudo e Camargo Correa), onde atuou em prospeção mineral em todo o território nacional. Desde 1979, quando retornou à CPRM/SGB, exerceu diversas funções e ocupou diversos cargos, dentre os quais o de Chefe do Departamento de Geologia da CPRM/SGB e o de Superintendente de Recursos Minerais. Nos últimos 18 anos, vem se dedicando à gestão territorial, com destaque para o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), sobretudo na Amazônia e nas faixas de fronteira com os países vizinhos, atuando como coordenador técnico de diversos projetos binacionais. Nos últimos 10 anos vem desenvolvendo estudos quanto à avaliação da Geodiversidade para o desenvolvimento regional utilizando técnicas de cenários prospectivos.

**VICTOR HUGO DA MOTTA PACA** – Engenheiro Civil (2002) pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ). Mestre (2008) em Recursos Hídricos pela COPPE/UFRJ na área de hidrologia aplicada, fluviometria, modelagem computacional e sensoriamento remoto. De 2002 a 2003 trabalhou na empresa BCM em projetos de infraestrutura urbana do Favela-Bairro nas comunidades de Vila Caramuru, Amizade e Urubu, e morro da Pedreira. Atua desde 2004 na Superintendência Regional de Belém da CPRM/SGB, na área de fluviometria, regionalização de vazões, medições com ADCP e na parte operacional de campo.

**VITÓRIO ORLANDI FILHO** – Geólogo (1967) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Especialização em Sensoriamento Remoto e Fotointerpretação no Panamá e Estados Unidos. De 1970 a 2007, exerceu suas atividades junto à CPRM/SGB, onde desenvolveu projetos ligados a Mapeamento Geológico Regional, Prospecção Mineral e Gestão Territorial. Em 2006, participou da elaboração do Mapa Geodiversidade do Brasil (CPRM/SGB).

**XAFI DA SILVA JORGE JOÃO** - Graduado (1968) em Geologia pela Universidade Federal do Pará (UFPA) com Especializações em Petrologia-Petrografia (DNPM/RJ-1969), em Geologia Econômica (Universidade Federal de Ouro Preto-MG, 1971), em Política e Economia Mineral (UFPA-2009). Ingressou no DNPM em 1968, onde trabalhou na área de petrologia-petrografia até dezembro de 1970. Em janeiro de 1971, ingressou na CPRM de Belém-Pa, atuando nas áreas de mapeamento geológico e prospecção mineral com ênfase nos temas petrologia-petrografia, geologia econômica, política e economia mineral. Desenvolveu, adicionalmente, atividades técnico-gerenciais como Chefe de Laboratório, Chefe de Projeto, Supervisor de Projeto, Gerente de Recursos Minerais, Superintendente Regional e Assessor da DGM. No curso de suas atividades, participou da elaboração de 52 relatórios técnicos produzidos como autor e/ou co-autor, publicados pela CPRM e declara uma produção científica com 54 trabalhos na área mineral publicados como autor e/ou co-autor, em Anais, Simpósios, Workshops, nacionais e internacionais. Atualmente, executa projetos sobre a Geodiversidade dos estados do Pará, Amapá e nas Áreas de Fronteira Brasil-Guiana e Brasil-Suriname com a supervisão do Departamento de Gestão Territorial (DEGET/DHT).





# GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

Geodiversidade do Estado do Pará é um produto concebido para oferecer aos diversos segmentos da sociedade paraense uma tradução do atual conhecimento geocientífico da região, com vistas ao planejamento, aplicação, gestão e uso adequado do território. Destina-se a um público alvo muito variado, incluindo desde as empresas de mineração, passando pela comunidade acadêmica, gestores públicos estaduais e municipais, sociedade civil e ONGs.

Dotado de uma linguagem voltada para múltiplos usuários, o mapa compartimenta o território paraense em unidades geológico-ambientais, destacando suas limitações e potencialidades frente à agricultura, obras civis, utilização dos recursos hídricos, fontes poluidoras, potencial mineral e geoturístico.

Nesse sentido, com foco em fatores estratégicos para a região, são destacadas Áreas de Relevante Interesse Mineral – ARIM, Potenciais Hidrogeológico e Geoturístico, Riscos Geológicos aos Futuros Empreendimentos, dentre outros temas do meio físico, representando rico acervo de dados e informações atualizadas e constituindo valioso subsídio para a tomada de decisão sobre o uso racional e sustentável do território nacional.

Geodiversidade é o estudo do meio físico constituído por ambientes diversos e rochas variadas que, submetidos a fenômenos naturais e processos geológicos, dão origem às paisagens, ao relevo, outras rochas e minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico, parâmetros necessários à preservação responsável e ao desenvolvimento sustentável.



#### SEDE

SGAN – Quadra 603 • Conj. J • Parte A – 1º andar  
Brasília – DF • 70830-030  
Fone: 61 3326-9500 • 61 3322-4305  
Fax: 61 3225-3985

#### Escritório Rio de Janeiro – ERJ

Av. Pasteur, 404 – Urca  
Rio de Janeiro – RJ • 22290-040  
Fone: 21 2295-5337 • 21 2295-5382  
Fax: 21 2542-3647

#### Presidência

Fone: 21 2295-5337 • 61 3322-5838  
Fax: 21 2542-3647 • 61 3225-3985

#### Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Fone: 21 2295-8248 • Fax: 21 2295-5804

#### Departamento de Gestão Territorial

Fone: 21 2295-6147 • Fax: 21 2295-8094

#### Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Fone: 21 2295-5837 • 61 3223-1166/1059  
Fax: 21 2295-5947 • 61 3323-6600

#### Superintendência Regional de Belém

Avenida Dr. Freitas, 3645 • Bairro do Marco  
Belém – PA • 66095-110  
Fone: 91 3182-1300 • Fax: 91 3182-1349

#### Assessoria de Comunicação

Fone: 21 2546-0215 • Fax: 21 2542-3647

#### Divisão de Marketing e Divulgação

Fone: 31 3878-0372 • Fax: 31 3878-0382  
marketing@cprm.gov.br

#### Ouvidoria

Fone: 21 2295-4697 • Fax: 21 2295-0495  
ouvidoria@cprm.gov.br

#### Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Fone: 21 2295-5997 • Fax: 21 2295-5897  
seus@cprm.gov.br

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)  
2013

**PAC** PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO