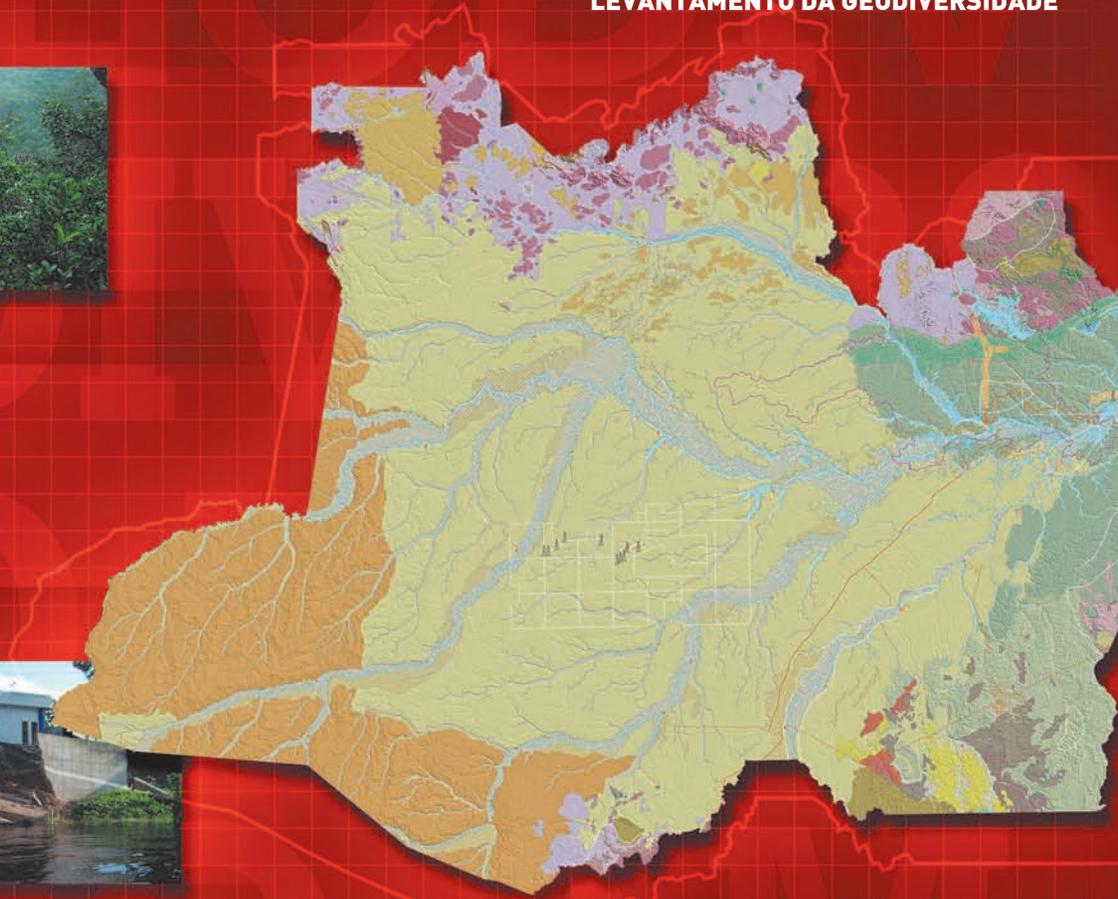


# GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE



2010







# **GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS**

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

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

Ministra-Chefe Dilma Rousseff

### **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**

Cláudio Scliar

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

#### **CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO**

##### **Presidente**

Giles Carriconde Azevedo

##### **Vice-Presidente**

Agamenon Sergio Lucas Dantas

##### **Conselheiros**

Benjamim Bley de Brito Neves

Cláudio Scliar

Luiz Gonzaga Baião

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

#### **DIRETORIA EXECUTIVA**

##### **Diretor-Presidente**

Agamenon Sergio Lucas Dantas

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

José Ribeiro Mendes

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

Manoel Barretto da Rocha Neto

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

Fernando Pereira de Carvalho

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

Eduardo Santa Helena da Silva

#### **SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE MANAUS**

##### **Superintendente**

Marco Antônio Oliveira

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

Daniel Oliveira

##### **Supervisão de Gestão Territorial**

José Luiz Marmos

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

# **GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

## **ORGANIZAÇÃO**

Maria Adelaide Mansini Maia  
José Luiz Marmos

Manaus, Brasil

**2010**

## CRÉDITOS TÉCNICOS

### LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

#### 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

Maria Adelaide Mansini Maia  
Sheila Gatinho Teixeira  
José Luiz Marmos  
Carlos José Bezerra de Aguiar

##### Organização do Livro Geodiversidade do Estado do Amazonas

Maria Adelaide Mansini Maia  
José Luiz Marmos

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

Maria Adelaide Mansini Maia  
Sheila Gatinho Teixeira  
Aldenir Justino de Oliveira

##### 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

Ana Claudia Viero  
Angela Maria de Godoy Theodorovicz  
Antenor de Faria Muricy Filho (ANP)  
Antonio Theodorovicz  
Bernardo Faria de Almeida (ANP)  
Cintia Itokazu Coutinho (ANP)  
Edgar Shinzato  
Gilvan Coimbra Martins (EMBRAPA)  
Hedinaldo Narciso Lima (UFAM)  
Isao Shintaku  
Jean Racene dos Santos Martins  
Jorge Pimentel  
José Moura Villas Boas  
Kátia Silva Duarte (ANP)  
Léo Teixeira  
Marcelo Eduardo Dantas  
Marcelo Esteves de Almeida  
Marcos Vinícius Laray de Jesus (estagiário)  
Miguel Arcanjo de Holanda  
Mônica Mazzini Perrotta  
Nelize Lima dos Santos (estagiária)  
Nelson Joaquim Reis  
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff  
Regina Célia Gimenez Armesto  
René Luzardo  
Rodrigo Santana Macedo (EMBRAPA)  
Warley Arruda (UEA)  
Wilson Wildner  
Wenceslau Geraldes Teixeira (EMBRAPA)  
Valter José Marques  
Vítório Orlandi Filho

##### Revisão Técnica

Maria Adelaide Mansini Maia  
José Luiz Marmos

##### 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 Alvarenga Barradas  
Andréia Amado Continentino  
Agmar Alves Lopes

##### (supervisão de editoração)

Andréia Amado Continentino

##### (editoração)

Agmar Alves Lopes

##### (edição de imagem)

Leila Maria Rosa de Alcantara  
Nathalia Valladares Leal (estagiário)  
Thaynara Pinheiro Rodrigues de Paiva (estagiário)  
Yuri Correa de Souza (estagiário)

##### Superintendência Regional de Manaus (SUREG-MA)

##### Gerência de Relações Institucionais

##### e Desenvolvimento (GERIDE)

##### (projeto de multimídia e editoração)

Maria Tereza da Costa Dias  
Aldenir Justino de Oliveira

##### Agradecimentos

Prefeitura Municipal de Manaus  
Prefeitura Municipal de Presidente Figueiredo  
Prefeitura Municipal de Rio Preto da Eva  
Prefeitura Municipal de Itacoatiara  
Prefeitura Municipal de Barcelos  
Prefeitura Municipal de São Paulo de Olivença  
Prefeitura Municipal de Silves

Prefeitura Municipal de São Gabriel da Cachoeira  
Prefeitura Municipal de Parintins  
Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas (IPAAM)  
Secretaria Executiva de Geodiversidade e Recursos Hídricos do Amazonas (SEGEORH)  
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SDS)  
Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico (SEPLAN)  
Secretaria de Estado de Infraestrutura (SEINF)  
Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia (SECT) AMAZONASTUR  
Unidade de Gerenciamento do Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus (UGPI)  
Universidade do Estado do Amazonas (UEA)  
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)  
Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)  
Fundação Nacional de Saúde (FUNASA)  
Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA)  
Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)  
Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS)  
Refinaria Isaac Sabá (UM-REMAN)  
Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM)  
Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA)  
Agência Brasileira de Inteligência (ABIN)  
Associação Profissional dos Geólogos do Amazonas (APROGAM)  
Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA-AM)  
Grupo Paranapanema S.A.

As fotos utilizadas na elaboração do DVD Multimídia fazem parte do acervo do projeto, sendo algumas gentilmente cedidas por AMAZONASTUR e Projeto de Mapeamento Geológico da Folha Sumaúma (AM), em execução pela CPRM/SGB.

##### FOTOS DA CAPA:

1. Área de relevante interesse mineral: depósito de nióbio do morro de Seis Lagos, município de São Gabriel da Cachoeira.
2. Risco geológico: solapamento das margens do rio Negro. (fenômeno das "terras caídas"), município de Barcelos.
3. Atrativos geoturísticos: cachoeira do Paredão, rio Juma, município de Apuí.
4. Risco geológico: áreas alagáveis em épocas de cheias no rio Amazonas, município de Manaus.

Maia, Maria Adelaide Mansini.

Geodiversidade do estado do Amazonas / Organização

Maria Adelaide Mansini Maia [e] José Luiz Marmos. — Manaus :  
CPRM, 2010.

275 p. ; 30 cm + 1 DVD

Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.

1. Geodiversidade – Brasil – Amazonas. 2. Meio ambiente – Brasil – Amazonas. 3. Planejamento territorial – Brasil – Amazonas. 4. Geologia ambiental – Brasil – Amazonas. I. Marmos, José Luiz (Org.). II. Título.

CDD 551.098113

# APRESENTAÇÃO

Uma das realizações mais marcantes da atual gestão do Serviço Geológico do Brasil, em estreita sintonia com a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia (SGM/MME), tem sido a consolidação do conceito de **geodiversidade** e, conseqüentemente, do desenvolvimento de métodos e tecnologia para geração de um produto de altíssimo valor agregado, que rompe o estigma de uso exclusivo das informações geológicas por empresas de mineração.

A primeira etapa no caminho dessa consolidação foi a elaboração do Mapa Geodiversidade do Brasil (escala 1:2.500.000), que sintetiza os grandes geossistemas formadores do território nacional. Além de oferecer à sociedade uma ferramenta científica inédita de macroplanejamento do ordenamento territorial, o projeto subsidiou tanto a formação de uma cultura interna com relação aos levantamentos da geodiversidade quanto os aperfeiçoamentos metodológicos.

A receptividade ao Mapa Geodiversidade do Brasil, inclusive no exterior, mostrando o acerto da iniciativa, incentivou-nos a dar prosseguimento à empreitada, desta feita passando aos mapas de geodiversidade estaduais, considerando que nos últimos cinco anos o Serviço Geológico atualizou a geologia e gerou sistemas de informações geográficas de vários estados brasileiros.

É nesse esforço que se insere o **LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS** aqui apresentado. Trata-se de um produto concebido para oferecer aos diversos segmentos da sociedade amazonense uma tradução do conhecimento geológico-científico estadual, com vistas a sua aplicação ao uso adequado do território. Destina-se a um público-alvo variado, desde empresas mineradoras tradicionais, passando pela comunidade acadêmica, gestores públicos da área de ordenamento territorial e gestão ambiental, organizações não-governamentais até a sociedade civil.

Dotado de uma linguagem de compreensão universal, tendo em vista seu caráter multiuso, o produto compartimenta o território amazonense em unidades geológico-ambientais, destacando suas limitações e potencialidades, considerando-se a constituição litológica da supraestrutura e da infraestrutura geológica. São abordadas, também: características geotécnicas; coberturas de solos; migração, acumulação e disponibilidade de recursos hídricos; vulnerabilidades e capacidades de suporte à implantação de diversas atividades antrópicas dependentes dos fatores geológicos; disponibilidade de recursos minerais essenciais ao desenvolvimento social e econômico do estado. Nesse particular, em função de fatores estratégicos, são propostas Áreas de Relevante Interesse Mineral (ARIMs), constituindo-se em valioso subsídio às tomadas de decisão conscientes sobre o uso do território.

O Mapa Geodiversidade do Estado do Amazonas foi gerado a partir dos SIGs Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas (2006), escala 1:1.000.000, e do Mapa Geodiversidade do Brasil (2006), escala 1:2.500.000, e de informações agregadas obtidas por meio de trabalho de campo, consulta bibliográfica e dados de instituições públicas e de pesquisa.

As informações técnicas produzidas pelo levantamento da Geodiversidade do Estado do Amazonas – na forma de mapa, SIG e texto explicativo – encontram-se disponíveis no portal da CPRM/SGB (<<http://www.cprm.gov.br>>) para pesquisa e *download*, por meio do GeoBank, o sistema de bancos de dados geológicos corporativo da Empresa, e em formato impresso e digital (DVD-ROM), para distribuição ao público em geral.

Com este lançamento, o Serviço Geológico do Brasil dá mais um passo fundamental, no sentido de firmar os mapas de geodiversidade como produtos obrigatórios de agregação de valor aos mapas geológicos, na certeza de conferir às informações geológicas uma inusitada dimensão social, que, em muito, transcende sua reconhecida dimensão econômica. E, como tal, permite maior inserção dos temas geológicos nas políticas públicas governamentais, a bem da melhoria da qualidade de vida da população brasileira.

Agamenon Sergio Lucas Dantas  
Diretor-Presidente  
CPRM/Serviço Geológico do Brasil

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff	
<b>2. ARCABOUÇO GEOLÓGICO.....</b>	<b>15</b>
Nelson Joaquim Reis, Marcelo Esteves Almeida	
<b>3. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA.....</b>	<b>27</b>
Marcelo Eduardo Dantas, Maria Adelaide Mansini Maia	
<b>4. RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS.....</b>	<b>45</b>
Daniel de Oliveira, Nailde Martins Andrade	
<b>5. PRINCIPAIS AQUÍFEROS DO ESTADO DO AMAZONAS E QUALIDADE DE SUAS ÁGUAS.....</b>	<b>59</b>
Carlos José Bezerra de Aguiar, José Luiz Marmos	
<b>6. SOLOS .....</b>	<b>71</b>
Wenceslau Geraldos T. Warley Arruda, Edgar Shinzato, Rodrigo Santana Macedo, Gilvan Coimbra Martins, Hedinaldo Narciso Lima, Tarcísio Ewerton Rodrigues	
<b>7. RISCO GEOLÓGICO .....</b>	<b>87</b>
Sheila Gatinho Teixeira	
<b>8. ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS .....</b>	<b>101</b>
Sílvia Cristina Benites Gonçalves, José Luiz Marmos	
<b>9. ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL E RESTRIÇÕES ÀS ATIVIDADES DE MINERAÇÃO .....</b>	<b>115</b>
Maria Adelaide Mansini Maia, Daniel Borges Nava, Hugo Galúcio Pereira	
<b>10. RECURSOS MINERAIS.....</b>	<b>125</b>
Silvio Roberto Lopes Riker	
<b>11. PANORAMA DA PESQUISA E DO POTENCIAL PETROLÍFERO .....</b>	<b>141</b>
Kátia da Silva Duarte, Bernardo Faria de Almeida, Antenor de Faria Muricy Filho, Cintia Itokazu Coutinho	
<b>12. METODOLOGIA E ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS EM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA .....</b>	<b>149</b>
Maria Angélica Barreto Ramos, Marcelo Eduardo Dantas, Antônio Theodorovicz, Valter José Marques, Vítório Orlandi Filho, Maria Adelaide Mansini Maia, Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff	
<b>13. GEODIVERSIDADE: ADEQUABILIDADES/POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES FRENTE AO USO E OCUPAÇÃO.....</b>	<b>163</b>
Maria Adelaide Mansini Maia, Sheila Gatinho Teixeira, José Luiz Marmos, Carlos José Bezerra de Aguiar, Edgar Shinzato	
<b>14. CENÁRIOS DA GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS ....</b>	<b>211</b>
Valter José Marques, Suely Serfaty Marques, Hugo Galúcio Pereira	
<b>APÊNDICES</b>	
<b>I – UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO</b>	
<b>II – BIBLIOTECA DE RELEVO DO TERRITÓRIO BRASILEIRO</b>	
Marcelo Eduardo Dantas	
<b>III – DESCRIÇÃO DOS PERFIS DE SOLOS</b>	
<b>NOTA SOBRE OS AUTORES</b>	



# 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 movimentam, 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 e no 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 a **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 fazem 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. Estando assente, e bem, que biodiversidade é parte integrante da natureza, a designação agora decretada para este importante organismo do Estado é, no mínimo, desnecessária e redundante. Esta redundância vem de trás. Ficou consagrada em 2001 na Estratégia Nacional para a Conservação da Natureza e da Biodiversidade, na sequência da Convenção sobre a Diversidade Biológica (Conferência do Rio, 1992).*

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:

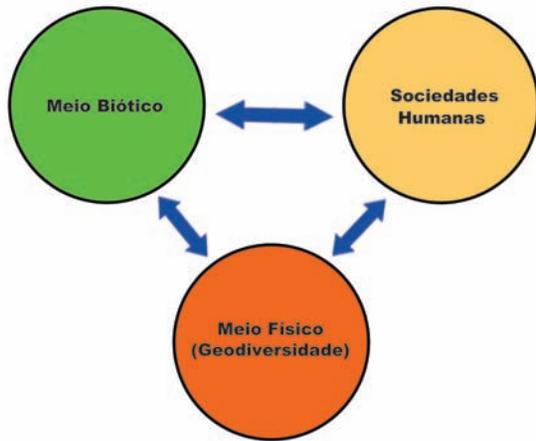
*O estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como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

### Relação entre sistemas



**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 determinada região composta por tipos específicos de rochas, relevo, solos e clima. Dessa forma, obtém-se um diagnóstico



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

do meio físico e de sua capacidade de suporte para subsidiar atividades produtivas sustentáveis (Figura 1.2).

Em uma determinada região, formada por rochas cristalinas, relevo ondulado, solos pouco espessos, clima seco e com poucos cursos d’água perenes, o que seria possível fazer para aproveitamento econômico da região (Figura 1.3)?

O conhecimento da geodiversidade da região implicaria o conhecimento das 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



**Figura 1.3** - Pedreira em rocha da suíte intrusiva Mapuera (Presidente Figueiredo, AM).

próximas. O relevo ondulado e a pequena espessura de solo seriam outros fatores para auxiliar no desenvolvimento dessa atividade. A escassez de água (clima seco, poucos cursos d'água perenes e aquíferos do tipo fraturado) tornaria a área pouco propícia, ou com restrições, à instalação de atividades agrícolas ou assentamentos urbanos.

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, os espessos pacotes de areia viabilizam a exploração desse material para construção civil; as argilas moles e turfas, além da suscetibilidade a inundações periódicas, tornam a área inadequada para ocupação urbana ou industrial; a presença de solos mais férteis torna a área propícia à agricultura de ciclo curto. Observa-se, entretanto, que justamente em várzeas e planícies de inundação é que se instalou a maior parte das cidades no Brasil, cuja população sofre periodicamente os danos das cheias dos rios (Figuras 1.4 e 1.5).

Grandes projetos nacionais na área de infraestrutura já se utilizam do conhecimento sobre a geodiversidade da área proposta para sua implantação. Como exemplo, o levantamento ao longo do percurso planejado para as ferrovias Transnordestina, Este-Oeste e Norte-Sul, onde 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.



**Figura 1.4** - Inundação do centro da cidade de Manaus, provocada pela elevação do nível do rio Negro, que atingiu, em 2009, a marca histórica de 29 m.



**Figura 1.5** - Cheia de 2009, atingindo palafitas construídas na beira do rio (baixo rio Solimões, AM).

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 uma melhor visão do tipo de aproveitamento e do uso mais adequado para uma 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, legenda expandida. Brasília: CPRM/Serviço Geológico do Brasil, 2006. 68 p. 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, Murray. **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 et al. 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 et. al. 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. il. p. 181-202.

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: DCG/UFPE, 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

Nelson Joaquim Reis (*nelson.reis@cprm.gov.br*)

Marcelo Esteves Almeida (*marcelo.esteves@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Compartimentação tectônica .....	17
Províncias geocronológicas .....	18
Província Tapajós-Parima .....	18
Província Rio Negro .....	18
Província Rondônia-Juruena .....	19
Bacias sedimentares fanerozoicas .....	20
Bacia do Amazonas .....	20
Megassequência Paleozoica .....	20
Megassequência Mesozoico-Cenozoica .....	20
Bacia do Solimões .....	20
Sequência Paleozoica .....	21
Sequência Mesozoico-Cenozoica .....	21
Bacia do Acre .....	21
Bacia do Alto Tapajós .....	22
Referências .....	23



## COMPARTIMENTAÇÃO TECTÔNICA

Geologicamente, o estado do Amazonas é caracterizado por extensa cobertura sedimentar fanerozoica, representada pelas bacias do Acre, Solimões, Amazonas e Alto Tapajós, depositadas em um substrato rochoso pré-cambriano onde ocorrem rochas de natureza ígnea, metamórfica e sedimentar.

A maior entidade tectônica está representada pelo Cráton Amazônico (Figura 2.1) e corresponde a duas principais áreas pré-cambrianas: os escudos das Guianas e Brasil Central, respectivamente ao norte e sul da Bacia Amazônica.

As rochas pré-cambrianas dos escudos têm sido compartimentadas em domínios tectonoestratigráficos e/ou províncias geocronológicas. De acordo com Santos et al. (2006), o arcabouço geológico do estado do Amazonas está compartimentado pelas províncias Tapajós-Parima, Rio Negro, Rondônia-Juruena e K'Mudku (Figura 2.2).

Sob a compartimentação de domínios tectonoestratigráficos são reconhecidos os domínios Uaupés e Imeri, no interior da Província Rio Negro; Uatumã-Anauá e Tapajós, no interior da Província Tapajós-Parima; Roosevelt-Juruena e Jamarí, na Província Rondônia-Juruena (Figura 2.3).

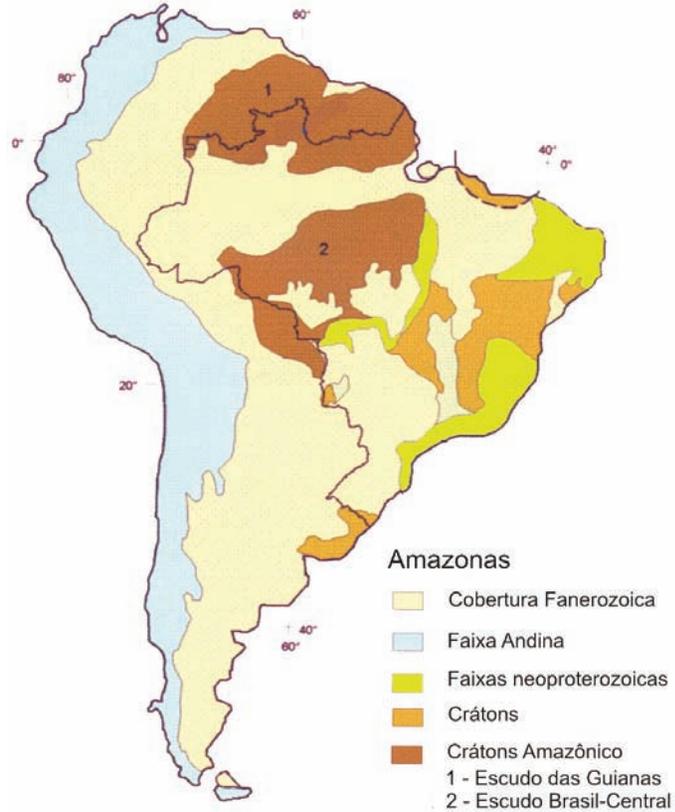


Figura 2.1- Plataforma sul-americana e principais unidades cratônicas.

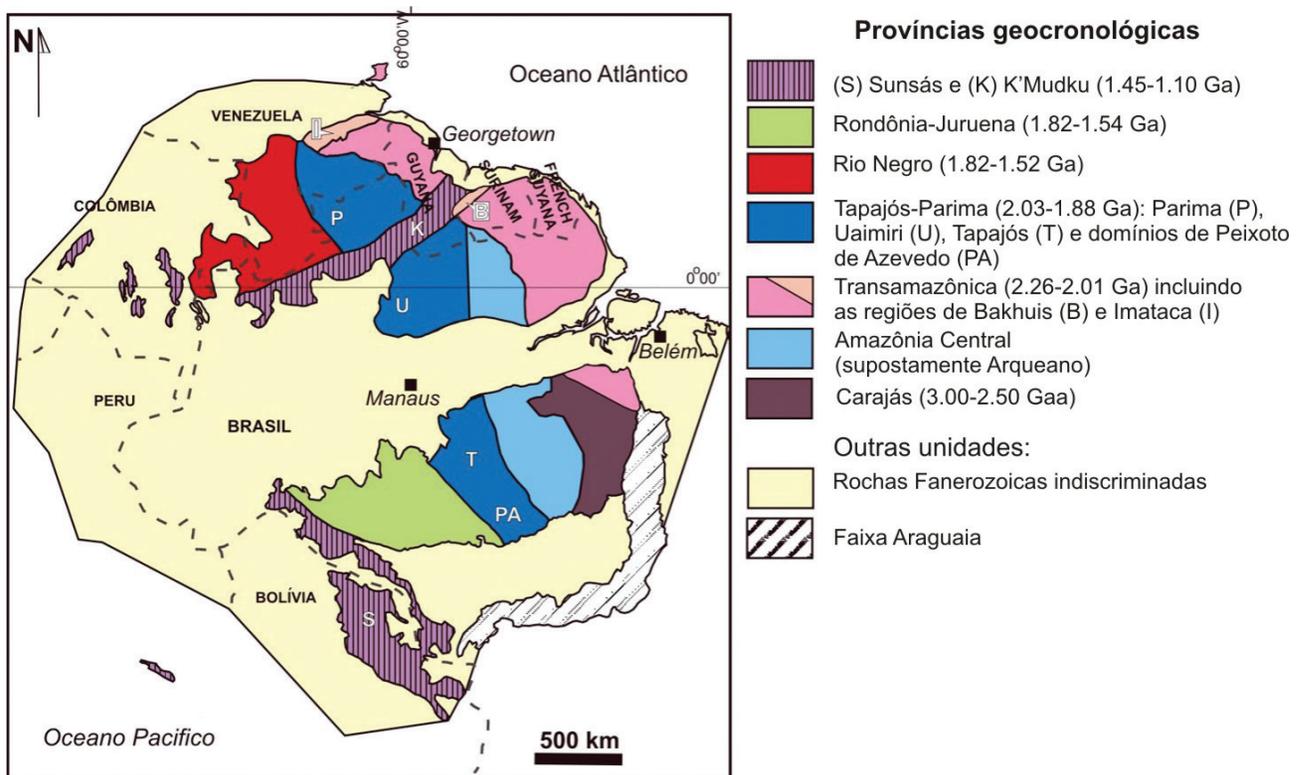


Figura 2.2 - Cráton Amazônico, segundo a concepção de Santos et al. (2006).

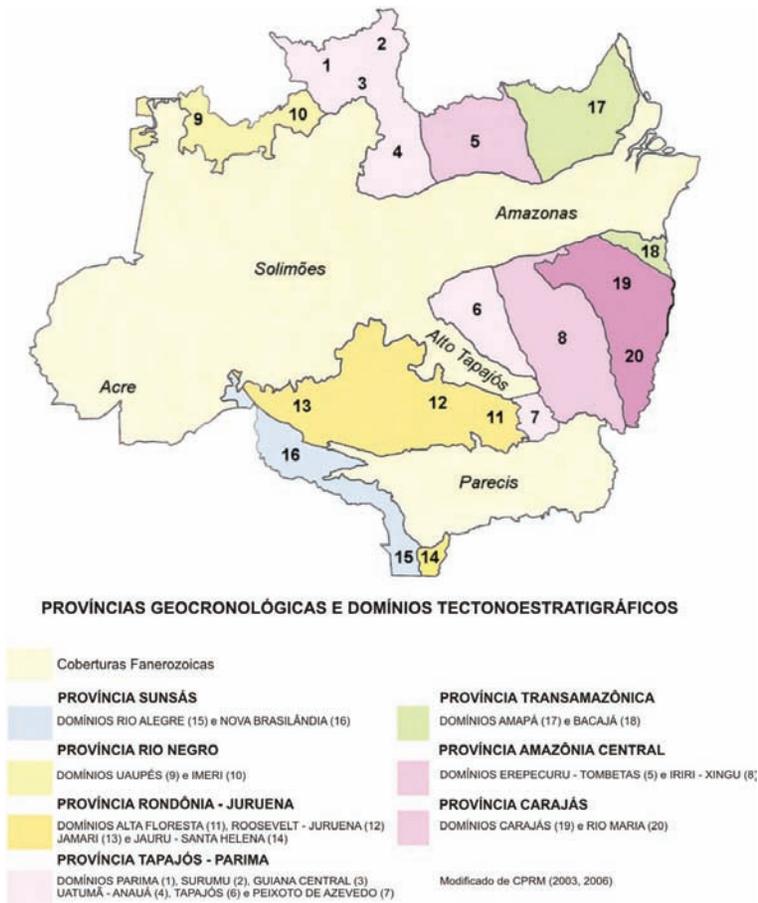


Figura 2.3 - Principais províncias geocronológicas e domínios tectonoestratigráficos do Cráton Amazônico.

## PROVÍNCIAS GEOCRONOLÓGICAS

### Província Tapajós-Parima

A Província Tapajós-Parima compreende uma faixa orogênica com direção NW-SE cujas idades isotópicas são pertinentes ao Paleoproterozoico e revelam rejuvenescimento de leste para oeste. Em seu interior são reconhecidos dois domínios tectonoestratigráficos: Uatumã-Anauá, ao norte, e Tapajós, a sul.

O Domínio Tapajós reúne terrenos granito-gnáissicos a localmente migmatíticos com idades em torno de 2,00 Ga. Assinala a articulação e história orogênica do Ciclo Transamazônico (metamorfismo e deformação). Entre o final da atividade orogênica e o estabelecimento do domínio cratônico (intervalo 1,98-1,88 Ga), sucedeu-se um amplo vulcanoplutonismo calcialcalino de cunho acrescionário (ALMEIDA et al., 2000; VASQUEZ et al., 2000). Zircões herdados de granitoides forneceram idades neoarqueanas no intervalo 2,6-2,7 Ga (ALMEIDA et al., 1999). Santos et al. (1997) e Almeida et al. (2001) obtiveram para zircões detríticos, oriundos dos metassedimentos Jacareacanga,

idades no período 2,10-2,00 Ga, estabelecendo uma área-fonte transamazônica (Cuiú-Cuiú) para sua sedimentação. Segundo Almeida et al. (2001), a sedimentação Jacareacanga é delimitada pelas intrusões graníticas Parauari (idade mínima em 1,89 Ga) e embasamento Cuiú-Cuiú (idade máxima em 2,00 Ga). No Mesoproterozoico e superpondo a estruturação mais antiga, imprimiram-se extensos lineamentos de natureza eminentemente rúptil. Eventos compressivos e distensivos, em torno de 1,1 Ga, levaram à reativação de grandes estruturas, em geral com orientação NW-SE a NNW-SSE.

O Domínio Uatumã-Anauá (CPRM, 2006) abrange os setores sul-sudeste de Roraima e o nordeste do Amazonas. Caracteriza-se por arranjos de lineamentos estruturais em NW-SE a NE-SW e, subordinadamente, E-W e N-S. No Amazonas, apresenta as seguintes características em sua evolução (REIS et al., 2003):

- Revela duas principais gerações de granitos, com características pós-orogênicas a anorogênicas. A primeira reúne corpos no intervalo 1,87 a 1,88 Ga (SANTOS et al., 2002; VALÉRIO et al., 2006). Uma segunda geração tem fornecido idades em torno de 1,81 Ga (COSTI et al., 2000). Ambas mantêm relação de intrusão no substrato vulcânico Iricoumé, cujas idades situam-se na faixa 1,88-1,89 Ga (COSTI et al., 2000; SANTOS et al., 2002; VALÉRIO et al., 2005).

- Compreende um terreno granito-gnáissico pouco estudado, cuja principal área de extensão recobre parte das bacias hidrográficas dos rios Jauaperi e Uatumã. Santos et al. (2002) forneceram idades no intervalo 1,88-1,86 Ga.

- Expõe a cobertura sedimentar Urupi (VEIGA Jr. et al., 1979), cuja idade mínima tem sido estabelecida pela soleira Quarenta Ilhas em 1,78 Ga (SANTOS et al., 2000).

- É palco do magmatismo máfico Seringa no intervalo 0,9-1,2 Ga, possivelmente relacionado à fase extensional que culminou com rifteamento e sedimentação da Bacia Prosperança.

- Contém a Bacia Prosperança, depositada sob condições de planície deltaica e desembocadura em mar raso (NOGUEIRA, 1999). Uma população de zircões detríticos estabelece uma idade mínima mesoproterozoica (Esteniano) em  $1.027 \pm 22$  Ma (CPRM, 2001).

### Província Rio Negro

A Província Rio Negro comparece na porção noroeste de ambos – Cráton Amazônico e estado do Amazonas –, em região limítrofe com a Venezuela e a Colômbia. Mantém limites com as províncias Parima-Tapajós, a leste, e K'Mudku,

a sul (Figura 2.3). Comporta dois principais domínios tectonoestratigráficos (Figura 2.4): Uaupés (Cabeça do Cachorro), a oeste, e Imeri, a leste (ALMEIDA et al., 2009). Perfaz uma das maiores áreas de embasamento rochoso do estado.

O Domínio Imeri possui direção estrutural preferencial NE-SW e secundária NW-SE. O embasamento Cauaburi reúne metagranitoides e ortognaisses localmente metamorfizados na fácies anfíbolito com idades de cristalização em torno de 1,80 Ga (ALMEIDA et al., 2002; CPRM, 2003). As intrusões graníticas Maraujá e Marié-Mirim registram idades no intervalo 1,76-1,75 Ga (ALMEIDA et al., 2004). Outra suíte granitoide mais jovem (Reilau) possui idade no intervalo 1,54 a 1,52 Ga. O Granito Jauari, sem deformação e metamorfismo, é aparentemente intrusivo na sucessão metassedimentar Aracá e registra idade de 1,48 Ga.

Santos et al. (2006) associam o metamorfismo de 1,49-1,42 Ga do Domínio Imeri ao evento K'Mudku, motivo pelo qual inserem a Província K'Mudku no modelo de províncias geocronológicas (Figura 2.2). A serra Aracá, por sua vez, registra uma deformação na fácies xisto-verde, com evidência local de metamorfismo na fácies anfíbolito. Representa um possível registro de episódio deformacional heterogêneo de provável idade K'Mudku (1,3-1,1 Ga).

O magmatismo máfico-ultramáfico Tapuruquara aponta idade grenviliana (1,17 Ga) e mantém correlação com eventos básicos descritos em Rondônia, Mato Grosso e Bolívia (SANTOS et al., 2006). Ao longo do Mesozoico, a intrusão alcalina Seis Lagos e os diques de diabásio Uaraná podem registrar correspondência com o evento magmático Taiano, que antecedeu a instalação do rifte Tacutu em Roraima (REIS et al., 2008), no prolongamento estrutural NE-SW do Domínio Imeri.

O Domínio Uaupés tem como substrato os ortognaisses Cumati e os paragnaisses polideformados e migmatizados Tunuí. É possível que parte desse complexo revele um histó-

rico de evolução similar àquele do Domínio Imeri (ALMEIDA et al., 2004). Parte das rochas Cumati registra episódio deformacional sob condições da fácies anfíbolito, tendo gerado uma foliação regional predominantemente disposta na direção NE-SW e, subordinadamente, NW-SE.

Sob condições sin- a pós-colisionais, instalaram-se os corpos de granitoides Içana no intervalo 1,54-1,52 Ga. No intervalo 1,51-1,49 Ga, em ambiente pós-orogênico, seguiu-se a geração crustal de granitoides Uaupés e Inhamoin sob condicionamentos NE-SW e NW-SE, por sua vez reativados em torno de 1,30-1,10 Ga pelo Evento K'Mudku. Ao Neoproterozoico corresponde um magmatismo básico-alcalino, sob forma dos diques Cujubim, cujas idades situam-se no intervalo 0,98 a 0,94 Ga. Diques mesozoicos Uaraná cortam as unidades precedentes. Ambos os magmatismos máficos representam períodos distintos de um processo tafrogênico, extensional, registrado em todo o Cráton Amazônico.

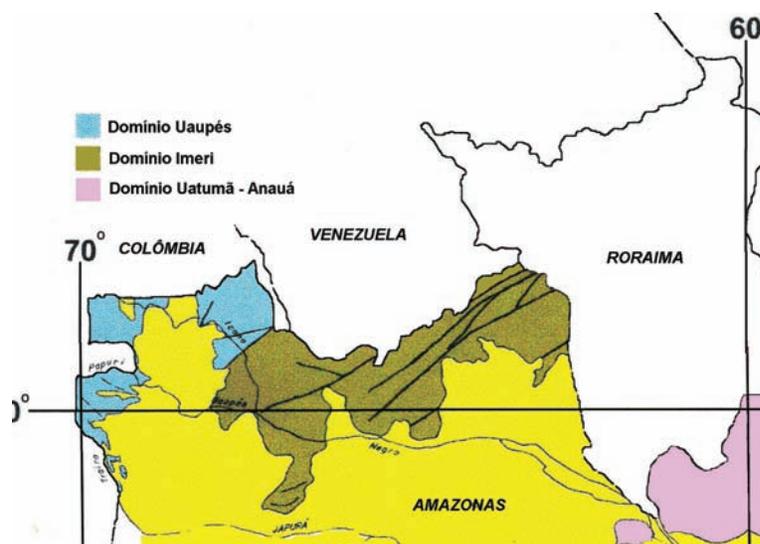
## Província Rondônia-Juruena

A Província Rondônia-Juruena possui grande área de exposição nos estados de Rondônia e Mato Grosso, cabendo ao Amazonas apenas uma área a oeste da Bacia Sedimentar Alto Tapajós, nos limites com os referidos estados. Dois principais domínios estão inseridos na província: Roosevelt-Juruena e Jamari, esse último em área de tributários da margem direita do rio Purus (Ituxi e Siriquiqui, dentre outros).

O Domínio Roosevelt-Juruena, predominantemente NW-SE, com inflexões para E-W e NE-SW, é caracterizado por suítes graníticas calcialcalinas com idades no intervalo de 1,79-1,75 Ga e pela sucessão vulcanoclástica Beneficente, depositada em ambiente marinho raso a transicional, cuja idade mínima é estabelecida por uma soleira máfica (Mata-Matá) em 1,57 Ga (BETIOLLO et al., 2009). No geral, a sucessão Beneficente é composta na base por vulcanitos gradacionais a ignimbritos e arenitos tufáceos, tendo para o topo o predomínio de siliciclásticas sobre as vulcanoclásticas.

O Domínio Jamari ocupa a porção sul do Amazonas, sendo constituído predominantemente por rochas ortognáissicas e subordinadas supracrustais. As primeiras datam ao intervalo de 1,76-1,73 Ga. Zircões detríticos provenientes dos paragnaisses forneceram idades no intervalo 1,80 a 1,67 Ma (idade máxima). A idade mínima está indicada pelas rochas granitoides (inclui rapakivi), charnockitoides e gabroides Serra da Providência em 1,60-1,53 Ga.

O Domínio Jamari é afetado por um evento tectonometamórfico de alto grau em 1,35 a 1,30 Ga, que mantém correspondência com a Orogenia San Ignácio do oeste boliviano. Possui arranjo NNW-SSE e, subordinadamente, E-W.

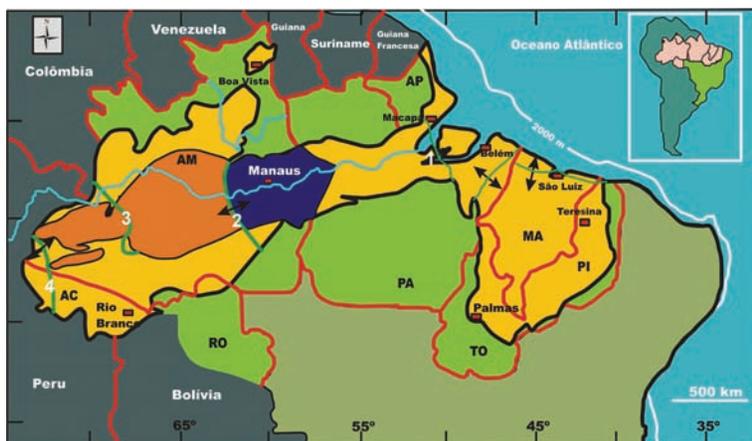


**Figura 2.4** - Domínios tectonoestratigráficos Uaupés, Imeri e Uatumã-Anauá no estado do Amazonas. Fonte: Adaptado de Reis e Fraga (2000).

## BACIAS SEDIMENTARES FANEROZOICAS

### Bacia do Amazonas

A Bacia do Amazonas constitui uma unidade sedimentar intracratônica que limita duas principais áreas de embasamento arqueano-proterozoico: ao norte, o Escudo das Guianas; a sul, o Escudo Brasil Central. Envolve uma área de aproximadamente 480.000 km<sup>2</sup>, que atravessa os estados do Pará, a leste, e Amazonas, a oeste, estendendo-se por uma pequena porção do estado de Roraima. A leste, o Arco Gurupá assinala o limite entre a Bacia do Amazonas e a fossa Marajó; a oeste, o Arco Purus limita as bacias Amazonas e Solimões (Figura 2.5).



**Figura 2.5** - Situação da bacia sedimentar do Amazonas no estado do Amazonas (em azul). Nota: 1 – Arco Gurupá; 2 – Arco Purus; 3 – Arco Carauari; 4 – Arco Iquitos. Fonte: Adaptado de Eiras (2005).

As linhas estruturais mestras da Bacia do Amazonas desenvolvem-se nas direções NW-SE, NE-SW, E-W. Sua evolução deveu-se à geometria superimposta às rochas do embasamento que, em linhas gerais, respondeu pelos movimentos tectônicos do megacontinente Gondwana durante o Paleozoico e instalação de sistemas de falhas normais e de transferência na geração de arcos e discordâncias regionais. Os arcos promoveram a compartimentação da bacia assim formada em blocos estruturais distintos, a exemplo das bacias Amazonas, Solimões, Acre e Alto Tapajós. Os efeitos da abertura do oceano Atlântico no Mesozoico também encontram registros no interior da bacia, sendo processados eventos de magmatismo máfico e de sedimentação. No Neógeno, a bacia experimentou movimentações essencialmente transcorrentes de natureza dextral (WANDERLEY FILHO, 1991).

Duas megassequências de primeira ordem podem ser reconhecidas nos 5.000 m do preenchimento sedimentar da Bacia do Amazonas, limitadas por discordâncias relacionadas a episódios orogênicos: uma paleozoica, onde aparecem diques e soleiras de diabásio, e uma mesozoico-cenozoica (CUNHA et al., 1994):

### Megassequência paleozoica

- Sequência Ordoviciano-Siluriana: Constitui o primeiro ciclo deposicional da bacia e equivale ao Grupo Trombetas (formações Autás-Mirim, Nhamundá, Pitinga e Manacapuru), encontrando-se em fase de sinéclise intracontinental. É truncada por discordância decorrente de provável soerguimento relacionado à Orogenia Caledoniana.

- Sequência Devoniano-Carbonífera Inferior: Compreende as formações Maecuru e Ererê, do Grupo Urupadi, e formações Barreirinha, Curiri, Oriximiná e Faro, do Grupo Curuá. Caracteriza o segundo ciclo transgressivo-regressivo da Bacia do Amazonas. A discordância decorrente é relacionada à Orogenia Eo-Herciniana.

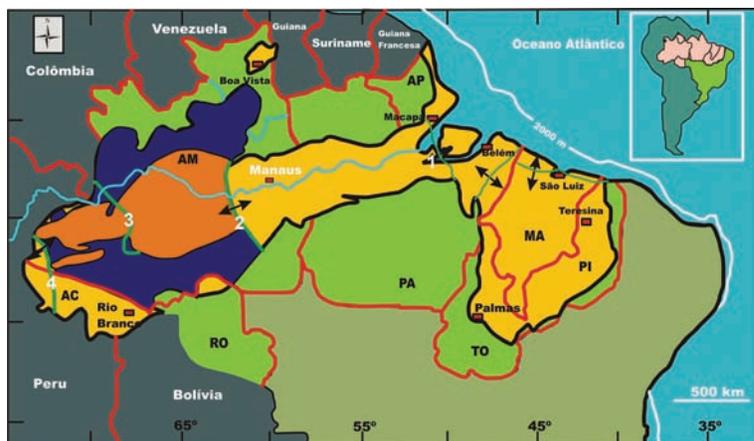
- Sequência Carbonífera Superior-Permiana: Caracteriza a terceira e última transgressão-regressão marinha na bacia, estando representada pelas formações Monte Alegre, Itaituba, Nova Olinda e Andirá, do Grupo Tapajós. O final do ciclo tectonossedimentar, composto pelas formações Monte Alegre, Itaituba e Nova Olinda, é sucedido pela retomada da sedimentação continental da Formação Andirá, provavelmente associada aos efeitos da Orogenia Tardi-Herciniana. A sequência encontra-se profundamente cortada pela discordância resultante da Orogenia Gondwanide e Diastrofismo Juruá (diques e soleiras máficas).

### Megassequência mesozoico-cenozoica

- Sequência Cretáceo-Paleógena: Compreende produtos de origem fluvial e fluviolacustre das formações Alter do Chão e Solimões. A Unidade Solimões, cujo registro sedimentar atém-se ao soerguimento e paroxismo da cadeia andina, não ultrapassa os limites do Arco Purus. No âmbito da Bacia do Amazonas, tem sido identificada uma sedimentação pleistocênica, ocorrente no flanco leste do arco, que se estende para norte ao longo do lineamento N-S, que controla o baixo curso do rio Branco, no estado de Roraima. Essa sedimentação registra equivalência temporal à Formação Içá da Bacia do Solimões (REIS et al., 2006a) e, possivelmente, mantém correlação com as formações Novo Remanso (ROZO et al., 2006), do médio Amazonas, e Praia Vermelha (REIS et al., 2002), da região do baixo curso do rio Teles Pires.

### Bacia do Solimões

A Bacia do Solimões constitui uma bacia sedimentar intracratônica, com aproximadamente 500.000 km<sup>2</sup> de área (Figura 2.6), quase toda contida no estado do Amazonas. Encontra-se limitada a oeste pelo Arco Iquitos, que a separa da Bacia do Acre, e a leste pelo Arco Purus, que a separa da Bacia do Amazonas. Ao norte e sul é bordejada,



**Figura 2.6** - Situação da bacia do Solimões (em azul) e suas sub-bacias (em laranja) no estado do Amazonas. Nota: 1 – Arco Gurupá; 2 – Arco Purus; 3 – Arco Carauari; 4 – Arco Iquitos. Fonte: Adaptado de Eiras (2005).

respectivamente, por rochas proterozoicas dos escudos das Guianas e Brasil Central. Encontra-se compartimentada em duas sub-bacias – Jandiatuba e Juruá –, situadas, respectivamente, a oeste e a leste do Arco Carauari. Na sub-bacia Juruá, encontram-se as províncias de óleo e gás Juruá e Uruçu. O termo “Solimões” foi empregado por Caputo (1984) em substituição a “Alto Amazonas”.

De acordo com Eiras (2005), o preenchimento da Bacia do Solimões por rochas sedimentares fanerozoicas atinge 3.800 m e 3.100 m de espessura nas sub-bacias Juruá e Jandiatuba, respectivamente. A bacia pode ser dividida em duas seqüências de primeira ordem: uma principal, paleozoica, seccionada por diques e soleiras de diabásio; outra mesozoico-cenozoica. As rochas paleozoicas têm destaque por conter rochas geradoras, reservatório e selante para hidrocarbonetos. Por sua vez, essas rochas encontram-se sobrepostas pelas extensas sucessões cretáceas e terciárias que predominam em superfície.

### Seqüência paleozoica

- Seqüência Ordoviciano: Equivale aos clásticos neríticos da Formação Benjamin Constant da sub-bacia Jandiatuba, os quais se encontram truncados por discordância decorrente de provável soerguimento relacionado à Orogenia Taconiana. Registra a primeira transgressão marinha fanerozoica na bacia.

- Seqüência Siluro-Devoniana: Equivale aos carbonatos e terrígenos neossilurianos e eodevonianos da Formação Jutá da sub-bacia Jandiatuba. Registra pacotes transgressivo-regressivos e sedimentação sobre o Arco de Carauari.

- Seqüência Devoniano-Carbonífera: Equivale aos terrígenos e depósitos silicosos neríticos e glaciomarinhas neodevonianos e eocarboníferos do Grupo Marimari que ultrapassam os limites do Arco Carauari e que também se fazem presentes na sub-bacia Juruá. A discordância decorrente é aparentemente relacionada à Orogenia Eo-Herciniana.

- Seqüência Permocarbonífera: Equivale aos clásticos, carbonatos e evaporitos marinhos e continentais do Grupo Tefé (formações Juruá, Carauari e Fonte Boa) encontrados em quase toda a Bacia do Solimões. Sobre essa seqüência há uma discordância erosiva decorrente da atuação do Evento Tectônico Jandiatuba (BECKER, 1997). Do Grupo Tefé, apenas a Formação Carauari tem continuidade física na Bacia do Amazonas, representada pelas formações Itaituba e Nova Olinda.

### Seqüência mesozoico-cenozoica

- Seqüência Neocretácea: Resultante da erosão das rochas paleozoicas, com ênfase na Formação Fonte Boa, e soerguimentos causados pelo magmatismo Penatecaua (207 Ma, Triássico Superior). Implantação de um sistema fluvial entrelaçado responsável pela deposição da Formação Alter do Chão. Passagem para um sistema fluvial meandrante e formação de lagos.

- Seqüência Terciária: Equivale aos pelitos e arenitos fluviolacustres miopleistocênicos da Formação Solimões, também depositados em conexão com a Orogenia Andina. Essa unidade forma uma cunha sedimentar desde o Arco Purus até as bacias subandinas, atingindo mais de 7.000 m de espessura.

### Bacia do Acre

A Bacia Sedimentar do Acre possui pequena área de ocorrência no estado do Amazonas, encontrando-se nas proximidades do limite com o estado do Acre e fronteira com o Peru. Encontra-se limitada a leste pelo Arco Iquitos, que a separa da Bacia do Solimões (Figura 2.7).

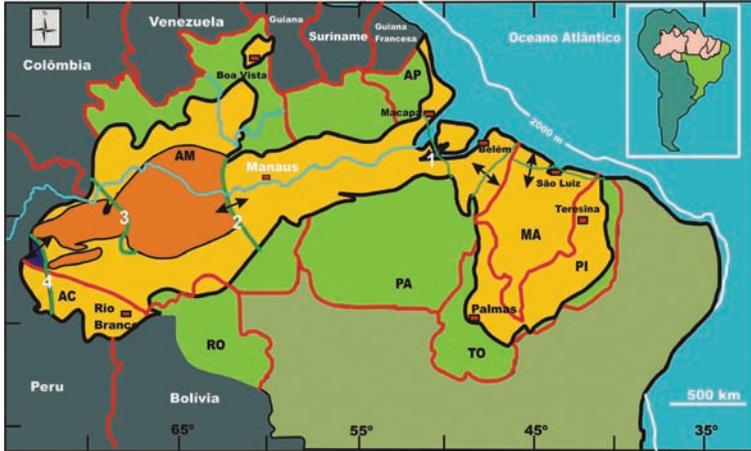
De acordo com Cunha (2007), a evolução da bacia relaciona-se a ciclos deposicionais e tectônicos, separados por fases orogênicas – Herciniana e Andina – que atuaram na Placa Sul-Americana. Cabem à Orogenia Herciniana os ciclos deposicionais paleozoicos e, à Andina, aqueles mesocenoicos.

O arcabouço estratigráfico da bacia é constituído por 11 seqüências estratigráficas de segunda ordem, separadas pelos horizontes correspondentes aos limites de seqüências ou grandes discordâncias regionais (CUNHA, 2006).

- Seqüência Siluriano-Devoniana Inferior (?): Tem sua ocorrência inferida por sísmica de reflexão. Na Bacia do Solimões, essa seqüência está representada por terrígenos de plataforma marinha rasa.

- Seqüência Devoniana Inferior/Carbonífero Inferior-Médio: Sua existência na Bacia do Acre baseia-se em interpretações de dados sísmicos, onde se identifica uma discordância na base do Permocarbonífero.

- Seqüência Carbonífero Inferior-Médio/Permiano Médio-Superior: Reúne as formações Apuí (continental) e Cruzeiro do Sul (marinho raso, plataformal).



**Figura 2.7** - Situação da bacia do Acre no estado do Amazonas (em azul).

Nota: 1 – Arco Gurupá; 2 – Arco Purus; 3 – Arco Carauari; 4 – Arco Iquitos.

Fonte: Adaptado de Eiras (2005).

- Sequência Permiana Médio-Superior/Permiano Superior-Triássico Inferior: Tem início com arenitos marinhos transgressivos sobre aqueles da sequência anterior. Encimam siltitos, arenitos, folhelhos e carbonatos da Formação Rio do Moura (neopermiana).

- Sequência Triássico Inferior/Jurássico Inferior: Está representada pela metade inferior da Formação Juruá-Mirim, depositada em ambiente fluviolacustre com alguma contribuição marinha refletida em sedimentos de planície de *sabkha*.

- Sequência Jurássica Inferior/Superior: Reúne litologias de topo da Formação Juruá-Mirim, interpretadas como depósitos de ambiente eólico. Revela discordância erosiva no seu topo e fortes inversões e falhamentos relacionados ao Diastrofismo Juruá.

- Sequência Cretácea (Aptiano/Albiano Superior-Cenomaniano): Corresponde à base do Grupo Jaquirana, depositado em ambiente fluviodeltaico e nerítico da porção inferior da Formação Moa.

- Sequência Cretácea (Albiano Superior-Cenomaniano/Turoniano Superior-Coniaciano): Corresponde à porção superior da Formação Moa, constituída por arenitos e subordinados folhelhos.

- Sequência Cretácea (Turoniano Superior-Coniaciano/Campaniano Inferior): Está representada por folhelhos e arenitos finos marinhos e transicionais da Formação Rio Azul.

- Sequência Campaniano Inferior/Eoceno Inferior: Representada pelos arenitos fluviais basais da Formação Divisor, em contato abrupto sobre a Formação Rio Azul, e pelos sistemas deposicionais transgressivos associados à Formação Ramon (folhelhos e carbonatos).

- Sequência Eoceno Inferior/Plioceno: Representada por folhelhos de ambiente marinho raso e lacustre, intercalados com níveis arenosos, por sua vez recobertos por *red-beds* de idade mioceno-pleistoceno da Formação Solimões. Registra resposta à Orogenia Andina.

## Bacia do Alto Tapajós

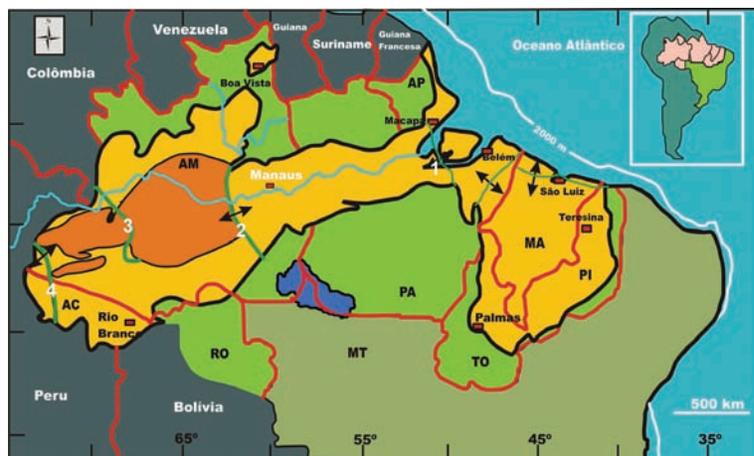
A Bacia Sedimentar do Alto Tapajós, na porção sul do Cráton Amazônico, registra conformação NW-SE, possui uma área de 135.000 km<sup>2</sup> e articula-se a SW e SE das bacias Amazonas e Solimões, respectivamente, em área dos estados do Amazonas, Mato Grosso e Pará (Figura 2.8). Na proximidade de seus limites e no seu interior, destacam-se trechos de cursos dos rios Aripuanã, Sucunduri, Tapajós, Juruena e Teles Pires. A Bacia do Alto Tapajós recobre o limite entre as províncias geocronológicas Tapajós-Parima e Rondônia-Juruena, cujo arcabouço e compartimentações litológica e faciológica ainda permanecem pouco estudados em relação à estratigrafia paleozoica da Bacia do Amazonas, a nordeste, e sub-bacias que integram a

Bacia do Solimões, a noroeste.

Coube a Santiago et al. (1980) a identificação, no flanco norte da Bacia do Alto Tapajós, de uma sucessão sedimentar com características marinhas, dominada por falhamentos normais e com registro siluro-devoniano na unidade mais inferior. A estratigrafia, da base para o topo, foi definida pelas formações Borrachudo, Capoeiras, São Benedito, Ipixuna e Navalha, além de unidades fotogeológicas sobrepostas. Todo o pacote paleozoico encontra-se sobreposto à Formação Palmares, uma unidade sedimentar dobrada comparável a outras coberturas, como Beneficente, Roraima e Gorotire. Sob a designação de Grupo Jatuarana, Bizinella et al. (1980) reuniram algumas formações paleozoicas do alto curso do rio Tapajós referidas por Santiago et al. (1980) e litologias da região do igarapé Jatuarana, afluente esquerdo do rio Aripuanã. Os autores mencionam ainda idades K-Ar jurássicas para o dique de diabásio Periquito que, por sua vez, secciona rochas sedimentares da Formação Prainha (ALMEIDA e NOGUEIRA FILHO, 1959). Para os autores, a bacia paleozoica assenta sobre o Grupo Gorotire.

Reis et al. (2006b) estabeleceram para a região dos rios Tapajós, Teles Pires, Juruena, Bararati e São Tomé ampla área de ocorrência de rochas sedimentares do Grupo Jatuarana, tendo reconhecido, ainda, brechas tectônicas que configuram possíveis zonas de reativação da bacia. Assinalaram para o grupo (da base ao topo) as formações Capoeiras, São Benedito, Ipixuna, Navalha e Providência. Determinaram idades devonianas para siltitos dos rios Juruena (morro Navalha), Bararati e Tapajós (morro São Benedito).

Reis (2006), em levantamento geológico expedito de alguns cursos fluviais da região de Apuí, porção sudeste do Amazonas, concentrou a atenção para o reconhecimento do “Beneficente” como uma unidade paleozoica (ALMEIDA e NOGUEIRA FILHO, 1959), a que integrou às formações Juma, Prainha e Terra Preta (base para o topo).



**Figura 2.8** - Situação da bacia do Alto Tapajós no estado do Amazonas (em azul).

Nota: 1 – Arco Gurupá; 2 – Arco Purus; 3 – Arco Carauari; 4 – Arco Iquitos.

Fonte: Adaptado de Eiras (2005).

Propôs a terminologia Grupo Alto Tapajós em substituição a Grupo Jatuarana (BIZINELLA et al., 1980; REIS et al., 2006b), uma vez que essa última designação não unifica ambas as porções a oeste e leste do alto curso do rio Tapajós. Forneceu idades siluro-devonianas para amostras provenientes dos rios Jatuarana, Juma e Sucunduri, além da BR-230 (Transamazônica). A Formação Beneficente agrupa rochas sedimentares clásticas que repousam em descontinuidade sobre as vulcânicas Colíder a sul e a sudoeste da região de Apuí, correspondendo à litofácies inferior estabelecida por Almeida e Nogueira Filho (1959). A formação mantém correlação para a região do alto curso do rio Tapajós, onde tem recebido a denominação de Formação Capoeiras (SANTIAGO et al., 1980; REIS et al., 2002, 2006b). A Formação Juma reúne siltitos e arenitos finos acinzentados, cuja principal área de ocorrência é a bacia do rio Juma. Corresponde à litofácies pelítica incluída no “Beneficente” por Almeida e Nogueira Filho (1959). A Formação Prainha (ALMEIDA e NOGUEIRA FILHO, 1959) representa uma sucessão sedimentar clástica sobrejacente à unidade pelítica Juma e é correlacionável às formações São Benedito e Ipixuna (SANTIAGO et al., 1980; REIS et al., 2002, 2006b). A Formação Terra Preta envolve rochas calcárias, em parte estromatolíticas e terrígenas, aflorantes na região de Terra Preta, no alto curso do rio Sucunduri. Constitui uma unidade clastoquímica inserida na serra-divisor entre as bacias dos rios Sucunduri e Juruena. O calcário é de cor cinza-escura, cortado por veios e estreitas vênulas de magnetita de cor branca. Sulfetos de cobre, em especial calcopirita, ocorrem disseminados na rocha. É correlacionável à Formação Navalha (SANTIAGO et al., 1980; REIS et al., 2002, 2006b). A Formação Providência (REIS et al., 2006b), reconhecida na região Juruena-Teles Pires, pode manter correspondência com a Formação Prainha, tratando-se, desse modo, de uma unidade subjacente à Formação Navalha, cuja estratigrafia volta-se para a borda sul da bacia paleozoica.

O arranjo tectônico responsável pela implantação da bacia paleozoica Alto Tapajós ainda permanece especulativo. Diferentemente da Bacia do Amazonas, não há registro de sedimentação neoproterozoica que a tenha precedido e sua representante, Formação Prosperança (CAPUTO et al., 1971), ainda permanece limitada à borda norte da Bacia do Amazonas. A sul do Arco Purus, em furo estratigráfico realizado no rio Acari, permanece especulativo o posicionamento cronoestratigráfico da sucessão de calcários, siltitos e argilitos da Formação Acari, que, por sua vez, pode manter alguma relação com a Bacia do Alto Tapajós. Os resultados palinológicos que hoje se revelam para a Bacia do Alto Tapajós permitem estabelecer uma relação cronoestratigráfica com o período siluro-devoniano da Bacia do Amazonas (fase inicial de sinéclise),

representado pelo Grupo Trombetas. Ainda não está evidente o que levou a Bacia do Alto Tapajós a interromper sua sedimentação pós-devoniana, já que não há registro de unidades que mantenham identidade com o período subsequente, Devoniano-Carbonífero. Para noroeste, no âmbito da Bacia do Solimões, existe sincronidade com a sequência siluro-devoniana, composta por clásticos e carbonatos neríticos neossilurianos e eodevonianos da Formação Jutaí (CAPUTO, 1984) da sub-bacia Jandiatuba, cuja deposição tem sido descrita ultrapassar os limites estabelecidos pelo Arco Carauari (EIRAS et al., 1994). Sob o ponto de vista da ocorrência de rochas carbonáticas, abundantes no permocarbonífero da Bacia do Amazonas (Grupo Tapajós), a Bacia do Alto Tapajós tem revelado unidades sedimentares carbonáticas mais jovens. Contudo, os informes disponíveis ainda são escassos e dependem de maiores estudos quanto ao aspecto da sedimentação (continental-marinho) e sua área de abrangência.

Dados recentes de Betiollo et al. (2009) referem-se à Unidade Beneficente na região de Mata-Matá, rio Aripuanã, como uma sucessão vulcanoclástica proterozoica depositada em ambiente marinho raso a transicional, cuja idade mínima é estabelecida por uma soleira máfica datada em 1,57 Ga.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. E., REIS, N. J., MACAMBIRA, M. J. B. Evolução geológica da província Rio Negro (parte oeste do escudo das Guianas) com base nos novos dados Sm-Nd em rocha total e  $^{207}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}$  evaporação em zircão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: SBG, 2006. p. 30.
- ALMEIDA, M. E.; LUZARDO, R.; PINHEIRO, S. da S.; OLIVEIRA, M. A. Folha NA.19-Pico da Neblina. In: SCHOBBERHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; SANTOS, J. O. S.; ABRAM,

M. B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G. M. M.; VIDOTTI, R. M.; RAMOS, M. A. B.; JESUS, J. D. A. de (Eds.). **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**. Sistema de Informação Geográfica (SIG). Programa Geologia do Brasil. Brasília: CPRM, 2004. CD-ROM.

ALMEIDA, M. E.; PINHEIRO, S. da S.; LUZARDO, R. **Reconhecimento geológico ao longo dos rios Negro, Xié e Içana (missão Tunuí), noroeste do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2002. 16 p.: il.

ALMEIDA, M. E.; FERREIRA, A. L.; MACAMBIRA, M. J. B.; SACHETT, C. R. Time constraint based on zircon dating for the Jacareacanga group, Tapajós province, Amazonian craton, Brazil. In: SOUTH-AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 3., 2001, Púcon, Chile. **Extended abstracts...** Púcon: [S. n.], 2001. CD-ROM.

ALMEIDA, M. E.; FRAGA, L. M. B.; BRITO, M. F. L. de; SILVA, L. C.; SANTOS, J. O. S. dos; LUZARDO, R.; OLIVEIRA, M. A.; SILVA, M. A. da. **Projeto serra Imeri: geologia e recursos minerais das folhas NA.20-Y, SA.20-V-A e SA.20-V-B**. Manaus: CPRM, 2000. [Nota Explicativa]. CD-ROM.

ALMEIDA, M. E.; BRITO, M. F. L.; MACAMBIRA, M. J. B. Caróçal granite:  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  evaporation age in post-collisional granitoids of Tapajós gold province, Amazonian region, Brazil. In: SOUTH AMERICAN SYMP. ON ISOTOPE GEOL., 2., 1999, Córdoba. **Actas...** Córdoba: [S. n.], 1999. p. 3-6.

ALMEIDA, F. F. M. de; NOGUEIRA FILHO, J. do V. Reconhecimento geológico do rio Aripuanã. **Boletim da Div. Geol. Min.**, DNPM, Rio de Janeiro, n. 199, p. 1-43, 1959.

BECKER, C. R. **Estratigrafia de seqüências aplicada ao permocarbonífero da bacia do Solimões, norte do Brasil**. 1997. 363 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

BETIOLLO, L. M.; REIS, N. J.; ALMEIDA, M. E.; BAHIA, R. C.; SPLENDOR, F.; COSTA, U. P.; LUZARDO, R. Magmatismo máfico calimiano (*sill*) Mata-Matá, rio Aripuanã, Amazonas: implicações geológicas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 11., 2009, Manaus. **Resumos expandidos...** Manaus: SBG/Núcleo Norte, 2009.

BIZINELLA, G. A.; SANTIAGO, A. F.; SANTOS, A.; BORGES, F. R.; SOUZA, F. J. C.; GODOY, H. K.; YAMAGUTT, H. S.; OLIVEIRA, J. R.; OLIVEIRA, R. L. **Projeto Tapajós-Sucunduri**. Ministério de Minas e Energia/Departamento Nacional da Produção Mineral. Manaus: DNPM/CPRM, 1980. 8 v.

CAPUTO, M. V. **Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil**. 1984. 586 f. Tese (Doutorado em Geologia) – University of California, Santa Barbara, USA, 1984.

CAPUTO, M. V.; RODRIGUES, R.; VASCONCELOS, D. N. **Litoestratigrafia da bacia do Amazonas**. Belém: PETROBRAS/RENOR, 1971. 92 p. (Inédito)

COSTI, H. T.; DALL'AGNOL, R.; MOURA, C. A. V. Geology and Pb-Pb geochronology of paleoproterozoic volcanic and granitic rocks of Pitinga province, Amazonian craton, northern Brazil. **International Geology Review**, [S. l.], v. 42, n. 9, p. 832-849, 2000.

CPRM. Programa integração, atualização e difusão de dados da geologia do Brasil: subprograma mapas geológicos estaduais. In: REIS, N. J.; FERREIRA, A. L.; RIKER, S. L.; ALMEIDA, M. E. (Eds.). **Geologia e recursos minerais do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM/CIAMA, 2006. Escala 1:1.000.000. [Texto explicativo]. 148 p. CD-ROM.

CPRM. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.; GONÇALVES, J. H. (Eds.). Brasília: CPRM, 2003. 692 p. [Texto, mapas & SIG].

CPRM. **Excursão científica no trecho Manaus-Boa Vista: guia de excursão**. Manaus: CPRM, 2001. 99 p. (Divulgação interna).

CUNHA, P. R. C. Bacia do Amazonas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, [Rio de Janeiro], v. 15, n. 2, p. 207-225, 2007.

CUNHA P. R. C. Bacias sedimentares brasileiras: bacia do Acre. **Phoenix**, Aracaju, v. 8, n. 26, 2006.

CUNHA, P. R. C.; MELO, J. H. G. de; SILVA, O. B. da. Bacia do Amazonas. **Bol. Geoc. Petrobras**, [Rio de Janeiro], v. 15, n. 2, p. 227-236, 2007.

CUNHA, P. R. C.; GONZAGA, F. G.; COUTINHO, L. F. C.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Amazonas. **Bol. Geoc. Petrobras**, [Rio de Janeiro], v. 8, n. 1, p. 47-55, 1994.

DNPM. **Boletim**. Divisão de Geologia e Mineração. Rio de Janeiro, v. 199, p. 1-43, 1959.

EIRAS, J. F. 2005. Cenário geológico das bacias sedimentares do Brasil. In: Projeto Multimin Tecnologia. Apostila sobre prospecção e desenvolvimento de campos de petróleo e gás (Schlumberger) – Segunda parte: **Tectônica, sedimentação e sistemas petrolíferos da bacia Solimões, estado do Amazonas**. Disponível em: <<http://acd.ufrj.br/multimin/mmp/textos/index.htm>>.

- EIRAS, J. F.; BECKER, C. R.; SOUZA, E. M.; GONZAGA, J. E. F.; SILVA, L. M.; DANIEL, L. M. F.; MATSUDA, N. S.; FEIJÓ, F.J. Bacia do Solimões. **Boletim de Geociências de Petróleo Brasileiro S.A.**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 17-45, 1994.
- NOGUEIRA, A. C. R. Depósitos costeiros neoproterozóicos da formação Prosperança, município de Presidente Figueiredo, estado do Amazonas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6., 1999, Manaus. **Anais...** Manaus: SBG/Núcleo Norte, 1999. p. 412-415.
- REIS, N. J. **Projeto rochas carbonáticas de Apuí, Amazonas**. Manaus: CPRM, 2006. 60 p. Relatório final. Informe de Recursos Minerais (Série Insumos Minerais para Agricultura).
- REIS, N. J.; SZATMARI, P.; WANDERLEI FILHO J.R.; YORK, D.; EVENSEN, N. M.; SMITH, P. E. Dois eventos de magnetismo máfico mesozoico na fronteira Brasil-Guiana, escudo das Guianas: enfoque à região do rifte Tacutu-North Savannas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43, Aracaju, 2006. SILVA, M. G.; FRANCA-ROCHA, W. J. S. (Org.). Coletânea de Trabalhos Completos. Salvador: SBG, 2008. CD-ROM.
- REIS, N.J.; D'ANTONA, R. de J.G.; OLIVEIRA, M.A. Evidências de sedimentação pleistocênica no flanco oriental do arco Purus, estado do Amazonas: Formação Içá. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 9., 2006a, Belém. **Resumos Expandidos...** Belém: SBG – Núcleo Norte, 2006a. CD-ROM.
- REIS, N. J., RIKER, S. R. L.; PINHEIRO, S. da S.; NOBRE, J. N.; CRUZ, N. M. da C.; COSTI, H. T. Geologia dos rios Tapajós, Juruena (Bararati e São Tomé) e Teles Pires, porção sul do cráton Amazônico, em área limítrofe dos estados do Amazonas, Pará e Mato Grosso. In: HORBE, A. M. C.; SOUZA, V. da S. (Eds.). **Contribuição à geologia da Amazônia**, v. 4. Manaus: SBG-Núcleo Norte, 2006b. p. 55-68.
- REIS, N. J.; FRAGA, L. M., FARIA, M. S. G. de; ALMEIDA, M. E. Geologia do estado de Roraima, Brasil. In: BRGM (Ed.). **Geology Of France and Surrounding Areas : Special Guiana Shield**. N. 2-3-4, p. 121-134, 2003.
- REIS, N. J.; RIKER, S. R. L.; PINHEIRO, S. da S. Terrenos sedimentares da região dos rios Tapajós, Teles Pires e Juruena. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41., 2002, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBG, 2002. p. 392.
- REIS, N. J.; FRAGA, L. M. B. Geologic and tectonic framework of Roraima state – Guiana Shield. In: INT. GEOL. CONGR., 31., 2000, Rio de Janeiro. **Expanded Abstract...** Rio de Janeiro: SBG, 2000. CD-ROM.
- ROZO, J. M. G.; NOGUEIRA, A. C. R.; HORBE, A. M. C.; Carvalho, A. S. Depósitos neógenos da bacia do Amazonas. In: HORBE, A.M.C.; SOUZA, V. da S. (Eds.). **Contribuição à geologia da Amazônia**. Manaus: SBG/Núcleo Norte, 2006. v. 4. p. 202-208.
- SANTIAGO, A. F.; SANTOS, J. O. S.; MAIA, R. G. N. Estratigrafia preliminar da bacia sedimentar do alto Tapajós. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Camboriú. **Anais...** Camboriú: SGB, 1980. p. 786-797.
- SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; FARIA, M. S. G. de; RIKER, S. R. L.; SOUZA, M. M. DE; ALMEIDA, M. E.; MCNAUGHTON, N. J. A compartimentação do cráton Amazonas em províncias: avanços ocorridos no período 2000-2006. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 9., 2006, Belém. **Anais...** Belém: SBG/Núcleo Norte, 2006. CD-ROM.
- SANTOS, J. O. S.; FARIA, M. S. G. de; HARTMANN, L. A.; MCNAUGHTON, N. J. Significant presence of the Tapajós-Parima orogenic belt in the Roraima region, Amazon craton based on SHRIMP U-Pb zircon geochronology. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41., 2002, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBG, 2002. p. 336.
- SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; GAUDETTE, H. E.; GROVES, D. I.; MCNAUGHTON, N. J.; FLETCHER, I. R. A new understanding of the provinces of the Amazon cráton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. In: **Gondwana Research**, [S. I.], n. 3, v. 4, 2000. p. 453-488.
- SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; GAUDETTE, H. E. Reconnaissance U-Pb in zircon, Pb-Pb in sulphides and review of Rb-Sr geochronology in the Tapajós gold province, Pará-Amazonas states, Brazil. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 1., 1997, Campos do Jordão. **Extended Abstracts...** Campos do Jordão: [S. n.], 1997. p. 280-282.
- VALÉRIO, C. S.; SOUZA V. S.; MACAMBIRA, M. J. B.; GALARZA, M. A. 2006. Aspectos geoquímicos e idades Pb-Pb da borda sudeste do batólito São Gabriel, município de Presidente Figueiredo (AM), escudo das Guianas: implicações tectônicas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 9., 2006, Belém. **Resumos Expandidos...** Belém: SBG/Núcleo Norte, 2006. CD-ROM.
- VALÉRIO, C. S.; SOUZA V. S.; MACAMBIRA, M. J. B.; MILLIOTTI, C. A.; CARVALHO, A. S. Geoquímica e idade

Pb-Pb de zircão no grupo Iricoumé na região da borda norte da bacia do Amazonas, município de Presidente Figueiredo (AM). In: SIMPÓSIO VULC AMB RELAC, 3., 2005, Belém. **Anais...** Belém: SBG/Núcleo Norte, 2005. p. 47-52.

VASQUEZ, M. L.; RICCI, P. dos S. F.; KLEIN, E. L.; SANTOS, A.; MARTINS, R. C. Descrição das unidades litoestratigráficas e litodêmicas. In: KLEIN, E.L.,

VASQUEZ, M. L. (Orgs.). **Projeto especial província mineral do Tapajós**: geologia e recursos minerais da

folha Vila Riozinho (SB.21-Z-A), estado do Pará, escala 1:250.000. Nota explicativa. Belém: CPRM, 2000.

VEIGA JR., J. P.; NUNES, A. C. B.; SOUZA, E. C. de; SANTOS, J. O. S.; AMARAL, J. E. do; PESSOA, M. R.; CRUZ, S. A. de S. **Projeto sulfetos do Uatumã**: relatório final. Manaus: DNPM/CPRM, 1979. 6 v.

WANDERLEY FILHO, J. R. **Evolução estrutural da bacia do Amazonas e sua relação com o embasamento**. 1991. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Pará, Belém, 1991.

# 3

## COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

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

Maria Adelaide Mansini Maia (*adelaide.maia@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Introdução .....	29
Gênese das paisagens geomorfológicas .....	32
Domínios geomorfológicos do estado do Amazonas .....	34
Planície amazônica .....	34
Tabuleiros da Amazônia centro-ocidental.....	35
Domínio colinoso da Amazônia ocidental .....	36
Baixos platôs da Amazônia centro-oriental .....	37
Superfícies aplainadas do norte da Amazônia .....	38
Planalto residual do norte da Amazônia .....	39
Planalto do divisor Amazonas-Orenoco.....	40
Superfícies aplainadas do sul da Amazônia.....	41
Planaltos dissecados do sul da Amazônia.....	42
Referências.....	43



## INTRODUÇÃO

Na geografia física do estado do Amazonas, predomina vasto domínio de terrenos de cotas modestas, inferiores a 200 m, com porções elevadas restritas ao norte do estado, com cotas que chegam a alcançar cerca de 3.000 m de altitude. Na maior parte, as superfícies estão embasadas por rochas sedimentares de diversas idades, pertencentes às bacias sedimentares do Amazonas e do Solimões. Entretanto, ressalta-se, tanto a norte quanto a sudeste, um conjunto de baixas superfícies de aplainamento e elevações isoladas, modeladas sobre o embasamento ígneo-metamórfico e coberturas sedimentares plataformais de idade arqueana a mesoproterozoica. Esse amplo conjunto de litologias está inserido, a sul, no Escudo Sul-Amazônico (ou Brasil Central) e, a norte, no Escudo das Guianas. A despeito dessa geodiversidade, todo o estado está enquadrado, segundo Ab'Saber (1967, 1969), no Domínio Morfoclimático das Terras Baixas Equatoriais da Amazônia.

Para melhor entendimento de sua geodiversidade, o território amazonense foi compartimentado em nove

domínios geomorfológicos: Planície Amazônica, Tabuleiros da Amazônia Centro-Occidental, Domínio Colinoso da Amazônia Occidental, Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental, Superfícies Aplainadas do Norte da Amazônia, Planalto Residual do Norte da Amazônia, Planalto do Divisor Amazonas-Orenoco, Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia e Planaltos Dissecados do Sul da Amazônia (Figuras 3.1 e 3.2).

Os diversos padrões de relevo do estado (Figura 3.3; Quadro 3.1) estão inseridos nos nove domínios geomorfológicos retromencionados e se encontram representados no Mapa de Padrões de Relevo do Estado do Amazonas, que serviu de subsídio para a elaboração do Mapa Geodiversidade do Estado do Amazonas (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 SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), 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 1:1.000.000.

### DOMÍNIOS GEOMORFOLÓGICOS DO AMAZONAS

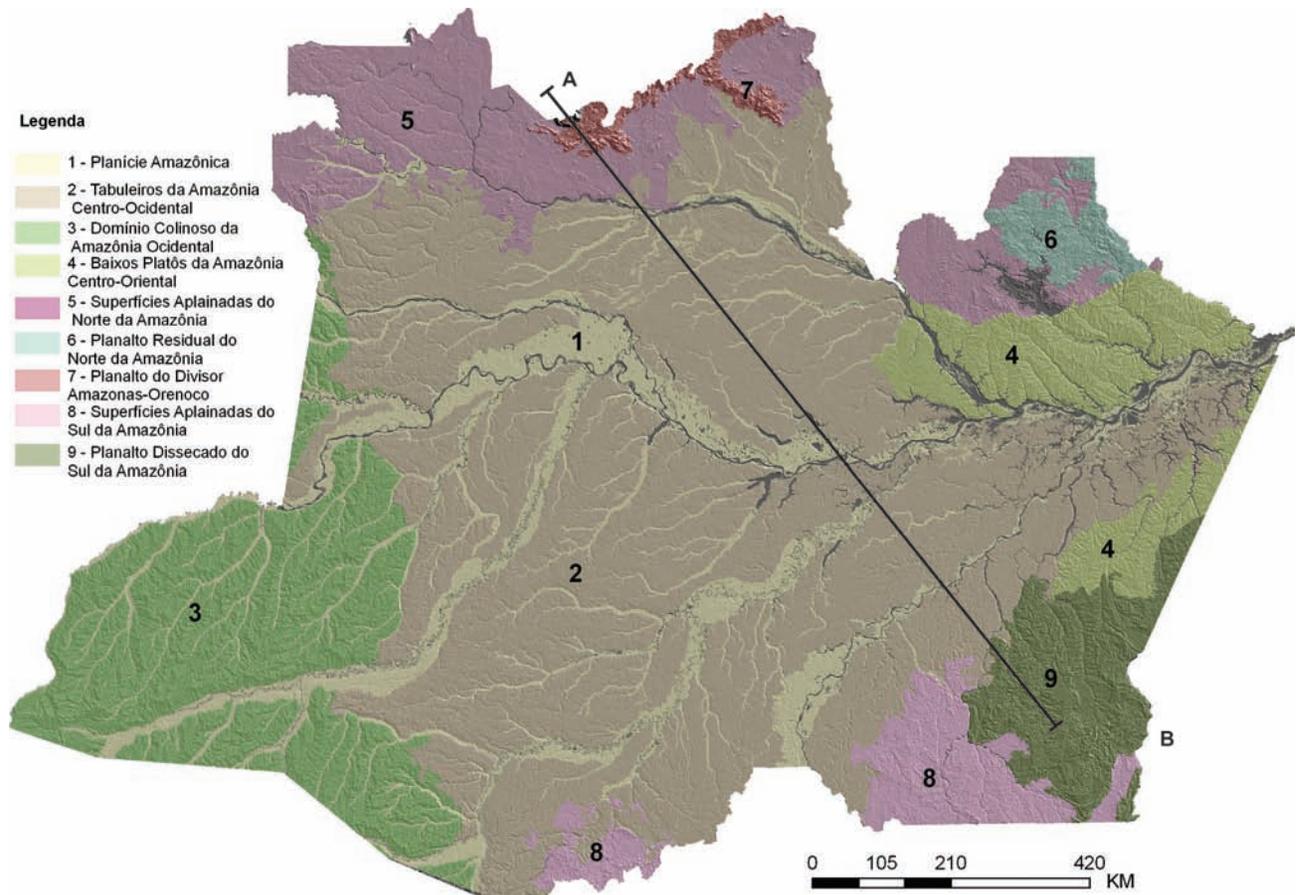


Figura 3.1 - Domínios geomorfológicos propostos para o estado do Amazonas.

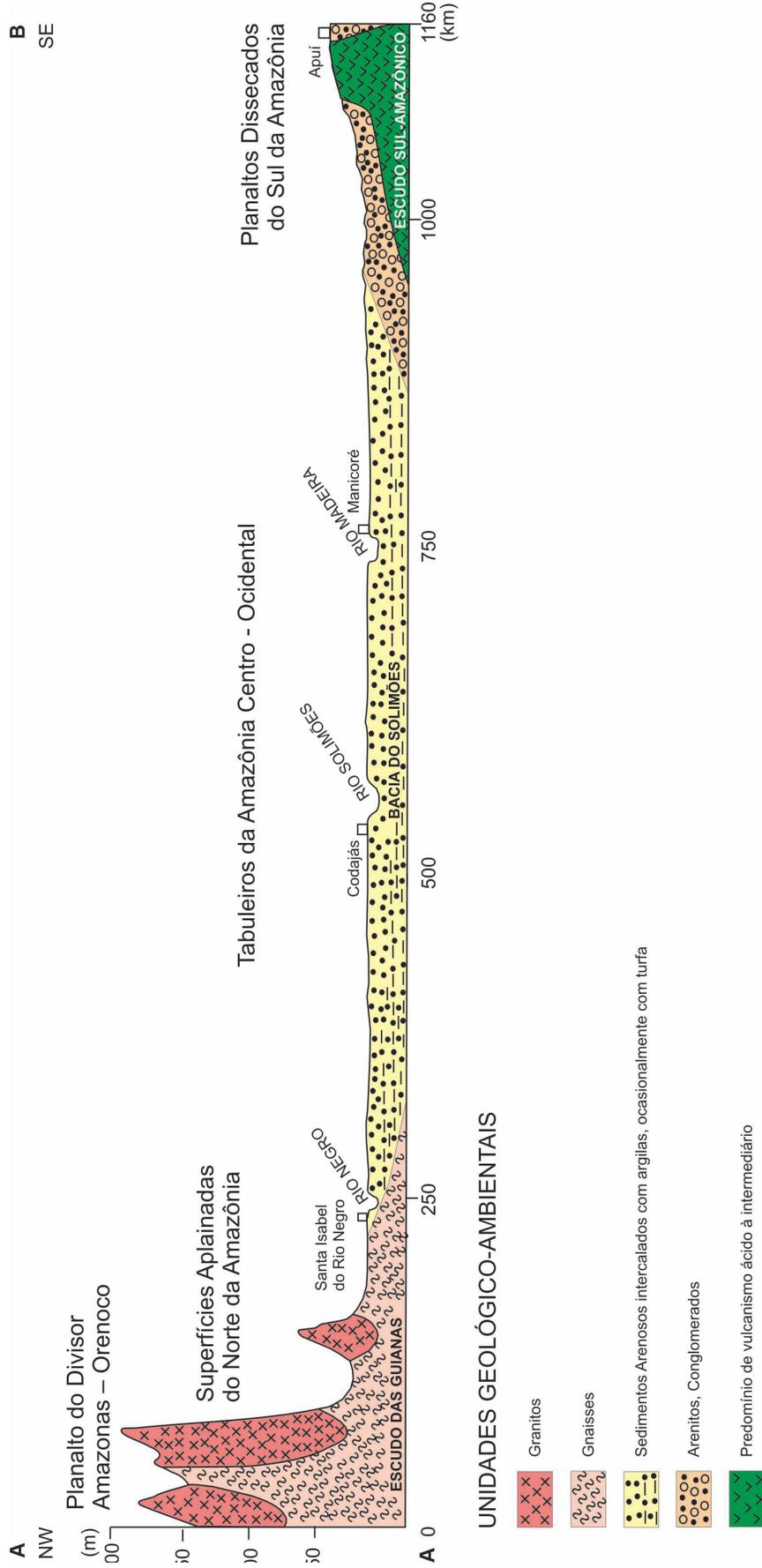


Figura 3.2 - Perfil geomorfológico NW-SE no estado do Amazonas.

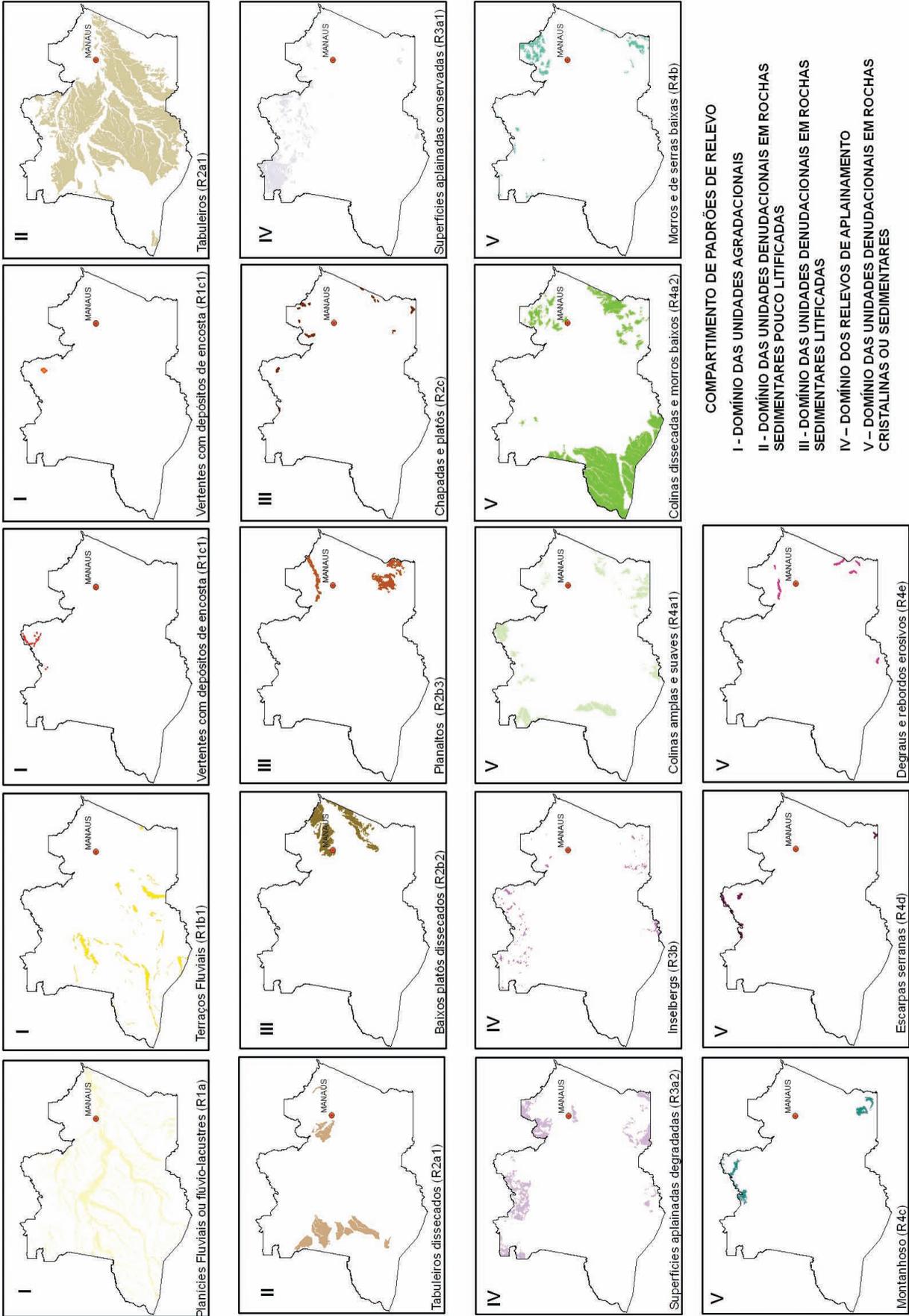


Figura 3.3 - Padrões de relevo identificados no estado do Amazonas.

**Quadro 3.1** - Declividade e amplitude topográfica das formas de relevo identificadas no estado do Amazonas.

Tipo de Relevo	Declividade (graus)	Amplitude Topográfica (metros)
Planícies Fluviais ou Fluvialacustres (R1a)	0 a 3	zero
Terraços Fluviais (R1b1)	0 a 3	2 a 20
Vertentes Recobertas por Depósitos de Encosta (R1c1)	5 a 45	Variável
Campos de Dunas (R1f1)	3 a 30	2 a 40
Tabuleiros (R2a1)	0 a 3	20 a 50
Tabuleiros Dissecados (R2a2)	0 a 3	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
<i>Inselbergs</i> (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

## GÊNESE DAS PAISAGENS GEOMORFOLÓGICAS

No estado do Amazonas, destacam-se as seguintes paisagens geomorfológicas: planícies de inundação e terraços fluviais das várzeas amazônicas, tabuleiros de terra-firme, superfícies de aplainamento das áreas cratônicas e planaltos e serras modelados em coberturas plataformais ou litologias mais resistentes à erosão. Esses ambientes estão submetidos a um regime climático quente e úmido a superúmido, sob intensa atuação de processos de intemperismo químico e lixiviação dos solos, que permitem a formação de paisagens, em geral, monótonas, recobertas em quase sua totalidade pela vegetação florestal.

A maior parte da Amazônia é constituída por terras baixas, porém, bem drenadas, caracterizadas como uma vasta depressão denominada Depressão Amazônica por Ross (1985), sendo constituída tanto pelos tabuleiros nas bacias sedimentares do Solimões e do Amazonas quanto pelas superfícies aplainadas dos escudos cristalinos adjacentes.

Todavia, a plena compreensão da evolução geomorfológica do estado do Amazonas 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 Amazonas remonta ao evento de fragmentação do Cráton Amazônico no início do Paleozoico e à individualização dos escudos das Guianas e Sul-Amazônico. Entre esses dois escudos foi gerada uma sinéclise de direção aproximada E-W, onde foi implantada a grande Bacia Se-

dimentar do Amazonas (NASCIMENTO et al., 1976), a qual sofreu uma fase de preenchimento desde o Eopaleozoico até o Cretáceo, quando foram depositados os arenitos da Formação Alter do Chão, de composição arcoseana ou caulínica.

Nos períodos Paleógeno e Neógeno, as rochas sedimentares da Bacia do Amazonas foram submetidas a longo período de intemperismo e lixiviação, que originaram profundos mantos de alteração de espessura decamétrica e formações supergênicas representadas por diferentes fases de formação de perfis lateríticos (HORBE et al., 1997). Tal processo prolongado de intemperismo químico sob climas equatoriais úmidos a superúmidos, que oscilaram entre o quente úmido e o quente e semi-úmido no decorrer do Neógeno, produziu solos muito desenvolvidos e lixiviados, com dominância marcante de Latossolos, Argissolos e notáveis ocorrências de Espodossolos por todo o estado do Amazonas (HORBE et al., 2003; IBGE, 2001).

Na Amazônia são identificados, regionalmente, dois eventos de lateritização (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. Horbe et al. (1997) procedem a uma interessante associação entre eventos de lateritização

e superfícies de aplainamento na região da Usina de Balbina (município de Presidente Figueiredo). Nesse sentido, os autores correlacionam as crostas lateríticas maduras à Superfície Sul-Americana, datada do Terciário Inferior (Paleógeno). Estas correspondem aos topos dos baixos platôs alçados a cotas superiores a 180 m e embasados por rochas paleozoicas do Grupo Trombetas. As crostas lateríticas imaturas, por sua vez, seriam correlacionadas à Superfície Velhas, datada do Terciário Superior (Neógeno). Estas correspondem aos topos dos baixos platôs alçados a cotas entre 140 e 160 m e embasados por rochas cretáceas da Formação Alter do Chão.

Com base no exposto e levando em consideração os processos erosivos subsequentes à elaboração do perfil de alteração laterítica, distinguem-se dois tipos de perfis lateríticos desenvolvidos sobre as rochas da região (Figura 3.4):

- Perfis completos, com ocorrência restrita, os quais apresentam uma sequência de horizontes que incluem, da base para o topo, rocha-mãe, saprólito, horizonte mosqueado, crosta laterítica e solo de cobertura.

Perfis truncados, com ampla distribuição, compostos pela rocha-mãe, saprólito, horizonte mosqueado, com ou sem linha de pedra constituída por fragmentos de crosta laterítica e com matriz argiloarenosa a arenoargilosa e solo de cobertura.

Um fato marcante que ajuda a elucidar a existência das amplas coberturas sedimentares cenozoicas, que recobrem mais da metade do estado do Amazonas, está associado ao rio Amazonas que, até aproximadamente 10 milhões de anos (entre o Mioceno e o Plioceno), fluía para o oeste em direção ao oceano Pacífico. A partir da orogênese andina, devido à colisão das placas Sul-Americana e de Nazca, essa passagem para oeste foi bloqueada e o rio Amazonas inverteu seu sentido para leste, passando a desembocar no oceano Atlântico (RÄSÄNEN et al., 1987). Na Amazônia Ocidental formou-se uma imensa bacia sedimentar (parte superior da Bacia do Solimões) que foi entulhada por sedimentos provenientes da erosão da cordilheira dos Andes, de início com sedimentação

fluviolacustre (Formação Solimões) no Mioceno e, posteriormente, com depósitos fluviais de idade quaternária. A partir do Pleistoceno Superior, esses depósitos passam a ser incipientemente entalhados, sendo que os níveis deposicionais atuais limitam-se às atuais várzeas.

Concomitantemente ao entulhamento da vasta depressão gerada na Amazônia Ocidental, o embasamento cristalino, representado pelos escudos das Guianas e Sul-Amazônico, e a própria Bacia Sedimentar do Amazonas, ligeiramente soerguida por movimentos epirogenéticos no decorrer do Neógeno/Paleógeno, experimentaram um ou mais episódios cenozoicos de aplainamento, que promoveram erosão generalizada e arrasamento do relevo em escala regional a subcontinental. Tais superfícies de aplainamento abrangem extensas áreas dos escudos supracitados, estando atualmente algo reafeiçoadas por uma rede de drenagem moderna de baixa densidade. Na Bacia Sedimentar do Amazonas, por sua vez, o relevo tabular foi esculpido em um conjunto de baixos platôs e colinas tabulares devido ao entalhamento vertical da rede de drenagem.

Com relação às superfícies de aplainamento na Amazônia, 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 o 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 intemperismo químico na evolução do modelado do relevo em regiões tropicais úmidas, onde são registrados perfis de alteração com

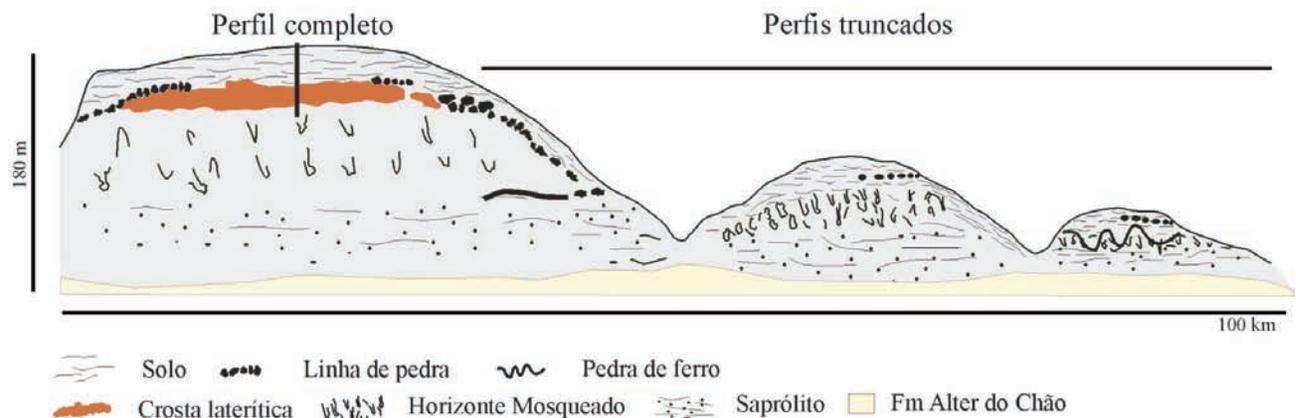


Figura 3.4 - Tipos de perfis lateríticos encontrados na Amazônia. Fonte: Horbe et al. (2005).

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. Tal 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. Essas feições ressaltam-se na paisagem devido à resistência diferencial de determinadas litologias a processos de intemperismo e erosão ou por reativações neotectônicas. As paisagens montanhosas são particularmente relevantes em parte da porção norte do estado do Amazonas, junto à fronteira com a Venezuela.

Há de se destacar o importante papel desempenhado pela neotectônica na esculturação do relevo amazonense, refletido na formação de perfis lateríticos truncados por falhamentos, na orientação e traçado moderno da rede de canais, rias e lagos e nos processos de dissecação do relevo na Amazônia Central (BEMERGUY et al., 2002; COSTA, 2001; IGREJA e FRANZINELLI, 1990; LATRUBESSE e FRANZINELLI, 2002, dentre outros). Tal temática foi iniciada há mais de 50 anos, por meio dos estudos pioneiros e visionários do geógrafo Hilgard O'Reilly Sternberg (STERNBERG, 1950, 1953). Mesmo sem ter à disposição os modernos conhecimentos de geologia estrutural e tectônica de placas, esse autor atentou para a morfologia de lagos e da rede de canais de diversos tributários dos rios Negro e Amazonas. A partir da constatação de que muitos rios apresentam traçado retilíneo, com direções predominantes e ortogonais NE-SW e NW-SE, Sternberg sugeriu um controle tectônico para o desenvolvimento da rede hidrográfica amazônica. Tais considerações morfoestruturais foram confirmadas, posteriormente, na década de 1970, no decurso do Projeto RadamBrasil (NASCIMENTO et al., 1976), com destaque para a região situada entre os rios Uatumã e Negro.

A partir de uma breve avaliação sobre a origem e evolução das paisagens do estado do Amazonas, é possível promover uma 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 amazonenses foram compartimentados, neste estudo, em nove domínios geomorfológicos, descritos a seguir.

## DOMÍNIOS GEOMORFOLÓGICOS DO ESTADO DO AMAZONAS

### Planície Amazônica

Esse domínio é representado por planícies de inundação e terraços fluviais muito amplos (R1a e R1b1), por vezes com dezenas de quilômetros de largura, que ocorrem ao longo dos principais canais-troncos da bacia hidrográfica dos rios Negro-Solimões-Amazonas. Tais formas de relevo apresentam, portanto, amplo destaque ao longo dos imensos fundos de vales dos rios Negro, Solimões, Amazonas, Madeira, Purus, Juruá, Javari, Negro, Içá e Japurá. As planícies e os terraços fluviais consistem nas únicas zonas deposicionais ativas na Amazônia (Figura 3.5).

As planícies aluviais, normalmente recobertas por vegetação de igapó e matas de várzea adaptadas a ambientes inundáveis, são constituídas por depósitos sedimentares atuais ou subatuais; os terraços fluviais são correlatos ao Pleistoceno Superior e as planícies de inundação, ao Holoceno. As várzeas amazônicas apresentam notável diversidade morfológica, reflexo dos distintos tipos de sedimentação aluvial desenvolvidos por uma rede de drenagem de padrão meândrico de alta sinuosidade (tais como os rios Purus e Juruá) ou de padrão anastomosado ou *anabranching* (tais como os rios Solimões e Negro). Nesse contexto, são identificadas inúmeras formas deposicionais: furos, paranás, planícies de acreção em barras de pontal, planícies de decantação, ilhas fluviais, barras arenosas, lagos, diques marginais etc. (LATRUBESSE e FRANZINELLI, 2002) (Figura 3.6).



**Figura 3.5** - Arquipélago das Anavilhanas, um vasto arquipélago gerado no baixo curso do rio Negro, a despeito do baixo aporte de sedimentos carreados por esse rio, apresentando um padrão de canal tipo anabranching. Fonte: Amazonastur.



**Figura 3.6** - Planície de inundação do rio Juruá, cujo canal apresenta padrão meândrico de alta sinuosidade (cercanias da cidade de Eirunepé, AM).  
Fonte: Amazonastur.

Os rios amazônicos apresentam colorações diferenciadas de acordo com o pH, carga de sedimentos e 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, rios Madeira e Solimões) 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. As planícies que margeiam os rios de água preta (por exemplo, o rio Negro) apresentam menor sedimentação aluvial, decorrente de baixa carga de sedimentos em suspensão, aliada à alta concentração de sesquióxidos de ferro. Assim, os rios de água preta apresentam restritas e descontínuas planícies de inundação. As nascentes do rio Negro ocupam um ambiente de clima superúmido do noroeste da Amazônia, situado no Cráton das Guianas, com ocorrência de solos profundamente lixiviados.

Existe, portanto, um amplo domínio de solos hidromórficos, muito maldrenados, nas planícies de inundação (predomínio de Gleissolos), e solos mais bem drenados nos terraços fluviais (predomínio de Neossolos Flúvicos) (IBGE, 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, 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 Amazonas. 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.

Cidades como Parintins e Itacoatiara (no rio Amazonas); Barcelos e Santa Isabel do Rio Negro (no rio Negro), Manacapuru, Codajás, Coari, Tefé, Fonte Boa, São Paulo de Olivença e Tabatinga (no rio Solimões), Novo Aripuanã, Manicoré e Humaitá (no rio Madeira), Lábrea (no rio Purus) e Eirunepé (no rio Juruá) foram antigos núcleos de povoamento 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.

### **Tabuleiros da Amazônia Centro-Occidental**

Os Tabuleiros da Amazônia Centro-Occidental (outrora denominados Planalto Rebaixado da Amazônia Occidental por Mauro et al., 1978) constituem o mais amplo domínio geomorfológico do estado do Amazonas, ocupando mais da metade de sua superfície. Ross (1985) questiona a terminologia de 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. Portanto, toda essa vasta zona de tabuleiros que se estende para oeste das calhas dos rios Madeira e Negro, até a fronteira brasileira com a Colômbia, na Bacia Sedimentar do Solimões, está inserida na Depressão Amazônica.

Esse domínio (R2a1) é representado por extensos tabuleiros de baixa amplitude de relevo (invariavelmente inferiores a 30 m), sulcados por rios meândricos de padrão predominantemente dendrítico e, episodicamente, treliça ou retangular, denunciando traços da tectônica neógena que afeta as rochas sedimentares da Bacia do Solimões. Frequentemente, são observados também cotovelos de drenagem e lagos gerados por antigas rias barradas pela sedimentação holocênica (STERNBERG, 1950).

Esses baixos tabuleiros constituem superfícies planas assentadas sobre rochas sedimentares pouco litificadas das formações Solimões e Içá. A Formação Solimões, de idade miocênica a pliocênica, consiste de depósitos fluviolacustres de textura predominantemente argilosa, gerados durante o processo de inversão do sentido de drenagem da bacia hidrográfica do rio Amazonas com a consolidação do soerguimento do orógeno andino. Já a Formação Içá, de idade pleistocênica consiste de arenitos pouco consolidados a inconsolidados, de origem fluvial. Os tabuleiros embasados sobre a Formação Solimões tendem a ser mais dissecados, devido à baixa permeabilidade dos sedimentos argilosos, com uma atuação mais efetiva dos

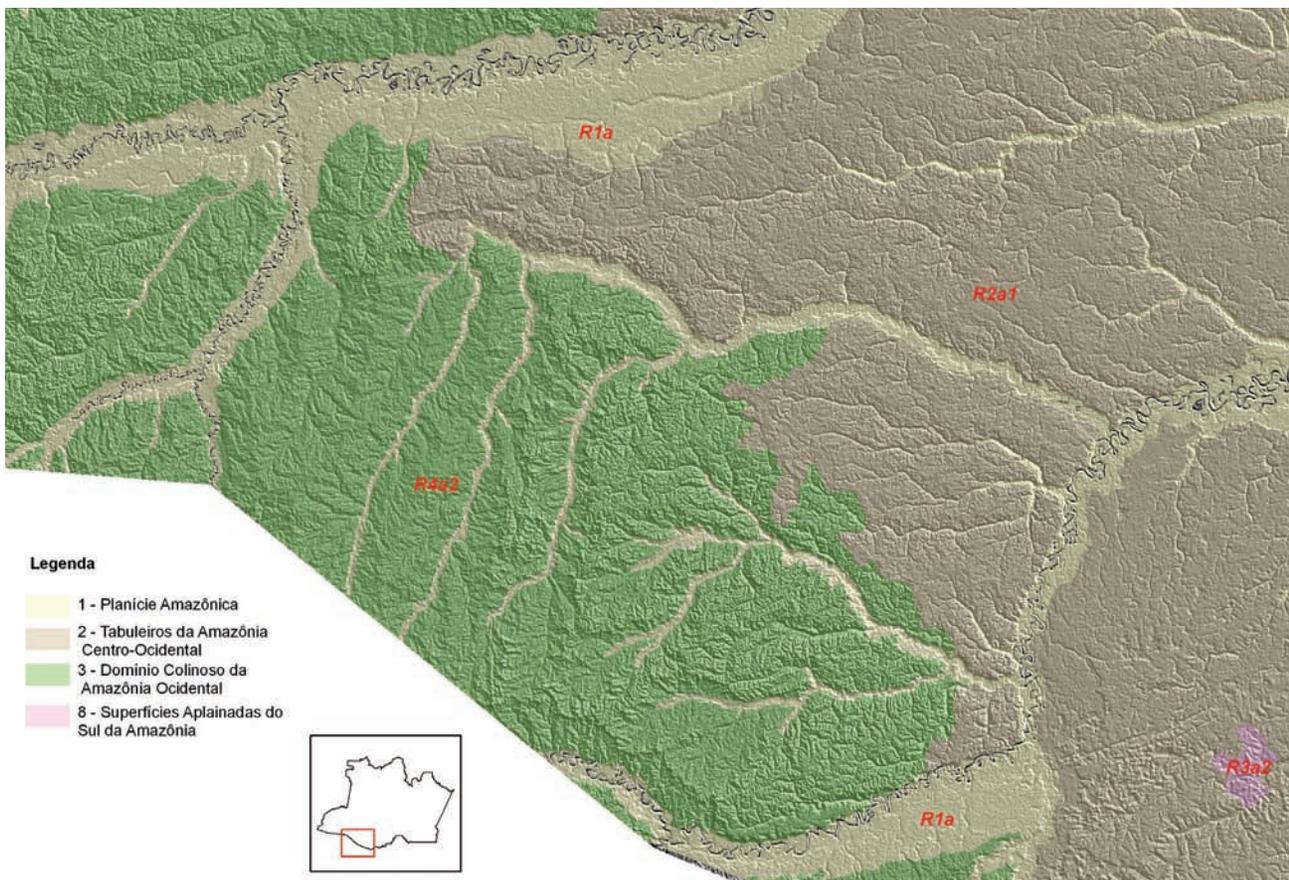
processos erosivos por escoamento superficial em climas pretéritos mais secos. Sobre a Formação Içá, os tabuleiros tendem a ser muito pouco dissecados e os solos, arenosos. Em todos esses terrenos, ocorre o desenvolvimento da Floresta Amazônica sobre solos profundos (Mata de Terra Firme); todavia, esses solos ainda apresentam, por vezes, uma drenagem imperfeita, predominando Argissolos plínticos, Plintossolos e Espodossolos (MAURO et al., 1978; IBGE, 2001) (Figura 3.7).

Os terrenos representados pelos tabuleiros da Amazônia Centro-Occidental estão, em sua maior parte, ocupados pela Floresta Amazônica preservada, devido à pouca acessibilidade e à dificuldade de implantação de infraestrutura viária em solos imperfeitamente drenados. Exemplo marcante dessa situação é a implantação da Rodovia Transamazônica, originalmente projetada para cruzar, de leste a oeste, todo o estado do Amazonas até o município de Benjamin Constant, e que foi paralisada na cidade de Lábrea, às margens do rio Purus. A necessidade de cruzar centenas de quilômetros dos baixos tabuleiros, conjugada com a obrigação de atravessar inúmeros cursos d'água, inviabilizou a conclusão do projeto da rodovia. Dentre os municípios que se localizam nesse domínio destacam-se: Humaitá, Lábrea, Coari, Tefé, Japurá e Tabatinga.

## Domínio Colinoso da Amazônia Ocidental

O Domínio Colinoso da Amazônia Ocidental (denominado "colinas dos rios Javari-Juruá" em IBGE, 1995) situa-se na porção sudoeste do estado do Amazonas, abrangendo as bacias dos rios Javari e alto Juruá e prolongando-se na fronteira ocidental brasileira em direção ao território peruano. É representado por colinas dissecadas (R4a2) de pouca amplitude de relevo (entre 20 e 50 m), entalhadas por uma rede de drenagem de alta densidade com sentido preferencial NE e padrão subdendrítico a treliça (Figura 3.7). Tal relevo colinoso reflete uma franca dissecção da antiga superfície sedimentar representada pelo evento deposicional que gerou a Formação Solimões, apresentando, frequentemente, alinhamentos de cristas amorreadas com direções preferenciais NNW-SSE e SNE-WSW. Latrubesse e Ranzi (2000) destacam que, na zona de confluência entre os rios Moa e Ipixuna com o Juruá (divisa entre os estados do Acre e Amazonas), registra-se um bloco abatido em meio aos terrenos dissecados da Formação Solimões.

Evidentemente, apenas a baixa permeabilidade dos argilitos da Formação Solimões não pode explicar a evolução geomorfológica dessa região, marcada por intensa morfogênese durante o Neógeno. Existe, também, atuação



**Figura 3.7** - Contato entre o relevo de topos planos dos tabuleiros da Amazônia centro-occidental (2) e o relevo dissecado do domínio colinoso da Amazônia ocidental (3) no sudoeste do estado do Amazonas.

intensa de processos neotectônicos associados à proximidade do oeste do Amazonas e do Acre com as bacias de retroarco andinas, conforme registrado por Marques et al. (2001).

Esses terrenos colinosos caracterizam-se por um relevo movimentado, embasado por rochas sedimentares da Formação Solimões, sendo revestidos pela Floresta Amazônica (Mata de Terra Firme) desenvolvida em solos bem drenados, predominando Argissolos Vermelho-Amarelo distróficos e, subordinadamente, Latossolos Vermelho-Amarelo distróficos e Argissolos Vermelho-Amarelo eutróficos. Destaca-se, ainda, a ocorrência de Luvisolos Crômicos, de boa fertilidade natural, na região adjacente à divisa com o Acre (IBGE, 2001).

Os terrenos representados pelas colinas dissecadas da Amazônia Ocidental apresentam sua cobertura florestal praticamente toda preservada, em uma região de difícil acessibilidade, onde se situam os municípios de Envira, Eirunepé, Ipixuna e Atalaia do Norte.

### Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental

Os Baixos Platôs da Amazônia Centro-Oriental (outrora denominados “Planalto Dissecado do Rio Trombetas” por Mauro et al., 1978), recobertos por Mata de Terra Firme, ocupam expressivas extensões da porção oriental do estado do Amazonas e são caracterizados por terrenos baixos (em cotas inferiores a 200 m), com solos espessos, pobres e bem drenados (em geral, Latossolos Amarelos). Em certas porções, os platôs, embasados por rochas sedimentares cretácicas da Formação Alter do Chão, são dissecados em um relevo de colinas tabulares (R2a1, R2a2 e R2b2), feição que assume particular relevância na área ao norte da cidade de Manaus. Tal morfologia decorre de um longo processo de elaboração de espessos perfis intempéricos lateríticos, com desenvolvimento de horizontes ferruginosos concrecionários e horizontes aluminosos, em diversas áreas dos tabuleiros e das superfícies aplainadas em toda a Amazônia (COSTA, 1991; HORBE et al., 1997) (Figura 3.8).

A gênese dos baixos platôs dissecados inicia-se, efetivamente, com o fecho deposicional da Bacia Sedimentar do Amazonas, ou seja, com o término da sedimentação da Formação Alter do Chão durante o Cretáceo. Após o entulhamento da Bacia do Amazonas, em algum momento do Paleógeno, a bacia sofreu um processo de epirogênese que rebaixou o nível de base regional e soergueu os

depósitos cretácicos. Tais fenômenos expuseram a Formação Alter do Chão à erosão subaérea, sendo que a nova área deposicional ao longo do Neógeno passou a ser a Amazônia Ocidental. Os processos de franca esculturação desses baixos platôs também apresentam uma componente neotectônica, conforme observado em diversos perfis lateríticos expostos em cortes de estradas (Figura 3.9) e no notável paralelismo dos principais afluentes da margem esquerda do



**Figura 3.8** - Aspecto da superfície dos baixos platôs, dissecados em pequenos vales ortogonais ao percurso da rodovia. Esses terrenos exibem alta suscetibilidade à erosão, sendo frequente a ocorrência de processos de erosão linear acelerada (voçorocamentos), quando desestabilizados pela intervenção humana (rodovia BR-174, próximo à cidade de Presidente Figueiredo, AM).



**Figura 3.9** - Corte de estrada exibindo plano de falha, no qual o saprolito da formação Alter do Chão está alçado ao mesmo nível estratigráfico do Latossolo Amarelo (rodovia AM-010 (Manaus-Itacoatiara), próximo à entrada da vicinal ZF1).

rio Amazonas, como os rios Preto da Eva, Urubu, Uatumã, Jatapu e Nhamundá.

Esse domínio geomorfológico ocupa, portanto, toda a área de abrangência da Bacia Sedimentar do Amazonas, com amplo predomínio de ocorrência da Formação Alter do Chão. Contudo, nas bordas dessa bacia, nos limites com o embasamento dos escudos pré-cambrianos, ocorrem afloramentos das formações basais da Bacia do Amazonas (como as formações Nova Olinda e Nhamundá). Nessas áreas, os platôs são ligeiramente mais elevados e preservados, como observado na localidade de Balbina (município de Presidente Figueiredo). Assim, os baixos platôs não dissecados e protegidos por crostas detrito-lateríticas representam um marco fisiográfico de grande relevância para a compreensão da evolução geomorfológica dos terrenos dissecados e florestados a norte de Manaus.

As superfícies tabulares dos baixos platôs são, em geral, truncadas por rebordos erosivos com desníveis que variam entre 20 e 50 m, abaixo dos quais se desenvolvem os fundos de vales modernos, provenientes da dissecação das antigas superfícies pediplanadas e/ou etchplanadas. Os rebordos erosivos são mantidos por cornijas resistentes à erosão, oriundas do afloramento da couraça ferruginosa. Portanto, os baixos platôs representam os relevos remanescentes das superfícies aplainadas e ressaltam na paisagem por erosão diferencial.

Em síntese, os esparsos topos dos baixos platôs, sustentados pelas couraças lateríticas, representam, em parte, o nível original da Superfície Velhas, de idade pliopleistocênica. Todavia, essa associação não pode ser direta na área de estudo devido aos basculamentos neotectônicos que afetaram a superfície erosiva original. Tais deformações foram constatadas pelos truncamentos dos perfis lateríticos em diversos cortes de estrada na região.

Os terrenos assentados nos baixos platôs da Amazônia Centro-Oriental representam uma área de notável expansão econômica do estado do Amazonas, pois são atravessados por duas rodovias importantes (BR-319, Manaus-Boa Vista, e AM-010, Manaus-Itacoatiara), além de servirem de substrato para consolidação do Distrito Agropecuário da Zona Franca de Manaus.

Nesse domínio estão localizadas, na margem esquerda do rio Amazonas, as cidades de Manaus, Presidente Figueiredo, Rio Preto da Eva, Itacoatiara e Silves. Na margem direita, a cidade de Maués.

### Superfícies Aplainadas do Norte da Amazônia

As Superfícies Aplainadas do Norte da Amazônia (outrora denominadas “Pediaplano Rio Branco-Rio Negro”, por Franco et al., 1975) constituem um extenso domínio geomorfológico no norte e noroeste do estado do Amazonas.

Essas extensas áreas arrasadas por prolongados eventos de erosão generalizada, conjugados com notável estabilidade tectônica em escala regional, apresentam cotas que variam entre 100 e 250 m e notabilizam-se pela ocorrência de extensas áreas aplainadas (R3a1 e R3a2) ou levemente entalhadas pela rede de drenagem. 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).

Destacadas na paisagem, ocorrem inúmeras formas isoladas, alçadas em cotas mais elevadas que a superfície aplainada, dando origem a *inselbergs* e demais feições residuais do relevo (R3b) (Figura 3.10).

As superfícies aplainadas abrangem, portanto, terrenos arrasados do Escudo das Guianas, constituídos por um embasamento ígneo-metamórfico cratônico de idade arqueana a mesoproterozoica. Esse domínio é observado em duas regiões no estado do Amazonas: a primeira, situada a norte da Bacia Sedimentar do Amazonas e do reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, até a divisa com Roraima; a segunda, localizada a oeste de Roraima, abrangendo todo o noroeste do Amazonas, incluindo a região denominada “Cabeça do Cachorro”.

No primeiro compartimento, predominam rochas metamórficas (gnaiesses) da Suíte Jauaperi, rochas ígneas intrusivas da Suíte Água Branca (tonalitos e quartzodioritos), e rochas ígneas efusivas do Grupo Iricoumé (dacitos e andesitos), todos de idade paleoproterozoica.



**Figura 3.10** - Feições residuais remanescentes do processo de arrasamento generalizado do relevo no noroeste do Amazonas (serra da Bela Adormecida, São Gabriel da Cachoeira, AM). Fonte: Marcelo Almeida.

No segundo compartimento, predominam as rochas metamórficas (augengnaisses, metagranodioritos e monzogranitos) das unidades Tarsira e Cumati, e rochas ígneas intrusivas das unidades Santa Isabel do Rio Negro e Marauíá (monzogranitos, sienogranitos e granodioritos), de idade paleoproterozoica. Muito frequentemente, as formações superficiais que revestem essas litologias nesse domínio geomorfológico são representadas por espessas coberturas de areias inconsolidadas, de origem autóctone, sob condição de lençol freático subaflorante.

Na área conhecida como “Cabeça do Cachorro”, as superfícies aplainadas apresentam-se pontilhadas por *inselbergs*. Tais formas residuais do aplainamento generalizado são, invariavelmente, constituídas por litologias mais resistentes ao intemperismo e à erosão. Assim, os *inselbergs* da região normalmente são sustentados por plútons graníticos (sienogranitos, monzogranitos e granodioritos das unidades Tiquié, Rio Uaupés, Rio Içana e Inhamoim) de idade mesoproterozoica, que se destacam em meio ao embasamento regional metamorfizado.

Como nos tabuleiros, os solos são, em geral, espessos e pobres, bem ou maldrenados, ocupados por Mata de Terra Firme ou Campinaranas, sob clima equatorial úmido a superúmido, como no noroeste da Amazônia. A norte de Balbina, predominam os Argissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos. No noroeste do estado, devido ao clima superúmido (área-core da massa de ar Equatorial Continental (mEc)), predominam Espodossolos Hidromórficos e, subordinadamente, Neossolos Quartzarênicos e Latossolos Vermelho-Amarelos (IBGE, 2001).

Os terrenos ocupados pelas superfícies aplainadas do norte da Amazônia estão, em sua maior parte, ocupados pela Floresta Amazônica preservada, devido à sua inacessibilidade e à existência de extensas terras indígenas, como as dos Waimiri-Atroari e Ianomâmi. São Gabriel da Cachoeira é a única cidade que se destaca nesse domínio, apesar de seu relevante potencial mineral, como demonstrado pelas províncias minerais do Pitinga (a norte de Presidente Figueiredo) e de Seis Lagos (nas cercanias de São Gabriel da Cachoeira).

### Planalto Residual do Norte da Amazônia

O Planalto Residual do Norte da Amazônia (seguindo a denominação de IBGE, 1995) representa um relevo movimentado em colinas dissecadas, morros e esparsos platôs (R4a2, R4b, R2b3 e R2c), apresentando vertentes declivosas e vales estreitos, com média densidade de drenagem. Esse conjunto de formas de relevo demonstra um aspecto residual de planalto profundamente erodido em meio às vastas superfícies aplainadas do Escudo das Guianas. As raras ocorrências de superfícies

planas e elevadas em forma de curtos platôs atestam o desenvolvimento pretérito de uma antiga superfície que foi totalmente destruída.

No estado do Amazonas, o Planalto Residual do Norte da Amazônia restringe-se ao setor situado a norte da Bacia Sedimentar do Amazonas e do reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, até a divisa com Roraima, drenado pelas bacias dos rios Uatumã e Jatapu.

Ressaltam-se, nesse contexto, vários conjuntos de topografia mais elevada, em cotas que variam entre 200 e 400 m, em meio às terras baixas amazônicas, com cotas inferiores a 150 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 (Figura 3.11).

Esse domínio geomorfológico abrange, portanto, terrenos movimentados do Escudo das Guianas, constituídos pelo embasamento ígneo-metamórfico cratônico de idades arqueana a mesoproterozoica. Os conjuntos litológicos principais são as rochas ígneas intrusivas de idade paleoproterozoica das suítes Mapuera e Madeira (granitos, sienogranitos e monzogranitos). Ocorrem, subordinadamente, rochas ígneas efusivas do Grupo Iricoumé (dacitos e andesitos), rochas sedimentares de antigas coberturas plataformais do Grupo Urupi (arenitos e arcóseos) e derrames basálticos da Unidade Seringa, de idade paleoproterozoica a mesoproterozoica. Em geral, as rochas graníticas apresentam relevo dissecado em morros, enquanto as rochas sedimentares e vulcânicas apresentam um relevo desfeito em pequenos platôs e vales aprofundados.

Nesses terrenos, os solos são, em geral, espessos, pobres e bem drenados, ocupados por Mata de Terra Fir-



**Figura 3.11** - Relevo de colinas dissecadas e morros, característico do planalto residual do norte da Amazônia (próximo à mina do Pitinga, nordeste do Amazonas).

me, sob clima equatorial úmido. Predominam Argissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos; todavia, nas vertentes mais íngremes podem ser mapeados Neossolos Litólicos (IBGE, 2001).

Os terrenos ocupados pelo Planalto Residual do Norte da Amazônia estão quase que integralmente ocupados pela Floresta Amazônica preservada, devido à sua inacessibilidade e à existência da extensa Terra Indígena Waimiri-Atroari.

### Planalto do Divisor Amazonas-Orenoco

O Planalto do Divisor Amazonas-Orenoco (seguindo a denominação de IBGE, 1995) representa um relevo montanhoso de direção geral WSW-ENE, com serras de grande amplitude altimétrica (R4c) e platôs muito elevados, bordados por escarpas íngremes de grande desnivelamento (R2c e R4d), apresentando uma topografia acidentada, dissecada em vertentes muito íngremes a paredões escarpados em uma rede de canais de alta densidade de drenagem. Esse conjunto serrano forma o divisor regional das bacias hidrográficas dos rios Negro-Amazonas e Orenoco e, por conseguinte, parte da fronteira entre Brasil e Venezuela. No estado do Amazonas, o Planalto do Divisor Amazonas-Orenoco restringe-se ao extremo norte-noroeste, junto à fronteira com a Venezuela.

Esse domínio geomorfológico salienta-se como uma rara paisagem montanhosa na Amazônia brasileira. Destaca-se, nesse contexto, um extenso *front* de serras cujas linhas de cumeeada são sempre superiores a 500 m de altitude. Os alinhamentos serranos mais elevados atingem, todavia, cotas entre 1.000 e 1.800 m, como as serras do Imeri, Tapirapecó, Guarupira e Aracá (Figura 3.12).

Os dois pontos culminantes do território nacional (Pico da Neblina, com 2.994 m de altitude, e Pico 31 de Março, com 2.973 m) situam-se nesse domínio geomorfológico, precisamente na porção mais alta da serra do Imeri. O Pico da Neblina consiste em um belíssimo *hogback* esculpido em rochas sedimentares do Supergrupo Roraima na fronteira com a Venezuela (Figura 3.13).

As amplitudes de relevo entre esse domínio montanhoso e as monótonas superfícies de aplainamento adjacentes são, portanto, notáveis, podendo alcançar frequentemente mais de 1.000 m de desnivelamento.

O Planalto do Divisor Amazonas-Orenoco também está inserido no Escudo das Guianas, constituído por embasamento ígneo-metamórfico cratônico, parcialmente recoberto por coberturas sedimentares plataformais, com idade arqueana a mesoproterozoica. Entretanto, esses terrenos, supostamente, experimentaram eventos epirogenéticos de soerguimento que explicam as cotas muito elevadas registradas. Bemerguy et al. (2002) consideram a movimen-

tação transcorrente entre as placas Sul-Americana e do Caribe como um fator imprescindível para melhor entendimento da tectônica neógena do norte da Amazônia.

Um fato relevante a se destacar sobre as cristas do Planalto do Divisor Amazonas-Orenoco é a ocorrência esporádica de altos platôs isolados, alçados em cotas acima de 1.500 m, regionalmente denominados "*tepuys*". Anteriormente denominados "Planalto Sedimentar de Roraima", por Franco et al. (1975), os *tepuys* representam chapadas muito elevadas em superfícies estruturais de topos planos a suavemente dissecados, sustentadas por rochas sedimentares e abruptamente delimitadas por escarpas de vertentes muito íngremes.

Os principais conjuntos litológicos que afloram nesse domínio montanhoso são as rochas ígneas intrusivas das unidades Santa Isabel do Rio Negro e Marauí



**Figura 3.12** - Serra do Aracá, típica feição montanhosa no planalto do divisor Amazonas-Orenoco, noroeste do estado do Amazonas.  
Fonte: Amazonastur.



**Figura 3.13** - Pico da Neblina, típica feição montanhosa do planalto do divisor Amazonas-Orenoco, noroeste do estado do Amazonas.

(monzogranitos, sienogranitos e granodioritos), de idade paleoproterozoica, de forma similar ao conjunto aflorante nas superfícies aplainadas adjacentes. Tal fato demonstra inexistência de controle litológico na gênese desse sistema de serras. Os *tepuys*, por sua vez, estão sustentados por arenitos e quartzarenitos das formações Serra da Neblina e Aracá, de idade mesoproterozoica.

Nesses terrenos acidentados, os solos são, em geral, rasos e jovens, ocupados por Mata de Terra Firme, em condições de Floresta Montana e Alto-Montana, sob clima equatorial úmido a superúmido. Predominam Neossolos Litólicos distróficos, com ocorrência subordinada de Argissolos Vermelho-Amarelos (em áreas de relevo menos acidentado) e de Afloramentos de Rocha (em paredões rochosos subverticais ou em porções dos topos dos *tepuys*) (IBGE, 2001).

Os terrenos ocupados pelo Planalto do Divisor Amazonas-Orenoco estão inteiramente preservados devido à sua inacessibilidade e à demarcação da Terra Indígena Yanomami. Apresenta um bom potencial geoturístico, caso as difíceis condições de logística (acessibilidade) sejam superadas.

### Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia

As Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia (outrora denominadas “Depressão Interplanáltica Amazônia Meridional” por Melo et al., 1977) abrangem duas áreas descontínuas no sudeste do estado do Amazonas, individualizadas no Mapa Geomorfológico do Brasil (IBGE, 1995) com as seguintes denominações: depressão do rio Ji-Paraná e depressão interplanáltica dos rios Juruena e Teles-Pires.

Assim como suas 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, com cotas que variam entre 80 e 150 m. Esse domínio geomorfológico apresenta um notório predomínio de superfícies erosivas, frequentemente dissecadas em um relevo colinoso (R4a1 e R3a2), mas também exhibe grande número de feições residuais em meio às superfícies aplainadas, tais como *inselbergs* e pequenas cristas ou baixos alinhamentos de morrotes (R3b e R4a2).

As Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia abrangem, portanto, terrenos arrasados do Escudo Sul-Amazônico, constituídos por embasamento ígneo-metamórfico cratônico e capeamento sedimentar, de idades paleoproterozoica a neoproterozoica ou paleozoica.

Seguindo a subdivisão proposta pelo IBGE (1995), esse domínio ocorre em duas regiões distintas no sudeste do Amazonas: a primeira abrange porções das bacias afluentes do rio Madeira, a oeste da calha do rio Aripuanã,

como os rios Roosevelt e Manicoré. A segunda ocorrência é bastante restrita e consiste em uma pequena faixa deprimida a oeste da calha do rio Juruena.

O substrato rochoso que aflora nesse domínio é bastante variado e compreende rochas metaígneas (metassienogranitos, metamonzogranitos e metagranodioritos da Suíte São Romão) e rochas ígneas efusivas (andesitos e riódacitos do Grupo Colíder), todas de idade paleoproterozoica; rochas sedimentares de cobertura plataformar (arenitos arcozeanos e conglomerados do Grupo Palmeiral) e rochas ígneas intrusivas (monzogranitos e sienogranitos dos Granitos Rondonienses e da Suíte Serra da Providência), com idade meso- a neoproterozoica; rochas sedimentares um pouco mais novas, de idade siluro-devoniana (arenitos do Grupo Alto Tapajós). A grande diversidade litológica reflete-se na paisagem pela expressiva ocorrência de feições de relevo residuais, muitas associadas a afloramentos de rochas graníticas ou riódacitos do Grupo Colíder.

Destaca-se, nas superfícies aplainadas, o desenvolvimento de espesso manto de intemperismo, com a presença de crostas e concreções lateríticas que podem atingir dezenas de metros de profundidade (MARMOS et al., 2001) (Figura 3.14). Sobre essas formações superficiais desenvolvem-se solos pobres e espessos, bem drenados, ocupados por Mata de Terra Firme. Predominam Argissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos, ocorrendo, também, de forma muito restrita, Neossolos Litólicos associados a relevos residuais em litologias muito resistentes ao intemperismo (IBGE, 2001).

Vale ressaltar a ocorrência de Plintossolos Háplicos distróficos e Neossolos Quartzarênicos hidromórficos, situados em uma ampla região plana e baixa, denominada “Campos



**Figura 3.14** - Espesso perfil laterítico desenvolvido sobre superfícies aplainadas do sul da Amazônia, denotando longa e intensa atuação dos processos de intemperismo e pedogênese (Apuí, AM).

do Tenharim". Trata-se de uma situação geológica peculiar, onde se aliam condições de solos muito pobres, arenosos e imperfeitamente drenados, embasados pelos arenitos da Formação Palmeiral, com relevo plano e clima equatorial úmido, mas com um curto período de chuvas reduzidas (estiagem em torno de três meses). Nesse ambiente específico, a floresta cede espaço à vegetação graminosa e savânica, similar a um campo-cerrado. Tal situação se assemelha aos decantados campos de Humaitá-Puciari descritos por Ab'Saber (1977).

Os terrenos assentados nas Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia estão, em parte, ocupados pelo avanço da fronteira agrícola do estado, em especial na faixa de domínio da Rodovia Transamazônica, entre as cidades de Humaitá e Apuí. Apesar de a Floresta Amazônica ainda estar intacta na maior parte desse domínio, a região citada é uma das mais promissoras para a expansão das atividades agropecuárias no estado do Amazonas.



**Figura 3.15** - Imagem tratada de modelo digital de terreno exibindo nítidas feições anelares de uma antiga estrutura dômica, posteriormente arrasada por processos de erosão e aplainamento (domo do Sucunduri, extremo sudeste do estado do Amazonas).

## Planaltos Dissecados do Sul da Amazônia

Os Planaltos Dissecados do Sul da Amazônia (segundo a denominação de Melo et al., 1977) exibem um diversificado conjunto de padrões de relevo, composto de baixos platôs, colinas dissecadas e morros em distintos arranjos estruturais (R2b1, R4a2, R2b3 e R4b), apresentando vertentes declivosas, com média densidade de drenagem. Esse conjunto de formas de relevo demonstra profunda dissecação e arrasamento de um planalto intensamente erodido em meio às vastas superfícies aplainadas do Escudo Sul-Amazônico. Domina o cenário geomorfológico do sudeste do estado do Amazonas e pode ser subdividido em três unidades contíguas: Planalto de Apuí, Domo de Sucunduri (MARMOS et al., 2001) e Planalto do Interflúvio Sucunduri-Tapajós (Figura 3.15).

Assim como seus congêneres do norte da Amazônia, esses baixos planaltos dissecados apresentam relevo movimentado de cotas modestas (entre 200 e 400 m), porém mais elevadas que as superfícies aplainadas e áreas de tabuleiros adjacentes. Esse domínio geomorfológico abrange, portanto, terrenos dissecados do Escudo Sul-Amazônico, constituídos por embasamento ígneo-metamórfico cratônico e capeamento sedimentar de idade paleoproterozoica a paleozoica.

O Planalto de Apuí, descrito inicialmente por Marmos et al. (2001), está embasado principalmente por arenitos da bacia siluro-devoniana Alto Tapajós. Também afloram, nesse planalto, os andesitos e riodacitos do Grupo Colíder, de idade paleoproterozoica. A paisagem é dominada por um cenário de baixos platôs, colinas dissecadas e morros, com predomínio de solos pobres e espessos, predominantemente Latossolos e Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos, com ocorrências subordinadas de Neossolos

Litólicos, Cambissolos, Neossolos Quartzarênicos e Plintossolos Pétricos (IBGE, 2001).

O Domo de Sucunduri, por sua vez, aflora no extremo sudeste do estado do Amazonas e compreende uma espetacular estrutura dômica decepada de dezenas de quilômetros de diâmetro, arrasada por processos de erosão e aplainamento. Destacam-se, na topografia, extensos arcos de cristas anelares, com padrão de drenagem radial ou anelar, denunciando a estruturação de um amplo terreno arqueado e erodido, na forma de um braquianticlinal. Nesse contexto, afloram, na porção externa do domo, em forma de cristas concêntricas, os arenitos siluro-devonianos do Grupo Alto Tapajós; no interior do domo erodido, afloram, além dos citados arenitos, os andesitos e riodacitos do Grupo Colíder; por fim, na porção central do domo arrasado, afloram pequenos plútons de rochas alcalinas (corpos de quartzossienito – Alcalinas Canamã), de idade mesoproterozoica. Nesse caso, a intrusão dos plútons alcalinos promoveu o arqueamento da superfície e a gênese do Domo de Sucunduri (MARMOS et al., 2001). A dissecação diferencial desses terrenos, controlados por condicionantes estruturais, produziu um relevo movimentado, com predomínio de morros, cristas, esparsos platôs e rebordos erosivos, onde ocorrem preferencialmente Argissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos. Já nas cristas anelares, predominam Neossolos Litólicos (IBGE, 2001).

O interflúvio Sucunduri-Tapajós está na divisa meridional entre os estados do Amazonas e Pará e consiste de um baixo divisor com cotas modestas (entre 150 e 250 m), ligeiramente mais elevadas que as superfícies aplainadas esculpidas nas bacias dos rios Madeira e Tapajós. Seu relevo é representado por colinas dissecadas e morros baixos e

está embasado por rochas metamórficas (xistos da Unidade Jacareacanga), rochas ígneas intrusivas (monzogranitos, sienogranitos e granodioritos da Suíte Parauari), e rochas ígneas efusivas (dacitos e riolitos da Formação Salustiano), todas de idade paleoproterozoica. Também predominam solos pobres e espessos: Latossolos e Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos (IBGE, 2001).

Os terrenos assentados nos Planaltos Dissecados do Sul da Amazônia estão, em parte, ocupados pelo avanço da fronteira agrícola, em especial na faixa de domínio da Rodovia Transamazônica, entre as localidades de Apuí, Sucunduri e Jacareacanga, essa última no Pará. Todavia, grande parte desse domínio geomorfológico ainda mantém a Floresta Amazônica preservada.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. 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. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas**, São Paulo, n. 3, p. 1-18, 1977.
- AB'SABER, A. N. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. **Orientação**, São Paulo, n. 3, p. 45-48, 1969.
- AB'SABER, A. N. Problemas geomorfológicos da Amazônia brasileira. In: SIMPÓSIO SOBRE BIOTA AMAZÔNICA, 1., 1967, Rio de Janeiro. **Atas...** Rio de Janeiro: CNPq, 1967. p. 35-68.
- BEMERGUY, R. L. et al. Structural geomorphology of the Brazilian Amazon region. In: KLEIN, E. L.; VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T. (Orgs.). **Contribuições à geologia da Amazônia**. Belém: SBG/NO, 2002. p. 245-257.
- 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. (Eds.). **Amazonia**. Oxford, UK: Pergamon Press, 1985. p. 49-71.
- 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.
- BÜDEL, J. **Climatic geomorphology**. Princeton: Princeton University Press, 1982. 443 p.
- COSTA, J. B. S. Tectonics and paleogeography along the Amazon river. **Journal of South American Earth Sciences**, [Holanda], 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.
- FRANCO, E. M. S.; DEL'ARCO, J. O.; RIVETTI, M. Geomorfologia da folha NA.20 (Boa Vista) e parte das folhas NA.21 (Tumucumaque), NB.20 (Roraima) e NB.21. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. **Projeto RadamBrasil**: levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro: DNPM, 1975. p. 139-180. v. 8.
- HORBE, A. M. C.; HORBE, M. A. Linhas de pedra na região nordeste do Amazonas. In: HORBE, A. M. C.; SOUZA, V. S. (Orgs.). **Contribuições à geologia da Amazônia**. Manaus: UFAM, 2005. p. 221-229.
- HORBE, A. M. C.; HORBE, M. A.; SUGUIO, K. Contribuição ao estudo dos depósitos de areias brancas no nordeste do Amazonas. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 33, n. 1, p. 41-50, 2003.
- HORBE, A. M. C. et al. 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. (Orgs.). **Contribuições à geologia da Amazônia**. Belém: FINEP-SBG/NO, 1997. v. 2. cap.5. p. 145-176.
- IBGE. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE/ EMBRAPA. 2001. 1 mapa colorido, 107x100cm na escala 1: 5.000.000.
- IBGE. **Mapa geomorfológico do Brasil**: escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 1995.
- IGREJA, H. L. S.; FRANZINELLI, E. Estudos neotectônicos na região do baixo rio Negro, centro-nordeste do estado do Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. **Anais...** Natal/RN: SBG/NE, 1990. p. 2099-2108.
- KING, L. C. A geomorfologia do Brasil oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 147-266, 1956.
- LATRUBESSE, E.; FRANZINELLI, E. The holocene alluvial plain of the middle Amazon river, Brazil. **Geomorphology**, [Holanda], n. 44, p. 241-257, 2002.
- LATRUBESSE, E. M.; RANZI, A. Neotectonic influence on tropical rivers of southwestern Amazon during the late quaternary: the Moa and Ipixuna river basins, Brazil. **Quaternary International**, [Holanda], v. 72, n. 1, p. 67-72, 2000.

MARMOS, J. L.; NAVA, D. B.; DANTAS, M. E. Aspectos geomorfológicos nos estudos de vulnerabilidade à erosão na porção sul-sudeste do estado do Amazonas, bacia do rio Madeira. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 7., 2001, Belém. **Anais...** Belém: SBG, 2001. p. 35-38. CD-ROM.

MARQUES, V. J. et al. **Zoneamento ecológico-conômico da região fronteira Brasil-Peru**. Brasília: CPRM, 2001.

MAURO, C. A.; NUNES, B. T. A.; FRANCO, M. S. M. Geomorfologia da folha SB.20 (Purus). In: DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. **Projeto RADAM-BRASIL**: levantamento dos recursos naturais. Rio de Janeiro: DNPM, 1978. p. 129-216.

MELO, D. P.; COSTA, R. C. R.; NATALI-FILHO, T. Geomorfologia da folha SC.20 (Porto Velho). In: **Projeto RADAM-BRASIL**. Levantamento dos Recursos Naturais, 16. Rio de Janeiro: DNPM, 1977. p. 187-254.

NASCIMENTO, D. A.; MAURO, C. A.; GARCIA, M. G. L. Geomorfologia da folha SA.21 (Santarém). In: DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. **Projeto RADAMBRASIL**: levantamento dos recursos naturais, Rio de Janeiro: DNPM, 1976. v. 10. p. 131-181.

RÄSÄNEN, M.; SALO, J.; KALLIOLA, R. J. Fluvial perturbation in the western Amazonian basin: regulation by long-term sub-andean tectonics. **Science**, [Washington], n. 238, p. 1398-1401, 1987.

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

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

SIOLI, H. Valores de pH de águas amazônicas. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi**. [Belém], n. 1, p. 1-35, 1957.

STERNBERG, H. O. Sismicidade e morfologia na Amazônia brasileira. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 25, n. 4, 1953. p. 442-454.

STERNBERG, H. O. Vales tectônicos na planície amazônica. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 513-534, 1950.

THOMAS, M. F. **Geomorphology in the tropics**. New Jersey: John Wiley & Sons, 1994. 460 p.

# 4

## RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

Daniel de Oliveira (*daniel.oliveira@cprm.gov.br*)

Nailde Martins Andrade (*nailde.andrade@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Introdução .....	47
Caracterização .....	47
Rede de monitoramento hidrológico .....	48
Dados da rede de monitoramento hidrológico .....	49
Pluviometria .....	49
Fluviometria .....	50
Estações telemétricas .....	53
Medição líquida .....	53
Medição sólida .....	54
Medição de qualidade da água .....	55
Levantamento de seção transversal .....	55
Referências .....	57



## INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentada a sistemática dos procedimentos adotados no monitoramento hidrológico no Estado do Amazonas e os resultados dos estudos obtidos com base nas informações hidrológicas colhidas junto aos observadores hidrológicos e nos trabalhos realizados por Engenheiros Hidrólogos, Técnicos e Pesquisadores em Geociências da CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Tais informações são inseridas em bancos de dados e formam séries históricas (níveis de água dos rios, índices de precipitação pluviométrica, medições de vazão líquida, medições de qualidade da água, medições sólidas e perfis transversais) de cerca de 40 anos, abrangendo, atualmente, um conjunto de 187 estações hidrometeorológicas no estado do Amazonas, que constituem parte da rede hidrometeorológica básica nacional.

A sustentabilidade hídrica, o acesso universal à água, a mitigação dos efeitos antrópicos e a proteção das áreas que ainda não sofreram alterações são metas a serem alcançadas e, para tanto, o monitoramento hidrológico torna-se ferramenta imprescindível, de forma a diagnosticar a sazonalidade, os regimes dos rios e os regimes pluviométricos nas diversas bacias hidrográficas, além de prover informações relativas ao ciclo hidrológico de cada região.

Os estudos hidrológicos, fundamentados nas séries históricas dos dados colhidos no campo, possibilitam a realização de trabalhos que visam ao gerenciamento dos processos de tomada de decisão por parte dos governantes e da população em geral, bem como ações mitigadoras de impactos causados por fenômenos naturais e antrópicos.

## CARACTERIZAÇÃO

O estado do Amazonas é o maior do Brasil, com uma superfície de 1.570.746 km<sup>2</sup>, que corresponde a 18% do território nacional. Na região encontra-se um dos oito ecossistemas brasileiros, a Floresta Amazônica, também conhecida como Hiléia, a maior floresta tropical do mundo, com 5.500.000 km<sup>2</sup>, dos quais 60% em território nacional (IBGE, 2010a). O clima no Amazonas é o equatorial (quente e úmido), com umidade relativa do ar variando de 76 a 89% e temperaturas médias de 22,0 a 31,7 °C, possuindo duas estações bem definidas – o inverno (período das chuvas) e o verão (seca ou período menos chuvoso).

O estado está inserido na Bacia Hidrográfica Amazônica, a maior bacia do mundo, com uma área de drenagem superior a 6.000.000 km<sup>2</sup>. É banhado pelo maior rio do mundo, o Amazonas, que recebe várias denominações desde suas nascentes, na Cordilheira dos Andes (5.000 m de altitude, no Peru), até adentrar ao Brasil, no município de Tabatinga (AM), quan-

do passa a ser denominado rio Solimões, até o município de Manaus, local onde, ao se unir ao rio Negro, forma o rio Amazonas, que desemboca no oceano Atlântico, no estado do Pará.

Devido a sua ampla extensão, o rio Amazonas é influenciado pelas variações de precipitações dos hemisférios Norte e Sul, sendo por isso conhecido pelo regime fluvial de duas cheias, fato que ajuda a tornar a Bacia Amazônica a maior do mundo, com uma área de drenagem, em território nacional, correspondente a 64% da bacia como um todo, em uma extensão que representa cerca de 40% da superfície brasileira (ANEEL, 1997). De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2009), a contribuição média da bacia hidrográfica do rio Amazonas, em território brasileiro, é da ordem de 133.000 m<sup>3</sup>/s. Em função dos critérios hidrológicos, segundo Molinier et al. (1994), a bacia do rio Solimões representa 36% da área total da Bacia Amazônica continental, seguida pelas bacias dos rios Madeira, com 23% e do rio Negro, com 11% da superfície total.

Nessa vasta bacia hidrográfica, os principais cursos d'água (Figura 4.1) são rios transfronteiriços, ou seja, compartilhados por mais de uma nação, tais como: Solimões, Purus, Juruá e Javari (cujas nascentes estão no Peru), Negro e Japurá (nascentes na Colômbia) e Madeira (nascente na Bolívia). Em território brasileiro, os cursos d'água que banham mais de um estado são considerados rios federais, como os rios Purus (Acre e Amazonas) e Madeira (Rondônia e Amazonas).

O rio Amazonas apresenta um dos menores declives do mundo, sendo que em seu trecho de planície, no curso inferior, a declividade média atinge 2 cm/km, o que origina

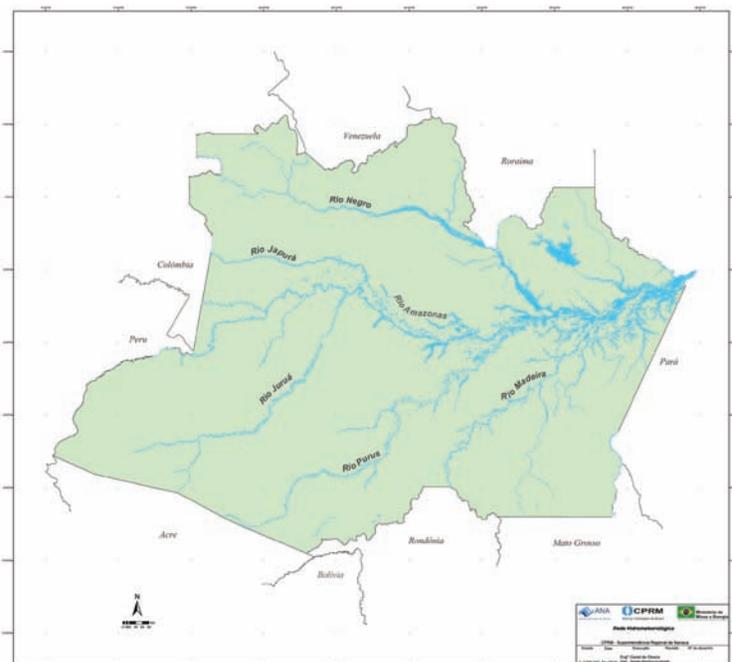


Figura 4.1- Mapa dos principais cursos d'água do estado do Amazonas.  
Fonte: CPRM (2010).

um padrão de drenagem meândrico, com lagoas marginais e campos de inundação alimentados pelo extravasamento dos rios no período das cheias (CARVALHO e CUNHA, 1998). Pela mesma razão, o escoamento das águas fluviais e a propagação das cheias ocorrem lentamente.

## REDE DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO

Na década de 1970, em uma parceria do então Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) com o setor de recursos hídricos do United States Geological Survey (USGS), o serviço geológico norte-americano, foi implantado no Brasil o Sistema de Informações Hidrológicas (SIH). Em busca da ampliação da rede nacional de hidrometeorologia, após a implantação do SIH, foi criado o Projeto Hidrologia, quando o território brasileiro foi dividido em oito bacias hidrográficas, cada uma delas subdivididas em 10 sub-bacias. A rede hidrometeorológica do estado do Amazonas foi iniciada nesse período, estando seus cursos d'água inseridos na bacia 1 (Bacia Amazônica), com sete sub-bacias (10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16). Os trabalhos de operação e manutenção dessa rede foram iniciados pela CPRM/Superintendência Regional de Manaus, por meio de

contrato de prestação de serviços para o extinto DNAEE, que passou posteriormente para a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e, atualmente, para a Agência Nacional de Águas (ANA).

Na área de abrangência estadual, os dados de pluviometria (chuvas), fluviometria (nível dos rios) e evaporimetria (evaporação) são coletados *in loco*, junto aos observadores hidrológicos contratados, bem como com auxílio de aparelhos telemétricos (por satélite). Os dados de medição de descarga líquida (vazão), sólida (sedimentos) e qualidade da água são obtidos *in loco* pelos técnicos e pesquisadores em Geociências da CPRM/SGB, em campanhas trimestrais realizadas nas estações hidrometeorológicas, seguindo os critérios definidos pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

Atualmente, esse conjunto de estações que definem a rede básica de monitoramento hidrológico no estado do Amazonas conta com 187 unidades (Figura 4.2), que são operadas quatro vezes ao ano, divididas em 17 roteiros (áreas determinadas em função da logística – fluvial, terrestre e aérea). Destes, 12 são subempreitados diretamente pela ANA a uma empresa de prestação de serviços de hidrometria; os demais são operados pela CPRM/Superintendência Regional de Manaus (Tabela 4.1).

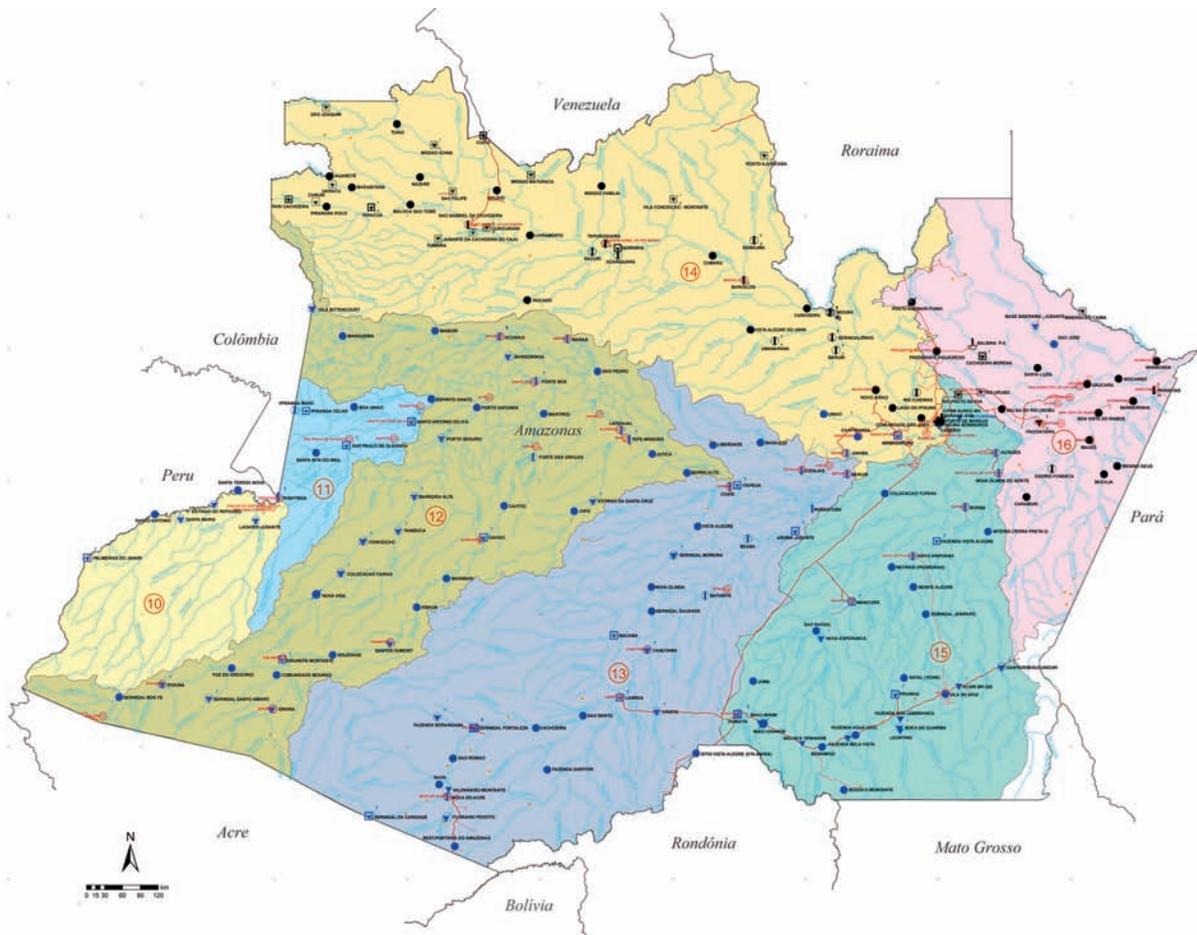


Figura 4.2 - Mapa da rede hidrometeorológica do estado do Amazonas. Fonte: CPRM (2010).

**Tabela 4.1** - Dados do monitoramento hidrológico no estado do Amazonas.  
Fonte: CPRM (2009); ANA (2009).

Total de Estações	Estações Pluviométricas	Estações Fluviométricas	Estações Telemétricas	Medição Descarga Líquida/Ano	Medição Descarga Sólida/Ano	Medição Qualidade da Água/Ano
187	159	107	63	288	184	116

### Dados da Rede de Monitoramento Hidrológico

O levantamento das informações hidrometeorológicas, com a formação de longas séries históricas de dados básicos possibilitam a realização de estudos visando ao gerenciamento adequado dos recursos hídricos. O Brasil possui aproximadamente 12% da água doce superficial do mundo, enquanto a disponibilidade hídrica de superfície da Amazônia brasileira representa cerca de 74% da disponibilidade hídrica de superfície do Brasil.

No estado do Amazonas, essa disponibilidade ocorre principalmente devido aos afluentes da margem direita do sistema Solimões-Amazonas, no caso os rios Javari, Jutai, Juruá, Purus e Madeira, que, juntos, apresentam uma vazão média de 58.205 m<sup>3</sup>/s (Tabela 4.2).

**Tabela 4.2** - Resultados do monitoramento hidrológico no estado do Amazonas. Fonte: BRASIL (1994).

Cursos d'Água	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Precipitação (mm/ano)	Vazão Média	
			m <sup>3</sup> /s	l/s/km <sup>2</sup>
Javari	105.700	2.400	4.545	43,0
Jutai	77.280	2.781	3020	39,1
Juruá	185.000	2.452	8440	45,6
Içá	143.760	3.160	8.800	61,2
Japurá	248.000	3.000	18.620	75,1
Purus	370.000	2.336	11.000	29,7
Negro	686.810	2.566	28.400	40,8
Solimões*	2.147.740	2.880	103.000	48,0
Madeira	1.420.000	1.940	31.200	22,0

\*Rio Solimões em Manacapuru/AM.

A vazão específica na Amazônia brasileira apresenta valores superiores a 30 l/s/km<sup>2</sup>, enquanto a média brasileira é de 20,9 l/s/km<sup>2</sup> (Figura 4.3).

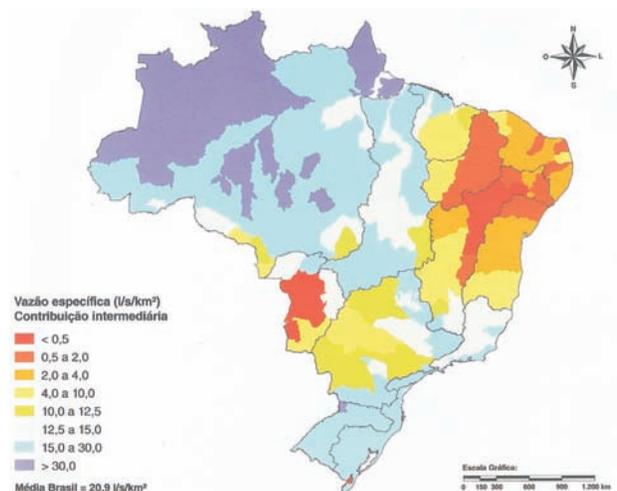
### Pluviometria

As estações pluviométricas servem para medir a quantidade de chuva em uma região, a qual pode ser obtida por meio de equipamentos como o pluviômetro (Figura 4.4) ou o pluviógrafo. No caso do primeiro aparelho, há necessidade de um observador hidrológico (morador da localidade), que é instruído para proceder às leituras diariamente, às 7

horas, com auxílio de uma proveta graduada em milímetro de altura de chuva, onde 1 mm corresponde a 1 litro/m<sup>2</sup>.

No caso do pluviógrafo, também há necessidade do observador hidrológico para a substituição do papel (diagrama) que registra os dados. Cada pluviógrafo dispõe de um relógio interno, que, com uma pena porosa (tinta) apropriada, registra as leituras em um diagrama, permitindo medir a intensidade das chuvas em períodos (horários), diferentemente do pluviômetro, onde as leituras são diárias.

No estado do Amazonas, o total de 159 estações pluviométricas existentes está abaixo do padrão definido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), que é de uma estação para cada 3.000 km<sup>2</sup> (densidade mínima)



**Figura 4.3** - Distribuição espacial das vazões específicas no Brasil. Fonte: ANA (2009).



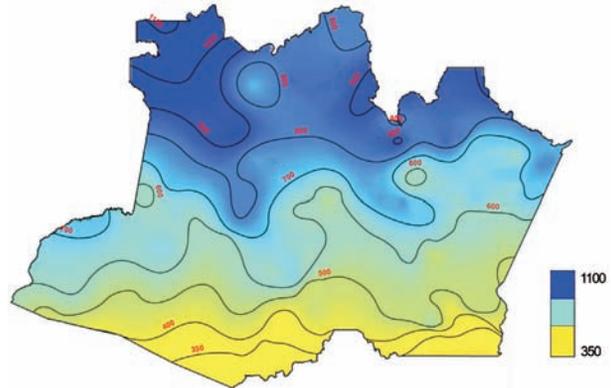
**Figura 4.4** - Pluviômetro da estação Carvoeiro, no rio Negro (Barcelos, AM). Fonte: CPRM (2009).

em regiões com condições adversas. Embora haja necessidade de adensamento da rede pluviométrica, os dados atualmente disponíveis (Figuras 4.5 e 4.6) já permitem decisões apropriadas em diversos setores: na saúde pública, onde é possível dimensionar, por áreas (localidades), os trabalhos contra as pragas (por exemplo, mosquitos transmissores de malária ou dengue), tendo em vista que a proliferação dos pernilongos ocorre em épocas chuvosas; na agricultura, com o planejamento de culturas mais apropriadas para cada região, definindo épocas e locais ideais para plantio em função da quantidade/intensidade média de chuva em uma determinada área; na construção civil, com o planejamento de obras hidráulicas de forma a prever o dimensionamento de tubulações para o adequado escoamento das precipitações, bem como a realização de trabalhos visando a evitar alagações, como a limpeza das tubulações em períodos menos chuvosos.

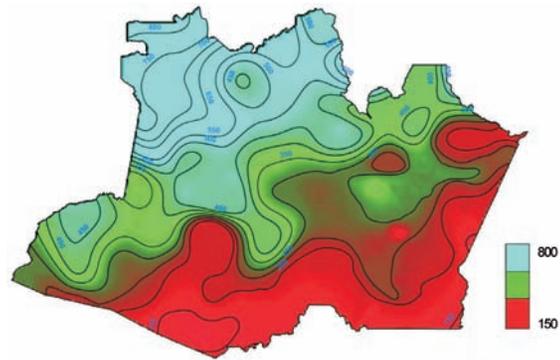
No estado do Amazonas, os índices pluviométricos são elevados e variam de aproximadamente 1.700 a 3.200 mm (Figura 4.7). Os locais de maior precipitação no estado se situam na bacia do rio Negro, na região denominada “Cabeça do Cachorro”, no município de São Gabriel da Cachoeira, onde as precipitações podem alcançar valores superiores a 3.200 mm/ano.

### Fluviometria

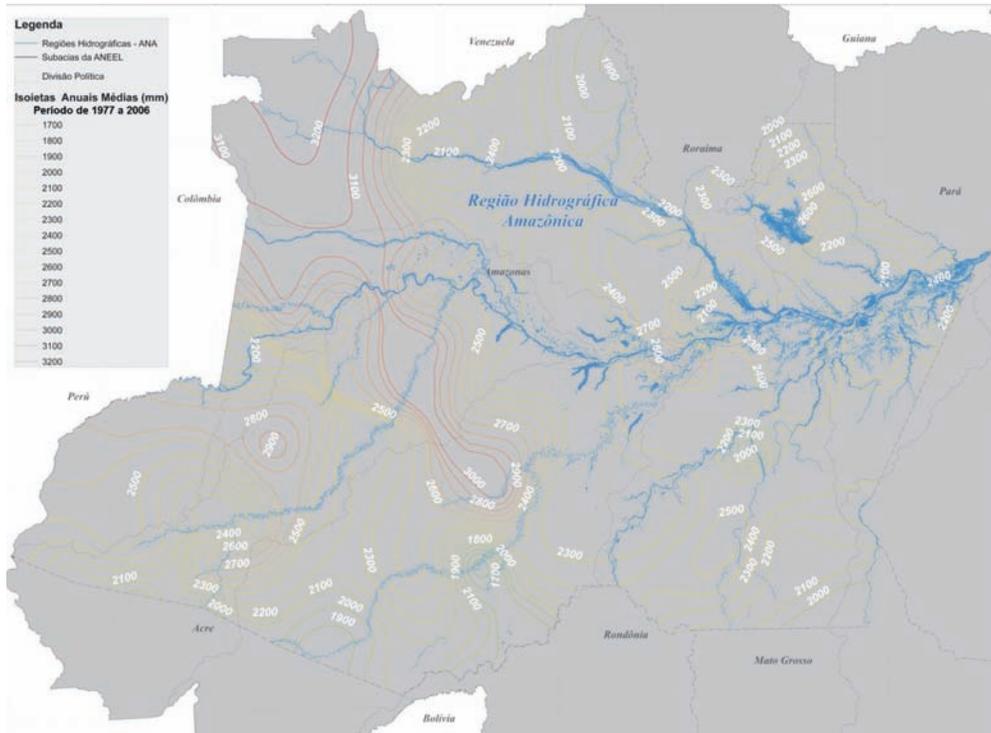
Nas estações pluviométricas, que medem a variação sazonal do nível das águas fluviais, os dados são colhidos



**Figura 4.5** - Isoietas trimestrais (abril, maio e junho) no Amazonas. Fonte: Atlas Pluviométrico do Brasil 1977 a 2006 (CPRM, 2009).



**Figura 4.6** - Isoietas trimestrais (julho, agosto e setembro) no Amazonas. Fonte: Atlas Pluviométrico do Brasil 1977 a 2006 (CPRM, 2009).



**Figura 4.7** - Isoietas médias anuais para o estado do Amazonas. Fonte: Atlas Pluviométrico do Brasil 1977 a 2006 (CPRM, 2009).

com auxílio das réguas fluviométricas instaladas nas margens dos rios (Figura 4.8). Nesse caso, há necessidade de observadores hidrológicos para realizar as leituras diariamente nas réguas, às 7 e às 17 horas. Para evitar desnivelamentos nessas réguas, elas são fixadas verticalmente e niveladas de acordo com referências de nível estabelecidas, cabendo aos técnicos da CPRM/SGB, na visita trimestral realizada à estação, confirmar e/ou corrigir o nivelamento com auxílio de uma mira e de um nível topográfico. Cabe ressaltar que, na Região Amazônica, há referências de nível arbitrárias, ou seja, não são referenciadas com o nível do mar.

A OMM recomenda a instalação de pelo menos uma estação fluviométrica para cada 10.000 km<sup>2</sup> de área territorial, de forma a se atingir um nível de cobertura satisfatório. No estado do Amazonas há 107 estações, uma para cada 14.680 km<sup>2</sup>, ou seja, um índice abaixo dos padrões, carecendo a atual rede fluviométrica de ampliação no número de estações.

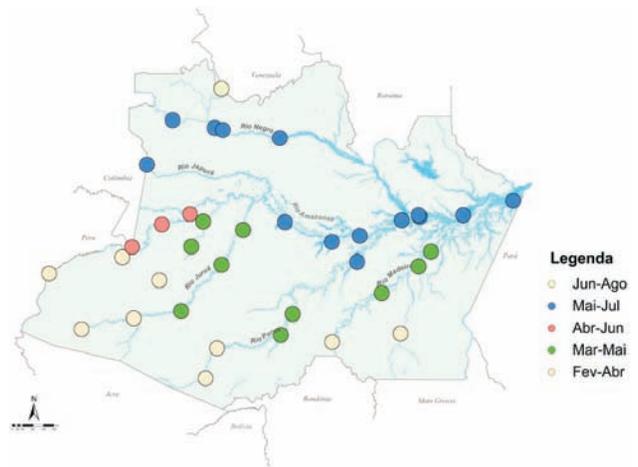
A obtenção de dados fluviométricos visa a vários aspectos, tais como: conhecimento das vazões sazonais dos rios, de forma a atender às demandas de abastecimento e/ou despejos urbanos e/ou conflitos pelo uso da água; potencial hídrico para construção de usinas hidrelétricas; a variação dos níveis dos rios em épocas de cheia e seca, de forma a avaliar se os rios são navegáveis e/ou saber se a elevação do nível das águas causará problemas aos moradores de áreas ribeirinhas (Figuras 4.9 e 4.10).

No final deste capítulo, são apresentados os cotogramas das cheias e vazantes máximas nos principais rios do estado do Amazonas, segundo CPRM/SGB.

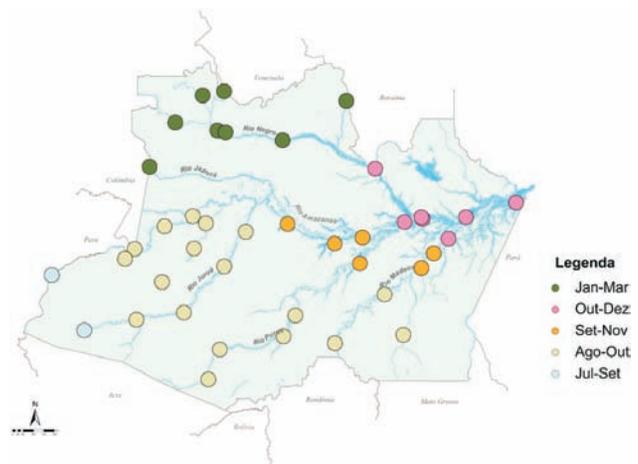
Um bom exemplo da utilidade do monitoramento fluviométrico é o alerta de cheias realizado anualmente para a cidade de Manaus, capital do estado do Amazonas, com mais de 1,5 milhão de habitantes. Desde 1989, a CPRM/SGB vem executando a previsão de cheias na cidade, com base na série histórica (dados de 1902 até a presente data) de dados de níveis d'água da estação situada no Porto de Manaus (rio Negro) e de dados obtidos no monitoramento (Figura 4.11) realizado em diversas estações localizadas em pontos estratégicos dos principais cursos d'água da bacia.



**Figura 4.8** - Seção de réguas da estação Tumbira, no rio Curicuriari (São Gabriel da Cachoeira, AM). Fonte: CPRM (2009).



**Figura 4.9** - Períodos de águas altas no Amazonas. Fonte: CPRM (2010).



**Figura 4.10** - Períodos de águas baixas no Amazonas. Fonte: CPRM (2010).

De posse das informações fluviométricas, é possível prever, com antecedência de 75, 45 e 15 dias, a amplitude da cheia que ocorrerá na cidade em meados de junho. Essas previsões proporcionam às secretarias de defesa civil da prefeitura e do estado elementos para promover ações mitigadoras junto à população residente nas áreas atingidas pela água quando a cota em Manaus ultrapassar 28,50 m. Tais ações podem culminar com a retirada dos moradores de suas residências quando o alerta de cheias indicar uma enchente de grandes proporções, como, por exemplo, a ocorrida em 2009 (máxima histórica), que atingiu 29,77 m (Figura 4.12).

### Estações Telemétricas

No estado do Amazonas, devido à grande dimensão territorial e à distribuição populacional muito rarefeita (aproximadamente 2,3 hab./km<sup>2</sup>), vários problemas são enfrentados para que se obtenha uma longa série de dados

hidrometeorológicos. A carência ou ausência de observadores hidrológicos em determinadas áreas e épocas do ano acarreta séries históricas com falhas e conseqüentes perdas significativas de informações.

Com o objetivo de evitar a falta de informação e/ou séries com falhas, procedeu-se à automatização das estações,

sendo implantadas estações telemétricas com plataforma de coleta de dados que se tornaram equipamentos de fundamental importância, pois funcionam com memorização de informações. Os dados se tornam disponíveis para transmissão à distância por meio dos vários dispositivos de comunicação, possibilitando a sua avaliação "instantânea" (ANEEL, 1997).

ESTAÇÕES ESTRATÉGICAS PARA MONITORAMENTO 2010

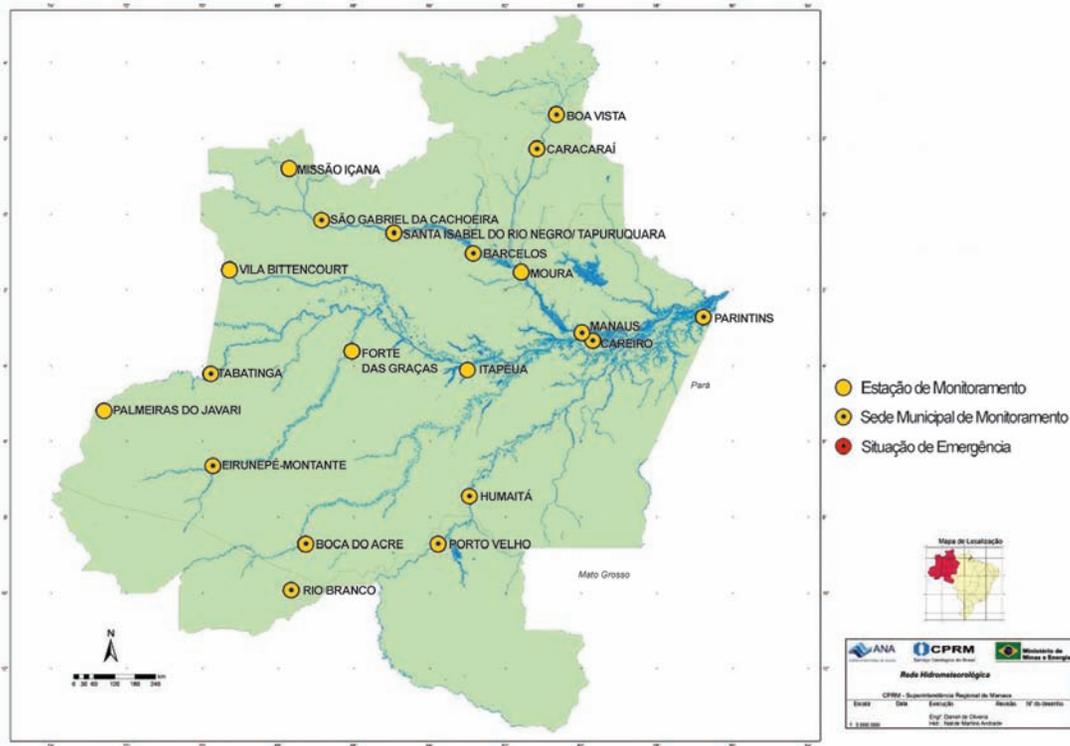


Figura 4.11- Mapa das estações estratégicas de monitoramento dos níveis d'água no estado do Amazonas (2010).



Figura 4.12 - Vista parcial da vazante do ano de 2005 e da cheia do ano de 2009 (máxima histórica) no Porto de Manaus (AM).

No estado do Amazonas existem 63 estações telemétricas instaladas (Figura 4.13), que fornecem informações dos níveis dos rios e índices pluviométricos, tornando ágil o processo de disponibilização dos dados para os segmentos interessados, já que estes são transmitidos via satélite para a central de recepção, quando, então, são consistidos e disponibilizados na rede mundial de computadores.



**Figura 4.13** - Estação telemétrica instalada no município de Parintins (AM). Fonte: CPRM (2009).

## Medição Líquida

A medição líquida (vazão dos rios) pode ser realizada por meio de equipamento tradicional, no caso o molinete, onde o processo é bastante desgastante e moroso, ou com o uso de nova tecnologia (Perfilador Acústico Doppler), moderno equipamento que permite ágeis medições de descarga líquida, em um processo simples e rápido. No estado do Amazonas são realizadas 288 medições líquidas por ano.

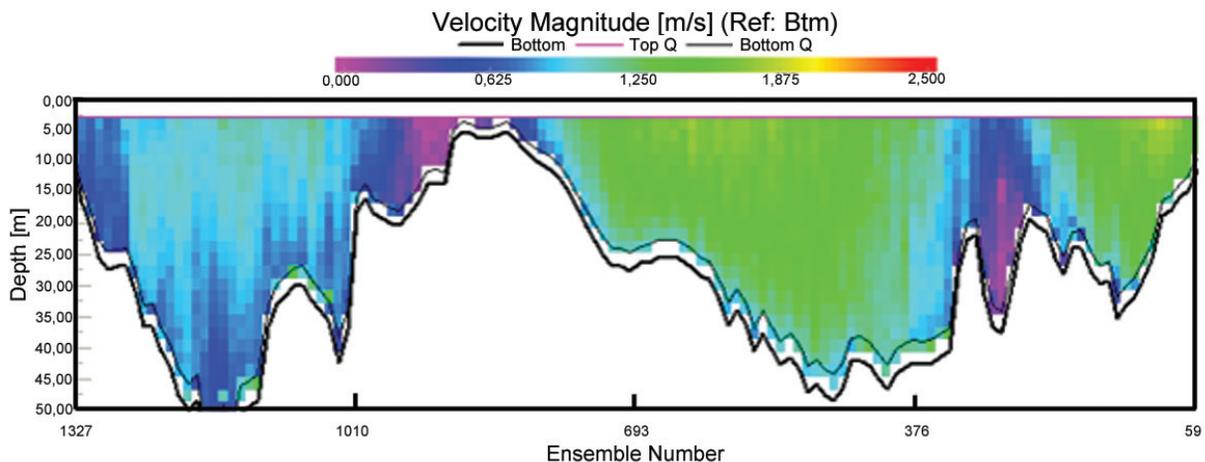
Nas medições com molinete, são escolhidos entre 6 e 20 perfis verticais na largura do rio e 4 a 8 pontos de

medições de velocidade por vertical, com tempo de medição em torno de 50 segundos (TUCCI, 1997); no caso da Amazônia, face às particularidades dos rios da região e após vários testes, concluiu-se que o trabalho realizado com uma média de 30 verticais, 2 pontos por vertical (a 20 e 80% da profundidade) e tempo médio de 40 segundos atingia resultados com desvios inferiores a 5% do processo convencional, adotando-se, então, esse critério para a realização da maioria das medições de descarga líquida com molinete. Tal processo é demorado e desgastante, já que o trabalho de ancoragem é manual.

No uso da tecnologia mais recente, o Perfilador Acústico Doppler, o processo é extremamente simples quando comparado aos métodos tradicionais. É um equipamento que transmite ondas sonoras através da água com frequência estabelecida (300 a 1.200 kHz) e recebe, por sensores, o retorno das ondas provocado pelas partículas existentes na água. Com o conhecimento da velocidade da corrente, da área e da profundidade da seção de medição, um programa computacional calcula a vazão total nessa seção (GUYOT et al., 1995) (Figura 4.14). Nos dois casos, com molinetes ou com o Perfilador Acústico Doppler, as medições possibilitam a obtenção de dados de vazão, velocidade, profundidade e largura dos rios.

Na tabela 4.3 apresenta-se a média das vazões calculadas com o uso do Perfilador Acústico Doppler (período 2007-2009) em algumas estações monitoradas pela CPRM/SGB no estado do Amazonas. Nota-se que a soma das vazões dos rios Negro (Estação Paricatuba, município de Iranduba), Madeira (foz do rio Madeira) e Solimões (município de Manacapuru) é 160.495 m<sup>3</sup>/s, valor muito próximo da vazão no rio Amazonas em Itacoatiara, que é da ordem de 161.847 m<sup>3</sup>/s.

Os dados de vazão permitem realizar estudos hidrológicos importantes, tais como: avaliação da disponibilidade hídrica de uma região (Tabela 4.4); gestão do uso dos recursos hídricos, evitando que uma área seja prejudicada



**Figura 4.14** - Medição de vazão por efeito Doppler no encontro das águas do rio Negro com o rio Solimões, nas proximidades de Manaus, em 01 de julho de 2009. Fonte: CPRM (2009).

por uma extração maior que a possível em uma região de montante em detrimento de uma região de jusante; potencial do aproveitamento hidroenergético, devido ao precário e/ou inexistente suprimento de energia elétrica em alguns pontos da região.

**Tabela 4.3** - Resultados médios das medições líquidas com perfilador acústico Doppler em alguns rios da bacia Amazônica no período de 2007 a 2009.

Locais	Rio	Vazão média (m³/s)
Estação Paricatuba	Negro	35.703
Foz do rio Madeira	Madeira	23.732
Manacapuru	Solimões	101.060
Itacoatiara	Amazonas	161.847

Fonte: CPRM (2009).

**Tabela 4.4** - Disponibilidade hídrica no Brasil.

Produção Hídrica	Área de Drenagem (km²)	Vazão Média de Longo Período (m³/s)	Vazão Específica de Longo Período (l/s/km²)
Bacia Amazônica total	6.112.000	209.000	34,2
Bacias brasileiras	8.512.000	182.170	21,4

Fonte: ANEEL (1997).

## Medição Sólida

As medições sólidas são realizadas para conhecer a quantidade de sedimentos em suspensão 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 (ANEEL, 1997).

No estado do Amazonas são realizadas, anualmente, 184 medições sólidas, também conhecidas como medições sedimentométricas, que coletam amostras de águas dos rios em recipiente removível alojado no corpo dos amostradores (Figura 4.15). As amostras assim coletadas são enviadas para o laboratório de sedimentometria, que determina a quantidade dos sedimentos em suspensão.

Segundo Carvalho e Cunha (1998), os fatores que influenciam o estoque de sedimentos nas águas do baixo curso do rio Amazonas estão associados às condições naturais e às atividades antrópicas desenvolvidas a montante. As características naturais que participam da erosão potencial, contribuindo para o volume da carga sólida, incluem a topografia, geologia, geomorfologia, solo e clima.

Após o trabalho precursor de Gibbs (1967), que atribuiu à erosão atuante na área da cordilheira dos Andes, cerca de 12% da área total da bacia hidrográfica, a carga de 82% dos sedimentos em suspensão encontrados no rio Amazonas, Meade (1985, 1994) e Meade et al. (1979), utilizando maior rede de pontos de coleta e diferentes profundidades, concluíram que os Andes peruanos (rio Solimões) e os Andes bolivianos (rio Madeira) são responsáveis por 90-95% dos sedimentos em suspensão na Bacia Amazônica. Carvalho e Cunha (1998) verificaram que os sedimentos não se distribuem de maneira uniforme, sendo mais concentrados nas proximidades do fundo dos rios que na superfície, inclusive a fração de silte, devido à contribuição dos tributários e à hidráulica do transporte desses sedimentos.

Com base na quantidade de sedimentos em suspensão, no grau de acidez de suas águas e no volume de matéria orgânica dissolvida, os rios da Amazônia podem ser divididos em três categorias: de águas brancas, pretas e claras. No estado do Amazonas, os afluentes com nascentes andinas transportam grandes quantidades de sedimentos e são conhecidos como rios de águas brancas ou barrentas (rios Solimões e Madeira). Tributários com grande volume de descarga líquida e reduzida carga de sedimentos em suspensão, como o rio Negro, com nascentes no Escudo das Guianas, onde as taxas de erosão são diminutas, são chamados de rios de águas pretas. No rio Negro, a concentração média anual de sedimentos em suspensão é de 21 mg/l na estação Cucuí e 12 mg/l no posto Serrinha, enquanto no rio Solimões é de 358 mg/l em São Paulo de Olivença (ELETROBRÁS/IPH, 1992).

## Medição de Qualidade da Água

A rede hidrometeorológica de qualidade da água do estado do Amazonas é composta por 29 estações que permitem a realização de 116 medições/ano, monitorando dados relativos aos parâmetros de pH, oxigênio dissolvido,



**Figura 4.15** - Amostrador de sedimentos em suspensão.  
Fonte: CPRM (2010).

condutividade elétrica e temperatura, que são medidos *in loco*. É um trabalho de fundamental importância, pois esses parâmetros, além de indicarem a viabilidade da vida aquática, permitem estimar o grau de poluição por matéria orgânica e o nível de autodepuração dos rios (ANEEL, 1997).

Tal monitoramento fornece subsídios para o gerenciamento nas tomadas de decisão quanto à contaminação dos corpos d'água, incluindo-se a questão dos garimpos no interior do estado e a poluição por esgotos, indústrias, fossas residenciais, etc., nos rios e igarapés que cortam zonas urbanas. Cabe destacar a importância de o Brasil realizar um monitoramento de qualidade das águas em áreas transfronteiriças, de modo a avaliar se as águas vindas de outros países estão contaminadas, principalmente nas regiões envolvidas com o narcotráfico, evitando que sua população seja prejudicada por problemas oriundos de águas internacionais.

Por meio de monitoramentos mais específicos de qualidade das águas, foi possível estabelecer as causas da diferença entre as cores escuras e claras existente nos rios da região (Figura 4.16). Segundo ANEEL (1997), a cor escura das águas do rio Negro decorre da forte dissolução de substâncias húmicas coloidais que provêm do manto de matéria orgânica em decomposição fornecida pela vegetação florestal que se desenvolve nas áreas inundáveis de suas margens, bem como dos espodossolos das campinas e campinaranas de suas cabeceiras.

Portanto, em termos qualitativos e em escala regional, as águas amazônicas podem ser divididas, de forma resumida, por sua coloração, tendo ainda alguns outros fatores associados, como as áreas-fonte, as características morfoestruturais e físico-químicas, como também algumas especificidades das áreas drenadas pelos grandes rios (Tabela 4.5).

Segundo Seyler e Boaventura (2003), em escala regional, os maiores rios da Bacia Amazônica estão livres de contaminações oriundas de fontes antrópicas, sejam domésticas, industriais ou agrícolas. Isso graças à considerável magnitude dos volumes de água do rio Amazonas e de seus maiores tributários, que proporciona grande poder de diluição dos eventuais contaminantes.



**Figura 4.16** - Vista parcial do encontro das águas escuras do rio Negro com as águas barrentas do rio Solimões. Fonte: CPRM (2009).

### Levantamento de Seção Transversal

Os levantamentos de seção permitem conhecer a seção transversal do curso d'água onde são realizadas as medições líquidas, que geralmente são feitas junto às réguas fluviométricas. Essas seções são definidas com estacas de madeira de ponto inicial e ponto final.

O conhecimento da seção transversal dos rios na Amazônia é fundamental para a navegação fluvial, tanto no escoamento da produção como no deslocamento humano, visto os rios serem as principais vias de transporte na região. Devido aos custos elevados, é difícil a construção de pontes como a que está sendo erguida sobre o rio Negro em Manaus, com mais de 3,5 km de comprimento, fazendo do transporte hidroviário o caminho mais viável para o desenvolvimento da região. Grande parte dos rios que banham o estado do Amazonas é navegável, como os rios Amazonas, Solimões, Negro, Madeira, Purus e Juruá, que se constituem em vias naturais de transporte (Tabela 4.6). Em relação ao rio Negro, cabe salientar que, devido à existência de corredeiras na cidade de São Gabriel da Cachoeira, não é possível a navegação em todo o seu curso – partindo de Manaus, o deslocamento é possível até a localidade de Camanaus, poucos quilômetros a jusante de São Gabriel da Cachoeira.

**Tabela 4.5** - Tipologia das águas amazônicas e algumas de suas características de diferenciação em estado natural.

Tipo de Água	Rio	Origem das Águas	pH	Carga de MES* (mg/l)
Branca	Solimões, Madeira, Juruá e Purus	Andina e subandina	6,5 a 7,0	>100
Clara	Xingu, Tapajós e Trombetas	Escudos	5,0 a 6,0	<100
Preta	Negro, Uatumã e Urubu	Escudos, em solos arenosos	4,0 a 5,5	<20

Fonte: Filizola (1999); Meade (1985); Schmidt (1972); Sioli (1967, 1975).

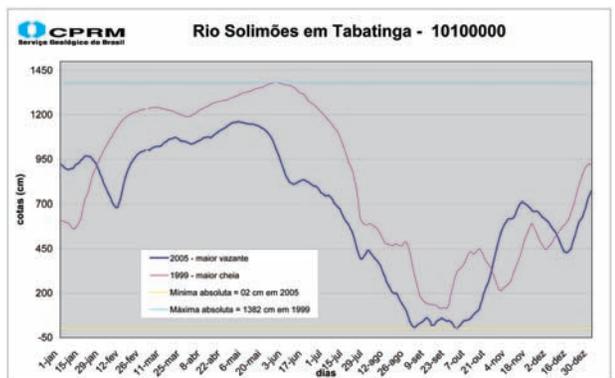
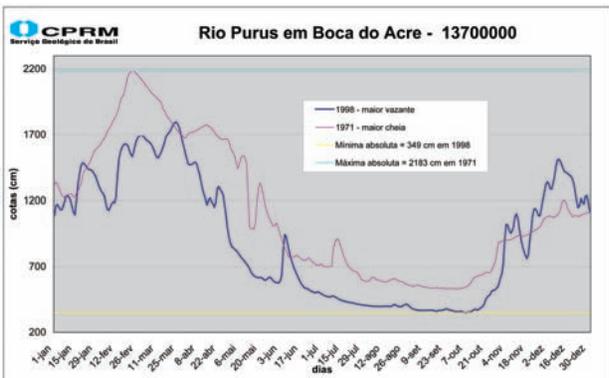
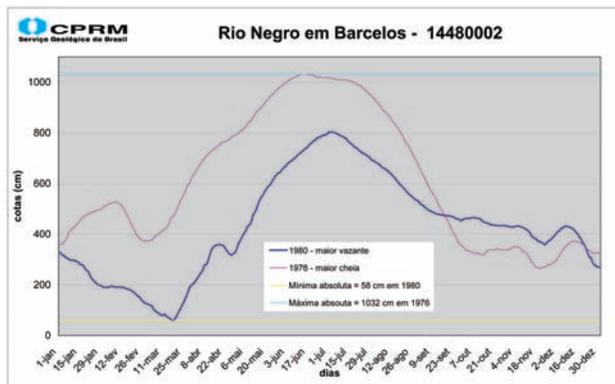
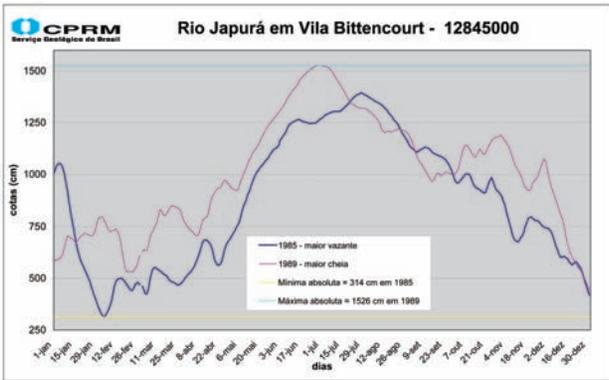
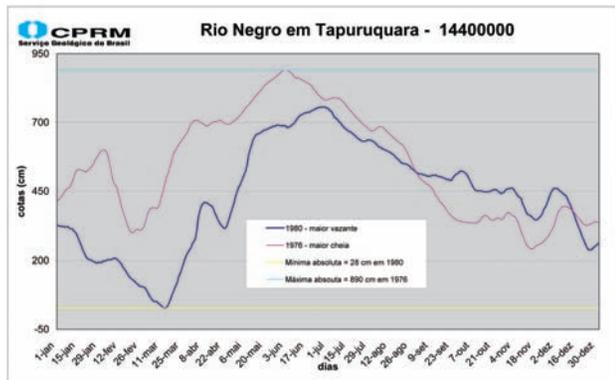
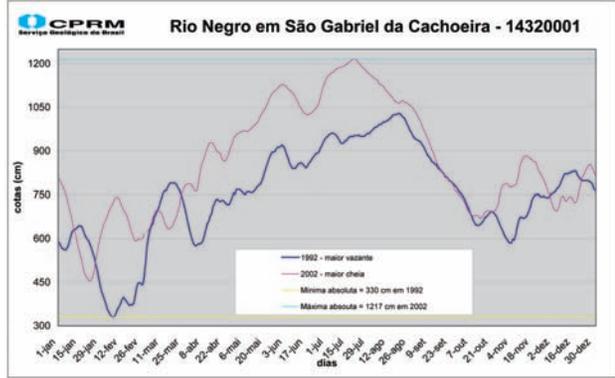
\*MES: Material em suspensão.

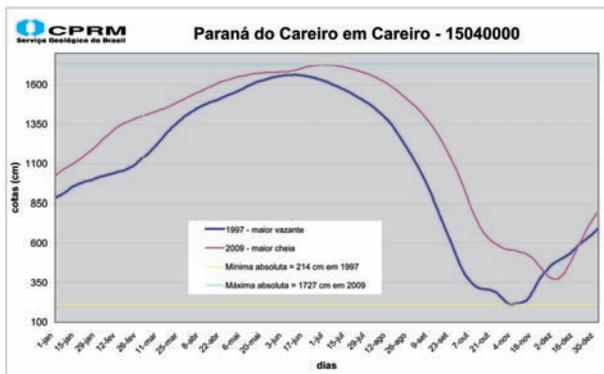
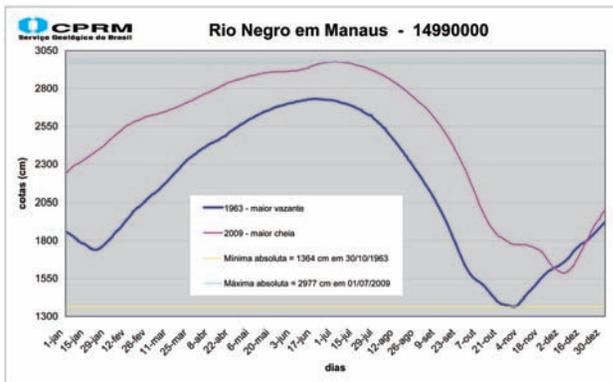
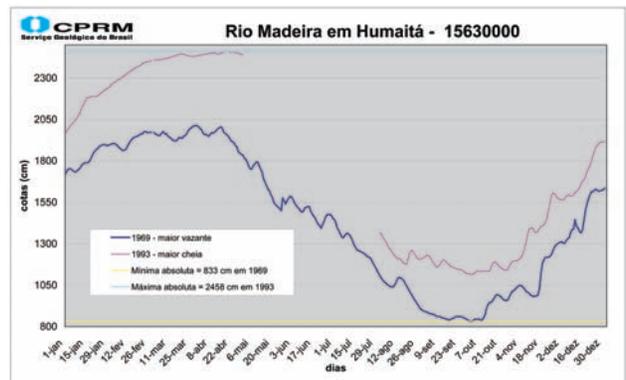
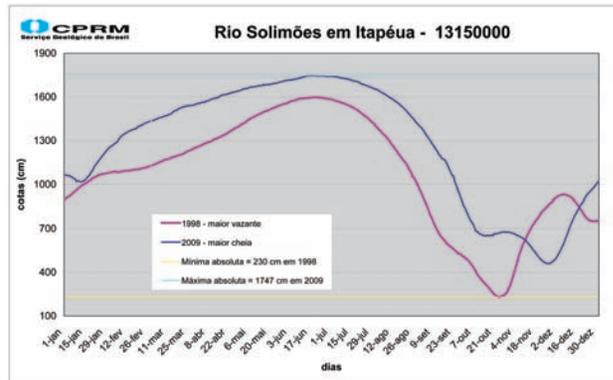
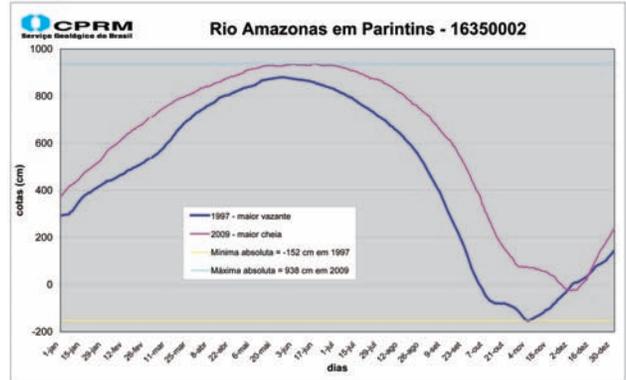
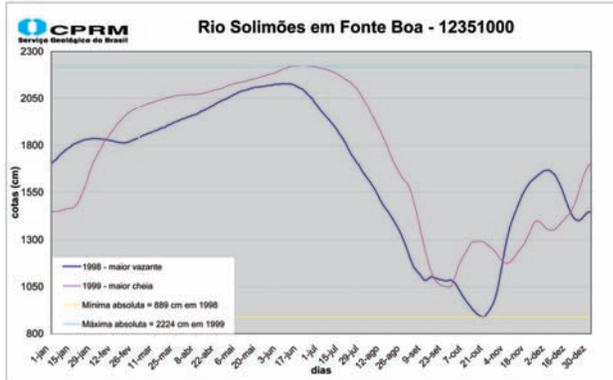
Tabela 4.6 - Principais rios navegáveis da bacia Amazônica.

Rio (Hidrovia)	Profundidade (m) (90%/ano)	Trajeto	Extensão (km)
Amazonas	> 2,10	Belém/Macapá-Tabatinga/AM	3108
Madeira	> 2,10	Foz (Rio Amazonas)-Porto Velho (RO)	1048
Negro	> 2,10	Foz (Rio Amazonas)-Camanaus/AM	1015
Juruá	> 2,10m	Foz (Rio Amazonas)-Eirunepé/AM	1650
Japurá	1,31 a 2,10	Foz (Rio Amazonas)-Vila Bitencourt/AM	748
Purus	0,80 a 1,30m	Foz (Rio Amazonas)-Boca do Acre/AM	2188
Juruá	0,80 a 1,30	Eirunepé-Cruzeiro do Sul/AC	814
Branco	0,80 a 1,30	Foz (Rio Negro)-Caracará/RR	420

Fonte: Brasil (1978).

COTAGRAMAS DAS CHEIAS E VAZANTES MÁXIMAS NOS PRINCIPAIS RIOS DO ESTADO DO AMAZONAS (SEGUNDO CPRM/SGB).





**REFERÊNCIAS**

ANA. Brasil. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2009. 203 p.

ANEEL. Brasil. **Série de estudos e informações hidro-lógicas e energéticas**: Águas. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 1997.

AGUIAR, A. **Gestão de recursos naturais**. Manaus: Instituto de Tecnologia da Amazônia, 1999. p. 1-15.

BRASIL. Ministério de Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Caderno da região hidrográfica amazônica**. Brasília: MMA, 2006. 124 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Mapa de disponibilidade hídrica do Brasil**. Brasília: MME/SNE/DNAEE/CGRH, 1994.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Mapa das isoietas médias anuais do Brasil**. Brasília: MME, 1993.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Rede hidroviária brasileira**. Brasília: Ministério dos Transportes, 1978.

CARVALHO, N. O.; CUNHA, S. B. Estimativa da carga sólida do rio Amazonas e seus principais tributários para

a foz e oceano: uma retrospectiva. **A Água Em Revista**, Belo Horizonte, ano VI, n. 10, p. 44-58, 1998.

CPRM. Monitoramento hidrológico. **Boletim nº 04/2010**, Manaus. Manaus: CPRM, 2010.

CPRM. **Alertas de cheia em Manaus em 2009**. Manaus: CPRM, 2009. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em: 18 fev. 2010.

ELETOBRÁS/IPH. Diagnóstico das condições sedimentológicas dos principais rios brasileiros. Eletrobrás Centrais Elétricas S.A./UFRGS/IPH, 1992. 99 p.

FILIZOLA, N. **O fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da bacia Amazônica brasileira**. Brasília: ANEEL, 1999, 63 p.

FILIZOLA, N. P. et al. **Relatório sobre o uso do ADCP no III curso internacional sobre técnicas de medição de descarga líquida em grandes rios**. Brasília: DNAEE, 1997. 9 p.

GIBBS, R. G. The geochemistry of the Amazon river system: part I. the factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspended solids. **Geological Society of America Bulletin**, [S. l.], v. 78, p. 1203-1232, 1967.

GUYOT J. L. et al. Medição de vazão com ADCP: primeiros resultados na bacia Amazônica. **A Água Em Revista**, Belo Horizonte, ano III, n. 4, p. 26-30, 1995.

IBGE. **Geografia do Brasil: Amazonas**. Síntese. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=am>>. Acesso em: 18 fev. 2010a.

IBGE. **Geografia do Brasil: Amazonas**. Hidrografia. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/mapas/imagens/am\\_rios\\_gde.gif](http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/mapas/imagens/am_rios_gde.gif). Acesso em: 23 fev. 2010b.

LEAL, M. S. **Gestão ambiental de recursos hídricos: princípios e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM, 1998. p. 1-21.

MAIA NETO, R. F. **Balanço das cheias de 1997**. Manaus: CPRM, 1997.

MAIA NETO, R. F.; LOPES, E. S. As cheias de Manaus. **A Água Em Revista**, Belo Horizonte, ano II, n. 2, p. 31-43, 1994.

MEADE, R. H. Suspended-sediment of the modern Amazon and Orinoco rivers. **Quaternary International**, [S. l.], v. 21, p. 29-39, 1994.

MEADE, R. H. **Suspended-sediment in the Amazon river and its tributaries in Brazil during 1982-84**. U.S. Geological Survey. **Open-File Report**, 85-492. Denver, Colorado, 1985.

MEADE, R. H. et al. Suspended-sediment and velocity data: Amazon river and its tributaries, June-July 1976 and May-June 1977. U.S. Geological Survey. **Open-File Report**, Denver, n. 79, p. 515, 1979.

MOLINIER, M. et al. Hidrologia da bacia do rio Amazonas. **A Água Em Revista**, Belo Horizonte, ano II, n. 3, p. 31-36, 1994.

OLIVEIRA, D.; KUWAHARA, N.. Monitoramento hidrológico na Amazônia ocidental. Manaus: UFAM, 2003. 10 p.

RDI. **Principles of operation: a practical primer**. San Diego: Resource Development International, 1989. 36 p.

REBOUÇAS, A. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia, Análise & Dados**, Salvador, v. 13, n. especial, p. 341-345, 2003. Disponível em: <[http://www.icb.ufmg.br/big/benthos/index\\_arquivos/pdfs\\_pagina/Minicurso/pag\\_341.pdf](http://www.icb.ufmg.br/big/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Minicurso/pag_341.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2010.

SCHMIDT, G.W. Chemical properties of some waters in the tropical rainforest region of central Amazonia along the new road Manaus-Caracará. **Amazoniana**, Kiel, v. 3, n. 2, p. 199-207, 1972.

SEYLER, P. T.; BOAVENTURA, G. R. Distribution and partition of trace metals in the Amazon basin. **Hydrological Processes**, v. 17, p. 1345-1361, 2003.

SIOLI, H. Amazon tributaries and drainage basins. In: Hasler, A. D. (Ed.). **Conpling of land water system**. Berlin: Springer-Verlag, 1975. p. 199-213.

SIOLI, H. Studies in Amazonian water. In: SIMPÓSIO SOBRE A BIOTA AMAZÔNICA, 3., 1967, Belém. **Atas...** Rio de Janeiro: CNP, 1967. p. 9-50.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1997.

# 5

## PRINCIPAIS AQUÍFEROS DO ESTADO DO AMAZONAS E QUALIDADE DE SUAS ÁGUAS

Carlos José Bezerra de Aguiar (*carlos.aguiar@cprm.gov.br*)  
José Luiz Marmos (*jose.marmos@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Introdução .....	61
Descrição dos aquíferos e caracterização de suas águas .....	61
Aspectos relevantes do uso .....	69
Referências .....	70



## INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas do estado do Amazonas, de modo geral, são de boa qualidade, pouco mineralizadas e ligeiramente ácidas. Apesar da densa rede de drenagem superficial, com inúmeros rios de vazões expressivas, cerca de 80% das 62 cidades amazonenses são abastecidas exclusivamente por águas subterrâneas, devido ao baixo custo de produção. As águas subterrâneas, mais protegidas de contaminações, 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 Amazonas são Içá, Alter do Chão e os relacionados às coberturas aluvionares recentes e antigas. Apesar de estarem assentadas sobre os aquíferos Içá ou Alter do Chão, algumas cidades, como Manaus, Manacapuru, Lábrea e Coari, possuem um sistema de abastecimento misto, com captação também de águas superficiais, as quais são tratadas em estações de tratamento de águas (ETA) antes de sua distribuição final à população. Já as cidades do extremo oeste, como Tabatinga, Benjamin Constant e Atalaia do Norte, situadas sobre os sedimentos da Formação Solimões, de caráter essencialmente argiloso a siltico-argiloso, inadequados para a perfuração de poços tubulares quando se visa à produção de água em grandes volumes, são abastecidas exclusivamente a partir de captação superficial com posterior tratamento das águas em ETAs.

## DESCRIÇÃO DOS AQUÍFEROS E CARACTERIZAÇÃO DE SUAS ÁGUAS

O território amazonense pode ser dividido, segundo suas afinidades hidrogeológicas, em sete grandes domínios hidrogeológicos (Figura 5.1):

- Formações Cenozoicas (aquíferos porosos, com os subdomínios aluviões, formações indiferenciadas, Içá e Solimões).
- Bacias Sedimentares (aquíferos porosos, com os subdomínios Bacia do Acre, Bacia do Alto Tapajós e Bacia do Amazonas).
- Poroso/Fissural (aquífero misto, com rochas sedimentares muito cimentadas e compactadas).
- Rochas metassedimentares/metavulcânicas (aquífero fissural).
- Rochas vulcânicas (aquífero fissural).
- Rochas cristalinas (aquífero fissural).
- Rochas carbonáticas e metacarbonáticas (aquífero fissural).

As águas subterrâneas do estado do Amazonas ocorrem em quantidades apreciáveis; entretanto, ainda não se tem pleno conhecimento de sua magnitude. A título de ilustração, o maior reservatório de água subterrânea do estado, o Aquífero Alter do Chão, no subdomínio Bacia do Amazonas, armazena algo em torno de 12 km<sup>3</sup> apenas sob a cidade de Manaus (CPRM, 2002).

Os principais aquíferos explotados no Amazonas, seja para abastecimento público ou particular, são: Içá, nas

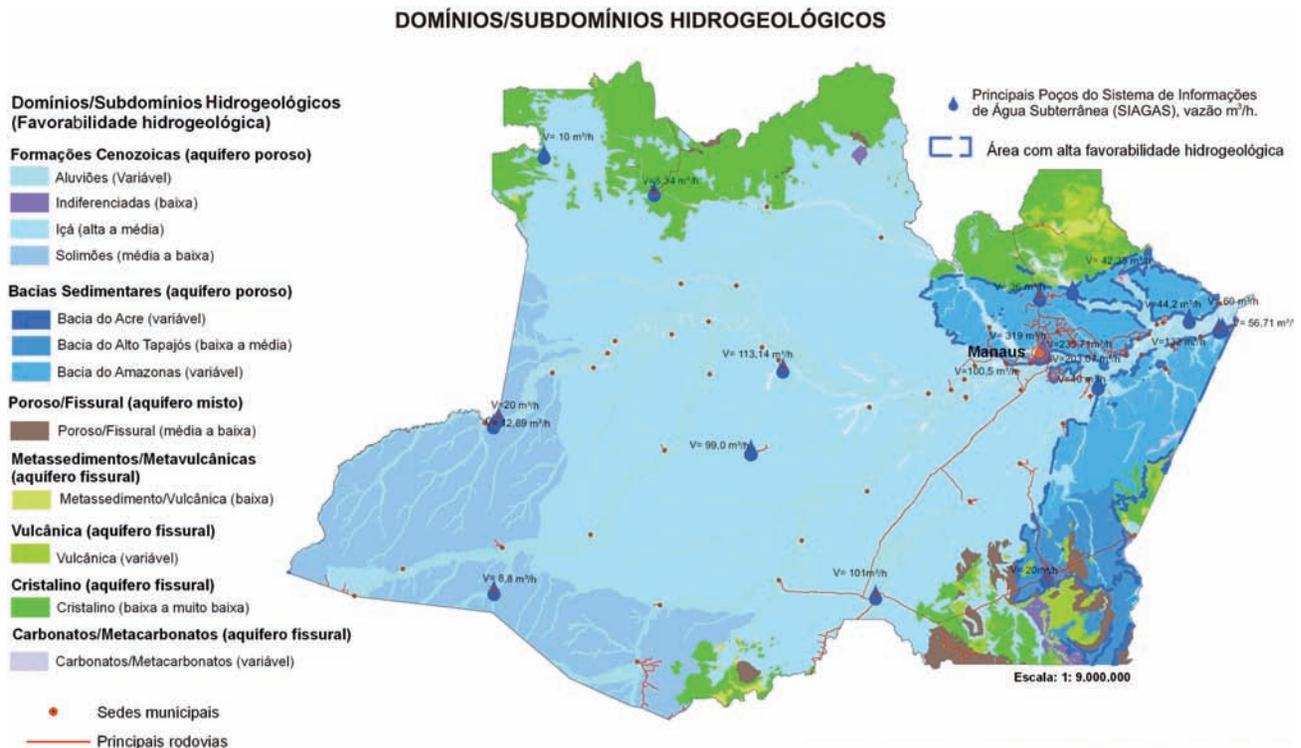


Figura 5.1 - Mapa de domínios hidrogeológicos do estado do Amazonas. Fonte: CPRM (2007a).

porções central, sul e centro-ocidental do estado; Alter do Chão, na porção oriental; e os relacionados às coberturas aluvionares (depósitos recentes e terraços fluviais), em locais diversos. Ademais, podem ser citados: Aquífero Trombetas (subdomínio Bacia do Amazonas), explotado somente no município de Presidente Figueiredo; unidade Beneficente do Grupo Alto Tapajós (aquífero poroso/fissural), utilizada para abastecimento público na cidade de Apuí; aquífero fissural em rochas cristalinas na cidade de São Gabriel da Cachoeira, explotado em conjunto com águas provenientes do manto de intemperismo (Figuras 5.1 e 5.2).

O Aquífero Alter do Chão representa o principal reservatório da Região Amazônica, ocorrendo das proximidades de Belém (Pará) até o extremo oeste do Amazonas, estendendo-se para as repúblicas vizinhas do Peru e

da Colômbia. No estado do Amazonas, aflora na porção oriental, até a margem direita do baixo rio Negro, com uma largura aproximada de 380 km; nas porções central e ocidental (Bacia do Solimões), encontra-se recoberto pelas formações Solimões e Içá (Figuras 5.2 e 5.3). É a base do sistema público de abastecimento de água das três cidades mais populosas do interior do estado (Parintins, Itacoatiara e Manacapuru) e de mais de uma dezena de cidades menores, além de complementar o abastecimento nos bairros periféricos de Manaus (Figura 5.4). De acordo com estudos realizados pela CPRM/SGB em diversos locais (CPRM, 2005b, 2006a, 2008a, 2008b, 2008c), as águas do Aquífero Alter do Chão, quando não contaminadas, são de boa qualidade, ligeiramente ácidas, com pH variando de 4,3 a 5,5, pouco salinizadas, com sólidos totais dissolvidos (STD) de no má-

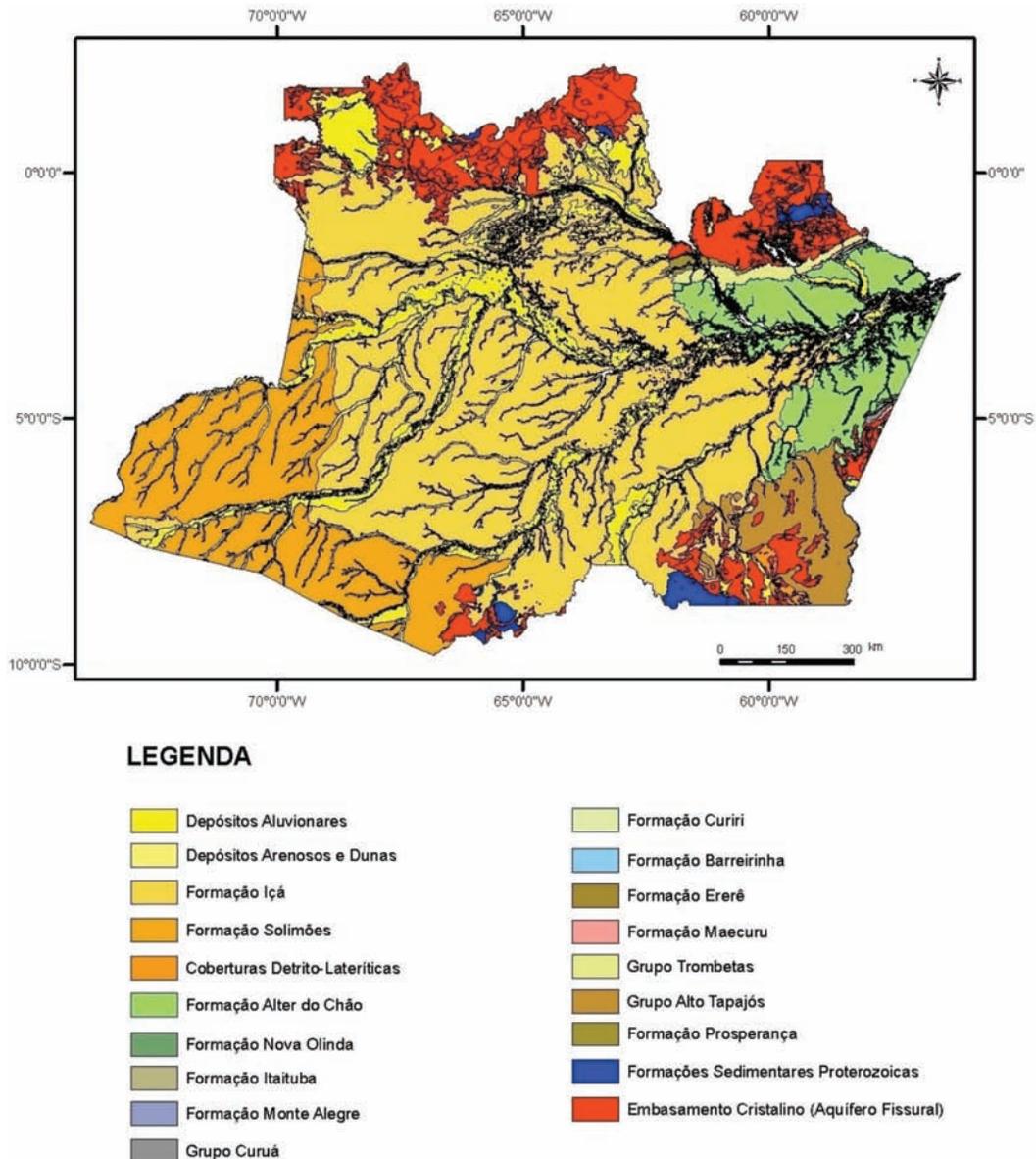
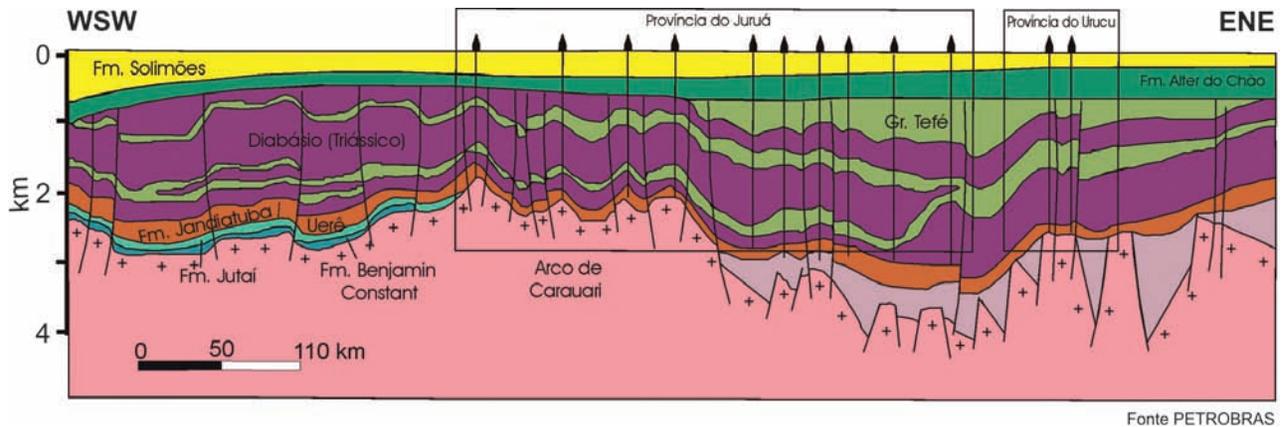


Figura 5.2 - Mapa geológico simplificado do estado do Amazonas. Fonte: Adaptado de CPRM (2005a).



**Figura 5.3** - Seção geológica esquemática da bacia do Solimões, onde se observa a extensão do aquífero Alter do Chão.  
Fonte: Adaptado de Eiras et al. (1994).



**Figura 5.4** - À esquerda, perfuração de poço tubular no aquífero Alter do Chão, nas proximidades da cidade de Manaus; à direita, amostragem em poço de abastecimento público perfurado no aquífero Içá, na cidade de Amaturá, região do alto rio Solimões.

ximo 30 mg/L, sendo caracterizadas, quimicamente, como águas sódicas, preferencialmente sulfatadas a cloretadas (Tabela 5.1; Figura 5.5).

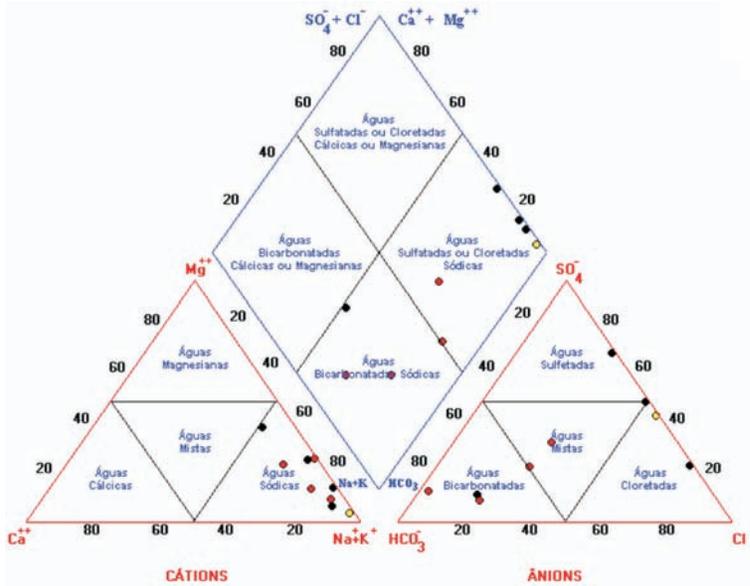
Na cidade de Manaus, comumente os poços profundos no Alter do Chão apresentam vazões superiores a 100 m<sup>3</sup>/h; a capacidade específica média é de 2 m<sup>3</sup>/h.m e a transmissividade de 4,7 m<sup>3</sup>/h.m. A espessura média da formação está em torno de 200 m e a profundidade das águas em 26 m (CPRM, 2002), o que configura uma espessa zona não-saturada, fundamental para proteção do aquífero a eventuais contaminações. Todavia, em Manaus há locais em que o nível freático do aquífero vem sendo rebaixado continuamente, em razão de uma exploração descontrolada. Tal rebaixamento ocorre não por falta de água, mas devido à baixa capacidade de recuperação do aquífero, o que, entre outras situações, pode provocar o espalhamento de contaminantes, como observado no bairro de Educandos, zona sul da cidade, decorrente de infiltração induzida (AGUIAR, 2003).

O Aquífero Içá ocupa a maior extensão superficial do estado do Amazonas, indo, no sentido norte-sul, desde a margem esquerda do médio curso do rio Negro até a fronteira com Rondônia e, no sentido este-oeste, desde a margem direita do baixo rio Madeira até aproximadamente o meridiano 69° (Figuras 5.1 e 5.2). Possui uma espessura máxima de 130 m de sedimentos arenosos, com intercalações argilosas, na região do médio rio Solimões, entre os municípios de Tefé e Coari, incluindo a Província Petrolífera de Urucu, sobrepondo-se à Formação Solimões (Figura 5.6). Os poços perfurados nesse aquífero normalmente possuem boas vazões, por vezes superando 80 m<sup>3</sup>/h, e representam a fonte do sistema público de abastecimento de água de 50% das cidades amazonenses, principalmente nas calhas dos rios Solimões, Madeira e Purus. Estudos desenvolvidos pela CPRM/SGB em várias dessas cidades (CPRM, 2006b, 2008d, 2009) indicam que as águas do Aquífero Içá geralmente são de boa qualidade e apresentam características químicas semelhantes às águas do Aquífero Alter do Chão: possuem

**Tabela 6.1** - Resultados de análises físico-químicas em águas de poços de abastecimento público de diversas cidades, não contaminados, perfurados nos principais aquíferos que ocorrem no estado do Amazonas.

Aquífero/Cidade	Prof. do Poço (m)	pH	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Alcalinidade ( $\text{mgHCO}_3\text{-}/\text{L}$ )	$\text{Cl}^-$ ( $\text{mg}/\text{L}$ )	$\text{SO}_4^{2-}$ ( $\text{mg}/\text{L}$ )	$\text{NO}_3^-$ ( $\text{mg}/\text{L}$ )	Na ( $\text{mg}/\text{L}$ )	K ( $\text{mg}/\text{L}$ )	Ca ( $\text{mg}/\text{L}$ )	Mg ( $\text{mg}/\text{L}$ )	Fe ( $\text{mg}/\text{L}$ )	Mn ( $\text{mg}/\text{L}$ )
Alter do Chão/Manaus	60	4,5	14,0	< 0,02	0,60	2,00	0,12	0,53	0,21	0,03	0,02	0,01	0,01
Alter do Chão/Parintins	80	4,3	26,4	< 0,02	1,26	< 1,0	0,66	0,21	0,20	< 0,02	0,06	< 0,01	0,01
Alter do Chão/Rio Preto da Eva	150	4,4	14,0	< 0,02	1,60	2,19	0,14	1,02	0,39	< 0,02	0,10	0,10	< 0,01
Alter do Chão/Silves	110	5,6	43,9	14,0	1,98	1,56	0,71	1,40	6,24	0,80	2,04	0,10	NA
Içá/Barcelos	40	5,0	28,4	3,7	1,64	2,43	0,69	2,41	2,31	< 0,02	0,68	0,10	NA
Içá/Tefé	60	5,8	41,0	19,5	0,27	2,01	0,07	3,33	3,68	0,80	1,01	1,04	0,05
Içá/Santo Antônio do Içá	36	4,4	19,0	1,2	0,19	0,10	1,25	0,22	0,04	0,02	0,02	0,01	< 0,01
Içá/Fonte Boa	60	4,8	23,6	5,5	1,80	1,90	0,11	1,75	3,01	0,13	0,17	0,02	0,02
Alter do Chão e Nova Olinda/Manacapuru	220	6,8	319,0	117,1	6,19	11,62	0,09	3,59	20,26	24,35	10,87	0,03	0,17
Trombetas/Presidente Figueiredo	Fonte	4,4	17,2	< 0,02	1,33	1,43	0,14	0,83	0,10	< 0,02	< 0,02	0,10	NA
Terraços Fluviais/Tabatinga	30	5,2	22,6	7,3	0,60	1,50	0,54	1,46	1,91	0,26	0,78	0,03	0,02
Depósitos Aluvionares/Anamá	50	6,4	286,0	139,1	5,40	6,20	0,06	26,40	2,70	18,60	10,20	2,12	0,26
Dep. Aluvionares/Zona rural de Manacapuru	45	6,6	455,0	131,8	2,55	1,20	0,02	38,26	5,01	22,10	16,48	10,31	0,95
Fissural (Granitos)/S. Gabriel da Cachoeira	80	6,2	160,0	78,1	0,48	2,59	0,58	8,97	6,17	18,72	2,24	0,13	NA
Fissural (Granitos)/S. Gabriel da Cachoeira	80	6,0	122,3	30,5	5,20	2,51	4,75	10,31	2,16	9,60	1,17	0,10	NA
Solimões/Benjamin Constant*	36	7,7	490,0	411,1	4,25	29,28	0,18	81,84	2,04	16,20	4,43	0,01	0,02

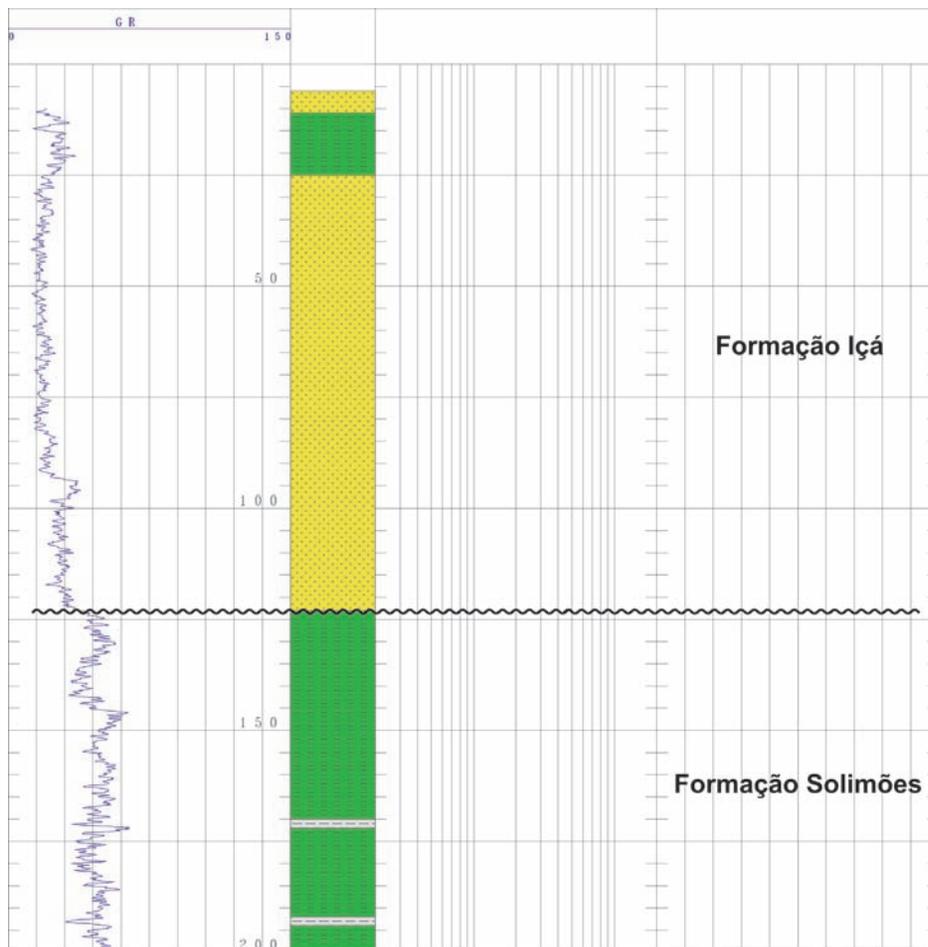
\* Poço particular, pois não há poços de abastecimento público que explore a Formação Solimões  
CE = Condutividade Elétrica; NA = Não analisado.



**Figura 5.5** - Diagrama de Piper para águas de poços de abastecimento público perfurados em diversas cidades amazonenses nos aquíferos Alter do Chão (em preto) e Içá (em vermelho) e de fonte natural no aquífero Trombetas, na cidade de Presidente Figueiredo (em amarelo).

pH oscilando de 4,5 a 5,8, quantidade reduzida de STD e são do tipo sódicas, variando de sulfatadas/cloretadas a bicarbonatadas (Tabela 5.1; Figura 5.5). Porém, diferentemente do Alter do Chão, o Aquífero Içá apresenta alguns níveis enriquecidos em ferro e/ou manganês, os quais, quando explotados, podem comprometer a qualidade das águas, tornando-as naturalmente contaminadas nesses metais, impróprias para consumo humano (Tabela 5.1, poço de Tefé). Nesse sentido, destaca-se a cidade de Amaturá, no alto Solimões, onde, no ano de 2009, dos quatro poços de abastecimento público em atividade (Figura 5.4), três mostravam-se contaminados por ferro e manganês (CPRM, 2009).

O terceiro sistema aquífero mais importante do estado, responsável pelo abastecimento público de uma dezena de sedes municipais e de inúmeras comunidades rurais, é aquele relacionado às coberturas aluvionares formadas ao longo das margens dos grandes rios



**Figura 5.6** - Parte superior de perfil de sondagem executada na região de Urucu para exploração de petróleo, onde foram detectados os sedimentos arenosos da formação Içá sobre argilitos e siltitos da formação Solimões.

amazônicos, por vezes com larguras superiores a 30 km (Figuras 5.1 e 5.2). Essa unidade aquífera, que normalmente apresenta espessura máxima de 40 m e vazões em torno de 10 a 15 m<sup>3</sup>/h, pode ser dividida em dois tipos: depósitos aluvionares recentes, que abastecem cidades como Anamá, Anori e Ipixuna, e terraços fluviais antigos, explotados em cidades como Boca do Acre, Humaitá e Eirunepé.

Os depósitos aluvionares são os aquíferos mais vulneráveis às contaminações químicas e microbiológicas, pois o nível d'água é subflorante na maior parte do ano e os poços perfurados sobre eles muitas vezes são inundados durante as grandes cheias fluviais, como ocorreu em Anamá no ano de 2009. Estudos realizados pela CPRM/SGB nessa cidade (CPRM, 2007b) e em comunidades rurais do município de Manacapuru (Figura 5.7), situadas na planície fluvial do rio Solimões (CPRM, 2006b), indicam que as águas desse tipo de aquífero normalmente não são de boa qualidade para consumo humano. Apesar de o pH próximo ao neutro, variando de 6,0 a 7,0, o conteúdo de STD é algo elevado, em torno de 300 a 500 mg/L, resultado das concentrações de bicarbonato, cálcio, sódio e magnésio, caracterizando águas duras, por vezes salobras; além disso, ferro e manganês muitas vezes ocorrem em concentrações excessivas, como contaminações naturais (Tabela 5.1). As águas produzidas por poços perfurados nos depósitos aluvionares são geralmente do tipo bicarbonatadas cálcico-magnesianas (Figura 5.8).

Já os terraços fluviais, por estarem situados em um nível topográfico mais elevado que os depósitos aluvionares atuais, acima das cheias periódicas e com o lençol freático mais rebaixado, apresentam menor vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos. Suas águas são de boa qualidade química, como constatado em poços perfurados na zona periurbana de Tabatinga para atender a uma populosa comunidade indígena. São águas semelhantes às produzidas pelo Aquífero Içá, com pH algo ácido e baixíssimo conteúdo de STD, sendo classificadas como bicarbonatadas sódicas (Tabela 5.1; Figura 5.8).

Para as unidades geológicas predominantemente arenosas que afloram na borda norte da Bacia Sedimentar do Amazonas, em estreita faixa E-W com 20 a 30 km de largura, ou seja, o Grupo Trombetas e a Formação Prosperança, é de se esperar que constituam um sistema aquífero único e armazenem água de boa qualidade, não se descartando a sua utilização de forma expressiva em futuro próximo. Sob a cidade de Manaus, esse sistema ocorre a aproximadamente 1.500 m de profundidade. O abastecimento público da cidade de Presidente

Figueiredo é feito a partir de uma fonte natural (Fonte Santa Cláudia), com vazão de mais de 300 m<sup>3</sup>/h, existente na Formação Nhamundá do Grupo Trombetas. Análises químicas realizadas nas águas produzidas por essa fonte revelaram que, apesar do pH baixo, elas são de excelente qualidade, similares às do Aquífero Alter do Chão e classificadas como sulfatadas/cloretadas sódicas (Tabela 5.1; Figura 5.5). Ao longo da rodovia estadual AM-240, que liga a BR-174 à Usina Hidrelétrica de Balbina, na zona rural de Presidente Figueiredo, o Aquífero Trombetas é explotado por meio de poços escavados, com profundidades em torno de 20 m, que produzem águas de boa qualidade.

No que diz respeito às demais unidades da Bacia Sedimentar do Amazonas, que afloram de forma restrita



**Figura 5.7** - Acima, poço público em comunidade rural do município de Manacapuru (comunidade Arapapá) situada em depósito aluvionar do rio Solimões; abaixo, amostragem em poço profundo da cidade de Manacapuru, no qual as águas do aquífero Alter do Chão estão sob influência de águas mais profundas, enriquecidas principalmente ao atravessar a formação Nova Olinda.

nas bordas norte e sul e possuem pouca importância com relação à sua utilização como aquíferos, a Formação Nova Olinda, sotoposta à Formação Alter do Chão e constituída essencialmente por calcários e evaporitos, merece alguns comentários. Na presença de falhas profundas, tal formação pode interferir, indiretamente, na qualidade das águas do Aquífero Alter do Chão. Um exemplo disso é a cidade de Manacapuru, onde alguns poços públicos, com pouco mais de 200 m de profundidade produzem “águas duras”, com teores elevados de bicarbonatos, cálcio e magnésio (Tabela 5.1). Assim, é bem provável que as águas do Aquífero Alter do Chão, nesses poços, estejam sob influência de águas mais profundas (Sistema Aquífero Prosperança-Trombetas), enriquecidas principalmente ao atravessarem a Formação Nova Olinda (CPRM, 2006b) (Figura 5.7). O resultado, portanto, são águas com pH próximo ao neutro, entre 6,8 e 7,8, e STD entre 200 e 400 mg/L, classificadas como bicarbonatadas cálcico-magnesianas, de caráter químico similar às águas provenientes dos depósitos aluvionares, porém com menos sódio e mais potássio (Figura 5.8).

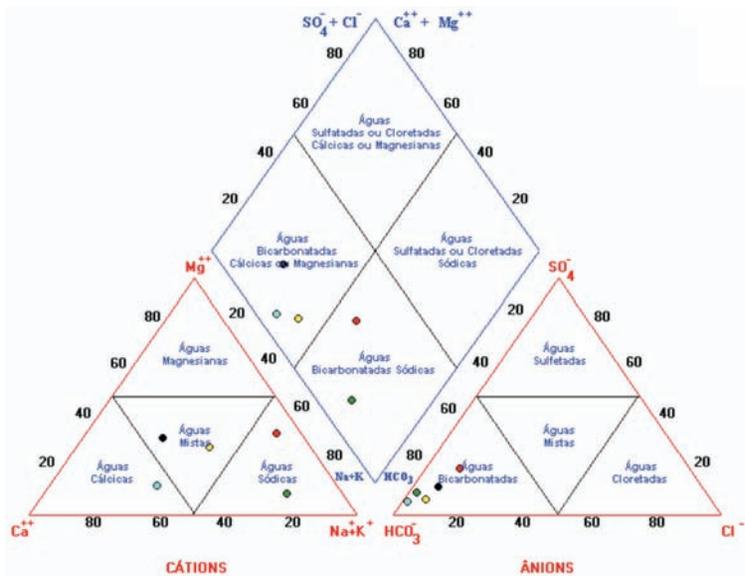
A Bacia Sedimentar do Alto Tapajós, que ocorre no extremo sudeste do estado do Amazonas, constituída por arenitos, siltitos, conglomerados argilitos, folhelhos e calcários, tem na Unidade Beneficente quase a única opção aquífera da região (Figura 5.2). É por meio de poços perfurados nessa unidade que se realiza o abastecimento público de águas da cidade de Apuí. Entretanto, devido ao elevado grau de cimentação e compactação de seus arenitos, a Formação Beneficente apresenta baixo potencial hidrogeológico, o qual será mais elevado em locais com maior incidência de falhas e fraturas (armazenamento poroso/fissural).

Por sua vez, o substrato proterozoico que suporta as unidades sedimentares retromencionadas é representado por rochas cristalinas e metamórficas de pouca afinidade hidrogeológica. Em superfície, a norte da cidade de Presidente Figueiredo, é constituído principalmente por rochas vulcânicas e intrusivas ácidas de caráter granítico (SOUZA, 1974). Entretanto, na presença de extensas falhas e fraturas abertas é provável que essas rochas armazenem águas em quantidades significativas, na forma de aquíferos fissurais. Nesse sentido, a cidade de São Gabriel da Cachoeira é a única do estado assentada sobre rochas cristalinas, mais especificamente o Granito Uaupés. O abastecimento público de água nessa cidade é feito principalmente a partir de captação superficial no rio Negro; porém, há uma série de poços tubulares que complementam o sistema público. Tais poços possuem profundidade em torno de 80 m, apresentam baixas vazões (< 10 m³/h) e explotam águas do aquífero fissural em conjunto com águas provenientes do manto de intemperismo, o qual tem espessura

máxima de 20 m. A água produzida é do tipo bicarbonatada cálcico-magnesianas (Figura 5.8), com pH entre 5,5 e 6,5 e STD entre 80 e 120 mg/L (Tabela 5.1).

Por último, deve-se citar o Aquífero Solimões, aflorante no extremo oeste-sudoeste do estado, caracterizado por vazões baixas (< 10 m³/h), devido à sua constituição predominantemente argilosa, e pela baixa qualidade natural de suas águas, em função das altas concentrações de sódio, sulfato, cálcio e bicarbonatos, associadas à existência de intercalações de níveis de calcário, gipsita e presença de sais de sódio. Desse modo, o Aquífero Solimões normalmente é inadequado para a perfuração de poços tubulares quando se visa à produção de água para abastecimento público, não sendo utilizado para tal fim em nenhuma cidade amazonense. Nas sedes municipais de Tabatinga e Benjamin Constant, foram perfurados alguns poços particulares, cujas águas se prestam para fins secundários, como lavagens. A Tabela 5.1 apresenta a análise química das águas de um desses poços (CPRM, 2009), classificada como salobra e bicarbonatada sódica (Figura 5.8). No entanto, em alguns locais, o Aquífero Solimões encerra lentes e camadas de arenito de granulometria fina a muito fina. Esses corpos arenosos são de reduzidas dimensões, mas, ocasionalmente, podem alcançar dezenas de metros de espessura, como no município de Boca do Acre, e alguns quilômetros de extensão. Sob tais circunstâncias, o Solimões se comporta como um aquífero descontínuo.

Como os principais aquíferos do estado do Amazonas são aflorantes, suas águas não estão protegidas contra eventuais contaminações, em virtude da pequena espessura da zona não-saturada (zona localizada entre a superfície do terreno e o freático), a qual atua como um filtro natural.



**Figura 5.8** - Diagrama de Piper para águas de poços perfurados em terraços fluviais (em vermelho), em depósitos aluvionares (em amarelo), em rochas do embasamento (aquífero fissural) de São Gabriel da Cachoeira (em azul), na formação Solimões (em verde) e de um poço que explota o aquífero Alter do Chão sob influência de águas mais profundas (em preto).

Uma exceção seria o Aquífero Alter do Chão na região de Manaus, que apresenta, em média, uma zona não-saturada com mais de 25 m de espessura. Todavia, na zona sul da cidade, no bairro de Educandos e adjacências, as águas do Alter do Chão apresentam-se contaminadas, com concentrações elevadas de nitrato e amônio, provenientes da infiltração das águas contaminadas do igarapé do Quarenta, depositário de boa parte dos esgotos domésticos da zona urbana da capital (AGUIAR, 2003). De modo geral, as águas subterrâneas da região se caracterizam por fluxos ascendentes, em direções aos rios e igarapés, porém, devido à acentuada exploração do aquífero nessa localidade, superior à sua cidade de recuperação, o que provoca um expressivo rebaixamento do nível freático, as águas contaminadas do citado igarapé estão se infiltrando e se espalhando, segundo as direções naturais de fluxo subterrâneo.

Já que a maioria dos municípios do estado se enquadra nesse modelo e tendo em vista a pequena espessura da zona não-saturada dos aquíferos, associada ao número crescente de fossas residenciais, postos de combustíveis, cemitérios, lixões e outras fontes potencialmente contaminantes existentes nas zonas urbanas, o quadro descrito tende a se disseminar para algumas cidades do interior.

Nesse contexto, é importante mencionar que a CPRM/SGB vem desenvolvendo estudos técnicos sobre águas subterrâneas desde a década de 1970. A importância do tema levou a instituição, no ano de 1997, à criação do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), um banco de dados de âmbito nacional. Nos estados do Amazonas e Roraima, o SIAGAS conta atualmente com cerca de 5.500 poços cadastrados. Para a área urbana de Manaus, encontram-se no cadastro 1.800 poços, de um total estimado de 15.000.

Em paralelo ao SIAGAS, a CPRM/SGB criou, em 2003, em conjunto com outras instituições públicas, o Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica (PGAGEM), o qual, dentre outros objetivos, visa à detecção, por meio de análises físico-químicas de amostras de água superficial e subterrânea e de sedimentos fluviais em todo o território nacional, eventuais casos de contaminação química, natural ou antrópica que possam desencadear problemas de saúde pública. Foi, por exemplo, a partir de uma campanha de amostragem para o PGAGEM que se revelou a contaminação por nitrato, amônio e alumínio nas águas dos poços de abastecimento público na cidade de Parintins, a qual deu origem a um projeto de detalhamento, desenvolvido pela CPRM/SGB e financiado pela administra-

ção municipal, com o objetivo de avaliar a intensidade e a extensão de tal contaminação e buscar soluções para o problema (CPRM, 2005b).

Nesse sentido, Parintins é exemplo clássico de um caso crítico de contaminação atenuada a partir de sugestões apontadas por estudos técnicos consistentes. A maior parte dos poços públicos existentes na cidade, assentada sobre o Aquífero Alter do Chão, eram antigos e pouco profundos, com menos de 50 m, situados em locais impróprios, suscetíveis à contaminação por esgotos domésticos (Figura 5.9). Assim, após a avaliação dos resultados das análises químicas das amostras coletadas, verificou-se que, dos 18 poços públicos, 15 apresentavam águas contaminadas por nitrato, alumínio e/ou amônio. Foi recomendada a



**Figura 5.9** - Acima, terreno onde estão situados vários poços rasos do sistema de abastecimento público de água de Parintins, ladeado por canais naturais, não impermeabilizados, de esgotos domésticos; abaixo, amostragem em poço de monitoramento na borda norte do aterro sanitário de Manaus (ASM).

desativação imediata dos poços com as concentrações mais elevadas de contaminantes, a desativação gradual daqueles com intensidade menor de contaminação e a perfuração de novos poços, com profundidade mínima de 120 m e em locais adequados, sem qualquer tipo de elementos potencialmente contaminantes em um raio de pelo menos 100 m (MARMOS e AGUIAR, 2006).

Por motivos diversos, é grande a quantidade de poços perfurados no Amazonas em locais inadequados, muito próximos a fontes contaminantes. Todavia, é importante mencionar que a deterioração das águas de um poço pode não ocorrer mesmo nas adjacências de locais efetivamente contaminados, como no entorno do Aterro Sanitário de Manaus (ASM). No ano de 2006, a CPRM/SGB avaliou a eventual contaminação do Aquífero Alter do Chão pelo chorume gerado por aquele aterro e os resultados encontrados foram surpreendentes: apenas dois poços no entorno do aterro revelaram águas contaminadas por chorume; os demais, apesar de suas pequenas profundidades, inferiores a 50 m, apresentaram águas de boa qualidade (CPRM,

2006a) (Figura 5.9). Tal fato é devido a uma hidrodinâmica subterrânea concentrativa no local, em direção ao igarapé do Matrinxã, situado na porção leste do aterro, cujas águas recebem toda a carga de contaminantes. Assim, como quase todos os poços existentes na área de estudo estão situados a montante do fluxo subterrâneo (com relação ao aterro sanitário), suas águas estão isentas de contaminação por chorume (Figura 5.10).

### ASPECTOS RELEVANTES DO USO

O potencial hidrogeológico do estado do Amazonas é bastante expressivo e os principais aquíferos explotados produzem, normalmente, águas de boa qualidade, pouco mineralizadas (STD inferior a 30mg/L) e ligeiramente ácidas (pH de 4,3 a 5,8). A Formação Alter do Chão, a unidade aquífera mais importante da região, é aflorante na porção oriental do estado; nas porções central e ocidental, essa unidade ocorre em profundidades superiores a 200 m, protegida, de forma mais expressiva, contra possíveis

MAPA PIEZOMÉTRICO E DE DIREÇÕES DE FLUXO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ASM

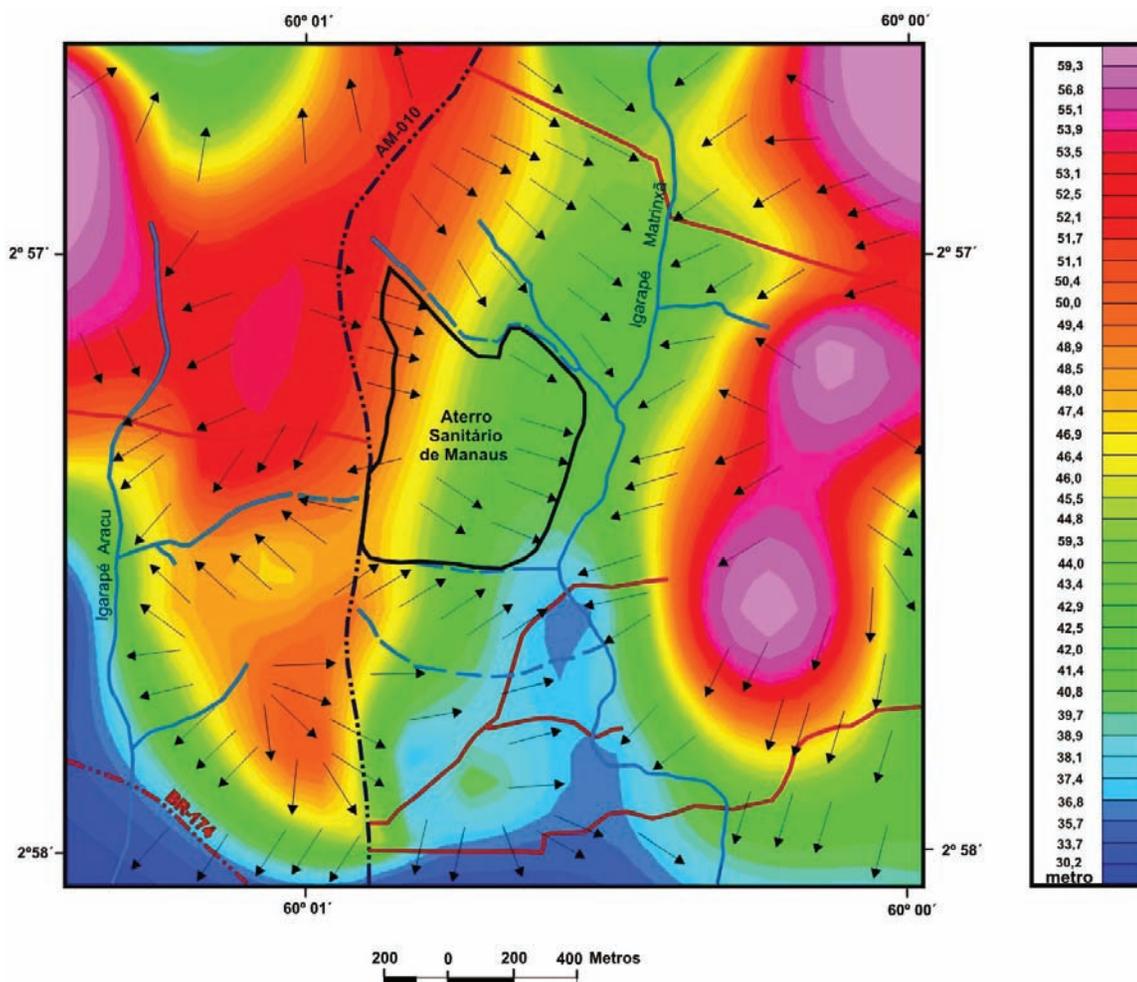


Figura 5.10 - Mapa piezométrico e de direções de fluxo das águas subterrâneas no entorno do aterro sanitário de Manaus (ASM).

contaminações. Portanto, a exemplo do Sistema Aquífero Prosperança-Trombetas, as águas profundas do Alter do Chão podem ser consideradas como reservas estratégicas para o Amazonas.

A exploração dos recursos hídricos subterrâneos do estado já é uma realidade que se impõe. Desse modo, recomenda-se aos órgãos ambientais competentes atenção especial para a qualidade das águas subterrâneas da região. Nesse sentido, é fundamental o monitoramento frequente de poços considerados representativos, principalmente com relação aos compostos nitrogenados e presença de coliformes, acompanhado da prestação de esclarecimentos aos gestores dos sistemas de abastecimento público, e à população em geral, no que diz respeito à importância da proteção do entorno dos poços contra a instalação de fontes potenciais de contaminação, como fossas, lixões, postos de combustível, cemitérios, indústrias etc.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, C. J. B. **A vulnerabilidade do aquífero Alter do Chão na cidade de Manaus**: um caso de contaminação por amônia e nitrato. Manaus: UFAM, 2003.
- CPRM. **Avaliação das águas de abastecimento público, da destinação dos resíduos sólidos, das áreas de risco geológico e dos insumos minerais para construção civil nas sedes dos municípios situados na região do alto Solimões (AM)**. Manaus: CPRM, 2009.
- CPRM. **Avaliação da qualidade físico-química das águas de abastecimento público da cidade de Itacoatiara (AM)**. Manaus: CPRM, 2008a. [Relatório interno].
- CPRM. **Avaliação da qualidade físico-química das águas de abastecimento público da cidade de Rio Preto da Eva (AM)**. Manaus: CPRM, 2008b. [Relatório interno].
- CPRM. **Avaliação da qualidade físico-química das águas de abastecimento público da cidade de Silves (AM)**. Manaus: CPRM, 2008c. [Relatório interno].
- CPRM. **Avaliação da qualidade físico-química das águas de abastecimento público da cidade de Barcelos (AM)**. Manaus: CPRM, 2008d. [Relatório interno].
- CPRM. **Mapa de domínios e subdomínios hidrogeológicos do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2007a.
- CPRM. **Avaliação técnica do sistema público de abastecimento de água da cidade de Anamá (AM)**. Manaus: CPRM, 2007b. [Relatório interno].
- CPRM. **Diagnóstico e avaliação da contaminação dos recursos hídricos na área do entorno do aterro sanitário de Manaus (AM)**. Manaus: CPRM, 2006a.
- CPRM. **Projeto dinâmica fluvial do rio Solimões**: hidrogeologia e hidrogeoquímica. Manaus: CPRM, 2006b. [Relatório de viagem].
- CPRM. **Mapa geológico do estado do Amazonas**: 1:1.000.000. Manaus: CPRM, 2005a. CD-ROM.
- CPRM. **Avaliação da qualidade das águas subterrâneas da cidade de Parintins**: relatório interno. Manaus: CPRM, 2005b.
- CPRM. **Carta hidrogeológica da cidade de Manaus**. Manaus: CPRM, 2002.
- EIRAS, J. F. et al. Bacia do Solimões. In: **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 17-45, 1994.
- MARMOS, J. L.; AGUIAR, C. J. B. Avaliação do nível de contaminação do aquífero da cidade de Parintins (AM). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 9., 2006, Belém. **Anais...** Belém: SBG/Núcleo Norte, 2006. CD-ROM.
- SOUZA, M. M. Perfil geológico da BR-174 (Manaus-Boa Vista) no trecho Manaus-Serra Abonari. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBG, 1974. p. 75-86.

# 6

## SOLOS

Wenceslau Geraldes Teixeira (*wenceslau@cnps.embrapa.br*)<sup>1</sup>

Warley Arruda (*warleyarruda@gmail.com*)<sup>2</sup>

Edgar Shinzato (*edgar.shinzato@cprm.gov.br*)<sup>3</sup>

Rodrigo Santana Macedo (*macedo-rs@hotmail.com*)<sup>1</sup>

Gilvan Coimbra Martins (*gilvan.martins@cpaa.embrapa.br*)<sup>1</sup>

Hedinaldo Narciso Lima (*hedinaldo@ufam.edu.br*)<sup>4</sup>

Tarcísio Ewerton Rodrigues (*in memorian*)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

<sup>2</sup>UEA – Universidade do Estado do Amazonas

<sup>3</sup>CPRM – Serviço Geológico do Brasil

<sup>4</sup>UFAM – Universidade Federal do Amazonas

### SUMÁRIO

Introdução .....	73
Características das principais classes de solos que ocorrem no estado do Amazonas .....	77
Argissolos.....	77
Latosolos .....	78
Cambissolos .....	79
Plintossolos .....	79
Espodossolos.....	80
Gleissolos .....	80
Neossolos flúvicos .....	81
Neossolos quartzarênicos.....	82
Terras pretas de índio .....	83
Referências.....	83



## INTRODUÇÃO

Os trabalhos de Marbut e Manifold (1926) constituem-se nos primeiros registros sobre as características dos solos da Amazônia, cujas informações receberam um grande incremento com os estudos realizados pela equipe do Instituto de Pesquisa Agrônomo do Norte (IPEAN) (RODRIGUES, 1995). Convém ressaltar o trabalho de Sombroek (1966), considerado um marco nos estudos das classes de solo na Amazônia, onde são descritos em detalhes, pela primeira vez, as Terras Pretas de Índio e os Plintossolos (Figura 6.1).

No estado do Amazonas, a equipe de levantamento de solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) procedeu a levantamentos e mapeamentos em diferentes escalas, principalmente na década de 1980 (EMBRAPA, 1982, 1983a, 1983b, 1984a, 1984b, 1984c). Nessa década também foram realizados levantamentos semidetalhados nos municípios de Manacapuru (Figura 6.2), Parintins, Careiro da Várzea e Barreirinha pela equipe do Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC, 1982, 1986a, 1986b, 1986c, 1986d).

Ainda na década de 1980, constam as publicações de características e estudos de gênese e levantamentos de solos concentrados principalmente nas cercanias de Manaus

(CHAUVEL et al., 1987, 1991; LUCAS et al., 1984; RANZANI, 1980). O projeto Radar da Amazônia (RADAMBRASIL) foi o maior levantamento em nível exploratório de solos do Amazonas. Esses estudos, baseados em mosaicos de imagens de radar na escala 1:250.000, bem como em coleta e excursões em pontos remotos da Amazônia, contaram com o apoio de equipes experientes e de helicópteros bem equipados. Os resultados foram publicados, sequencialmente, na escala 1:1.000.000. O estado do Amazonas conta com 12 mapas de solos exploratórios, dentre eles as folhas Manaus (BRASIL, 1978) e Santarém (BRASIL, 1976) (Figuras 6.3 e 6.4).

Em 1981, com a publicação do “Mapa de Solos do Brasil: Escala 1:5.000.000”, pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos da EMBRAPA, tornaram-se disponíveis as informações compiladas sobre os solos da Amazônia. Tal publicação foi revista e publicada com uma nova legenda em 2001 (IBGE, 2001). O Serviço de Proteção da Amazônia (SIPAM), em parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), organizou uma base de dados digitais com informações espacializadas dos solos da Amazônia Legal na escala 1:250.000, que foi compilada principalmente das informações colhidas para o referido mapa.

A Figura 6.5 e a Tabela 6.1 apresentam, respectivamente, a distribuição espacial das principais classes de solos do

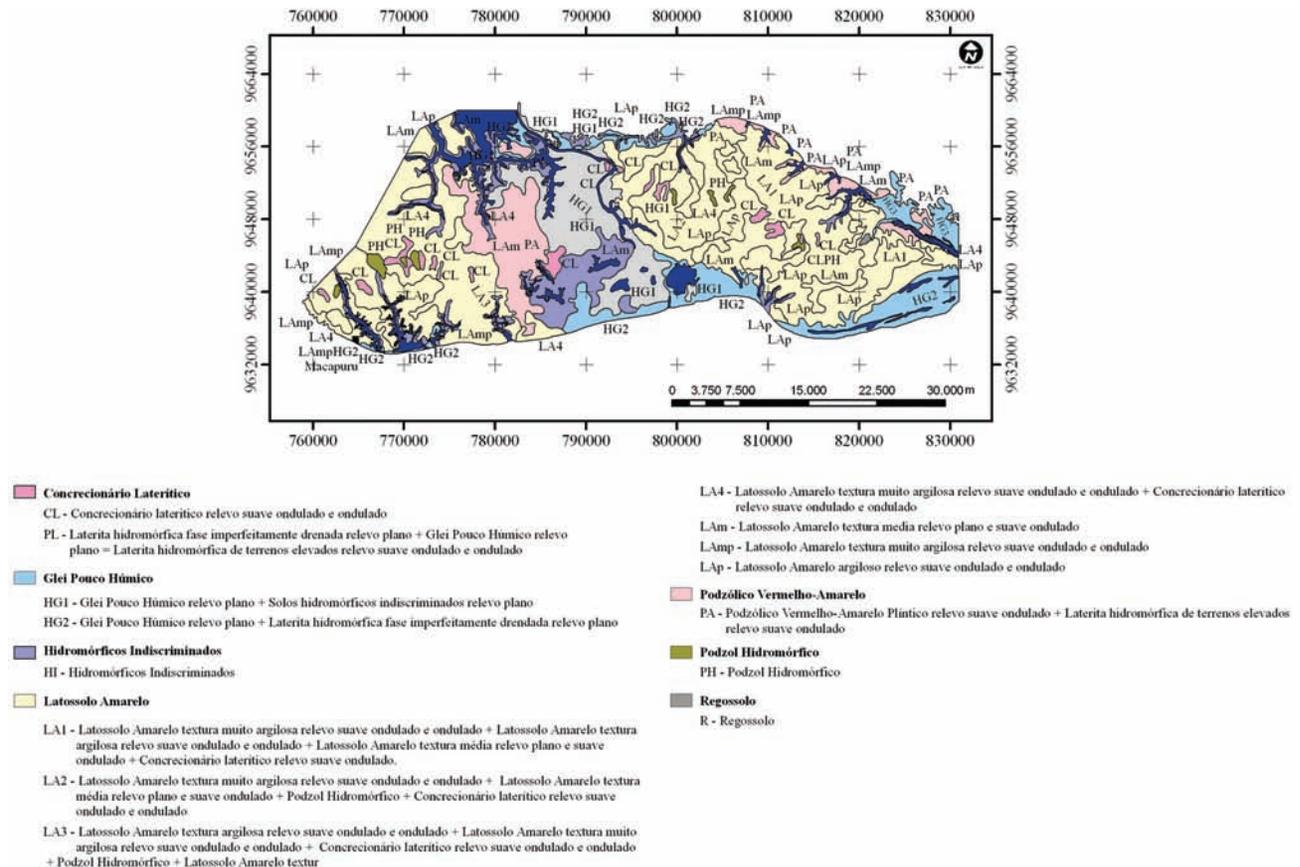
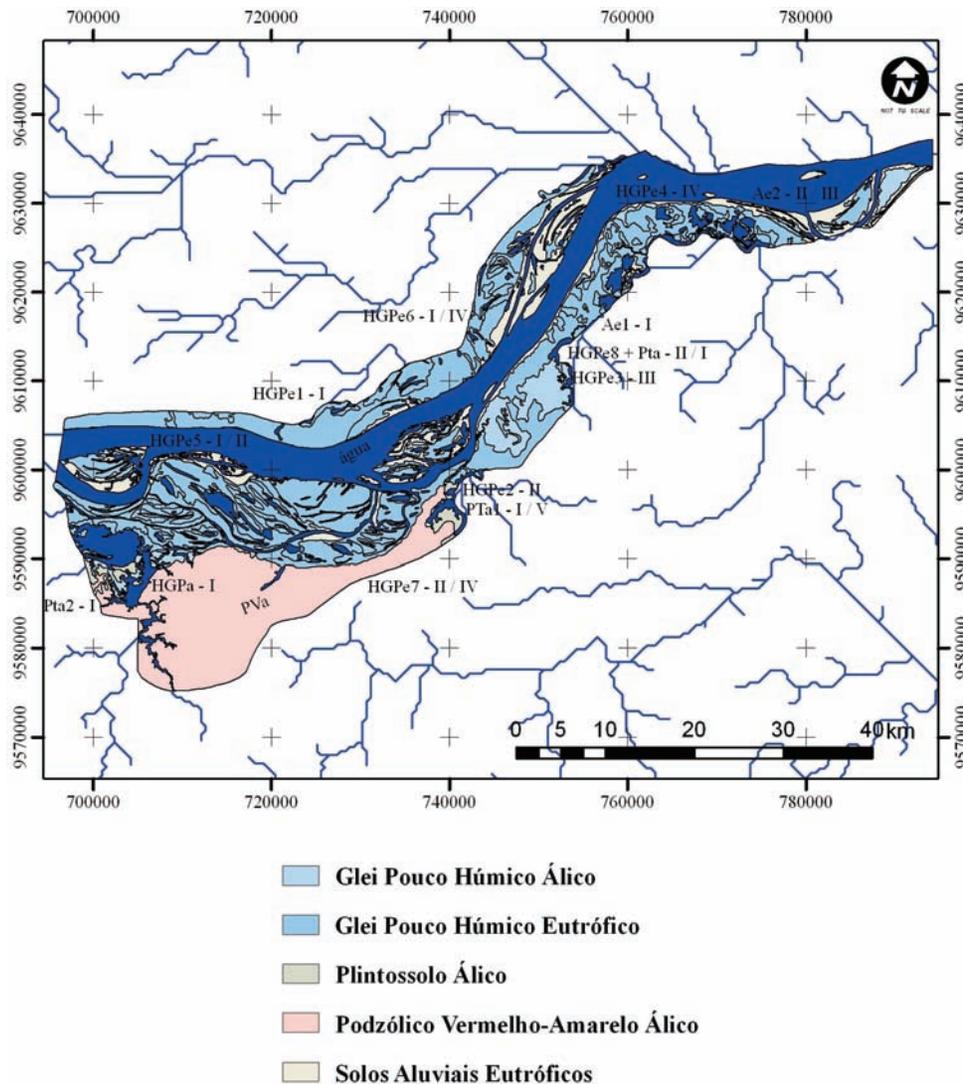


Figura 6.1 - Levantamento da área da rodovia AM-070 (Cacau Pirêra-Manacapuru).  
Fonte: IPEAN (1970). Nota: Mapa digitalizado e revitalizado por Teixeira et al. (2008).

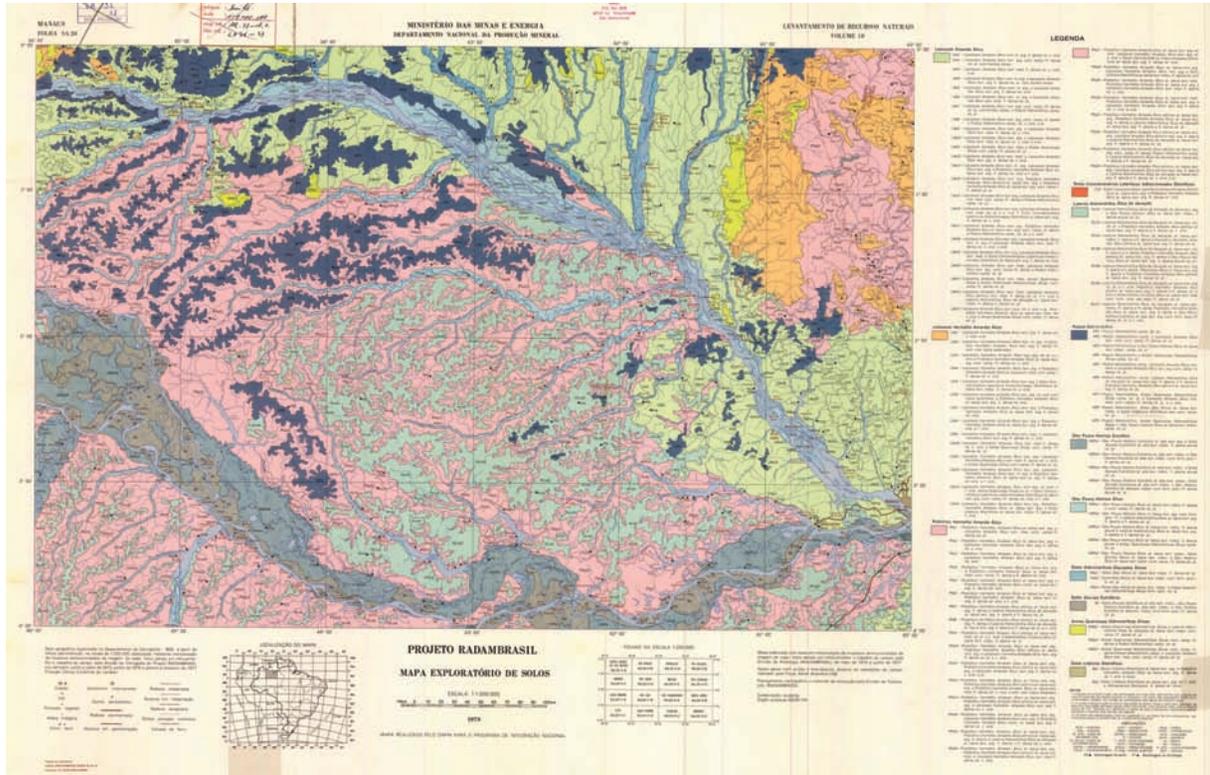


**Figura 6.2** - Levantamento de reconhecimento de solos e aptidão agrícola do município de Manacapuru (AM).  
 Fonte: CETEC (1986a). Nota: Mapa digitalizado e revitalizado por Teixeira et al. (2008).

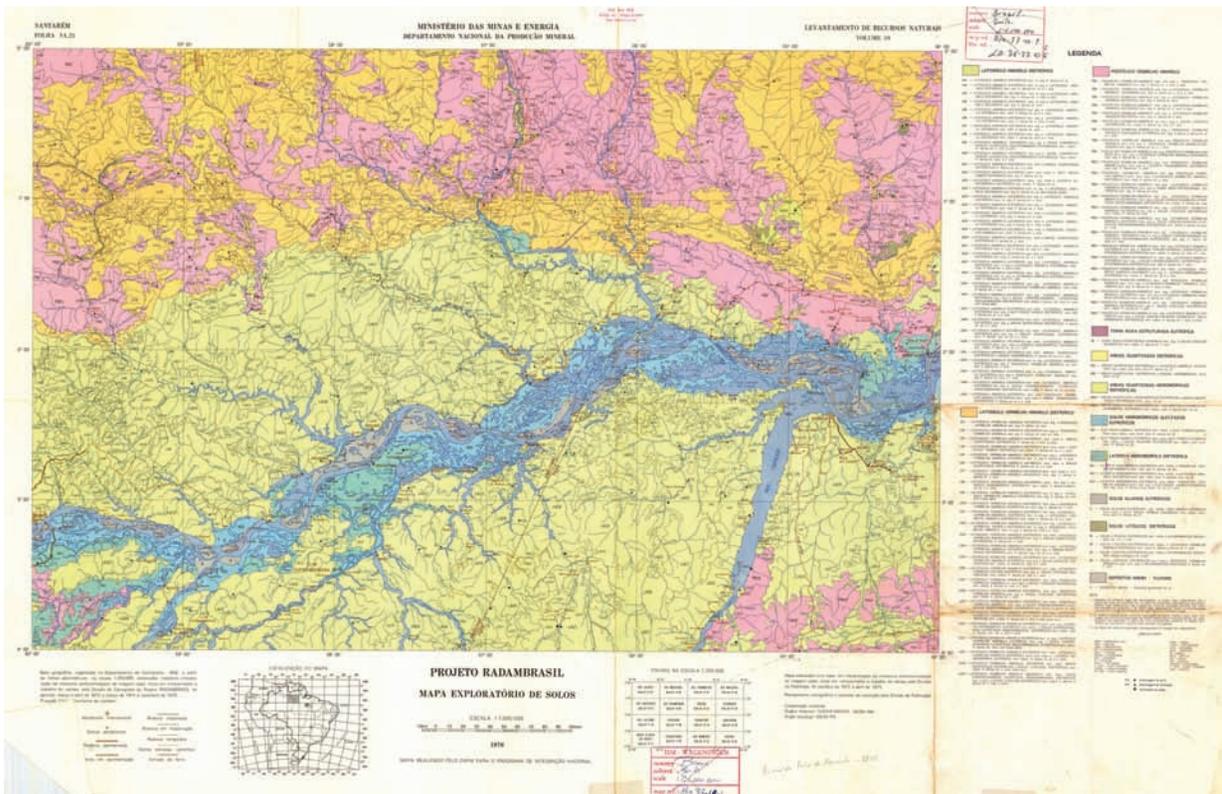
estado do Amazonas e a porcentagem areal das principais classes de solos ocorrentes no estado. Tais informações foram compiladas da base digital da Amazônia Legal (IBGE/SIPAM), sendo considerada apenas as classes dominantes de cada unidade de solo. No entanto, devido à escala cartográfica empregada, as unidades mapeadas foram constituídas na legenda original em associações de solos. Assim, na referida tabela, apenas os componentes principais das unidades de mapeamento foram considerados.

Dentre as classes de solo dominantes no estado do Amazonas, os Argissolos compreendem praticamente 45% da área do estado. Os Latossolos representam 26% da área, sendo predominantemente Latossolos Amarelos, cuja ocorrência se concentra próximo à região central do estado nas áreas de terra firme. Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos predominam nas planícies de inundações e perfazem 9% dos solos do Amazonas, sendo em sua quase totalidade férteis quando ocorrem nas margens dos rios de

águas barrentas (Solimões, Madeira, Purus, Juruá, dentre outros). Os Espodossolos, que perfazem mais de 7% da área do estado, predominam na área norte do Amazonas, principalmente nos municípios de São Gabriel da Cachoeira e Barcelos. Sobre esses solos predomina uma vegetação mais esparsa, denominada “campinas” e “campinaranas” (Figura 6.6). Os Plintossolos, com 3,5%, são os solos predominantes nos campos e cerrados do sul do estado do Amazonas (Figura 6.7), principalmente nos municípios de Humaitá, Lábrea e Canutama. As demais classes ocorrem em menor proporção em relação à área total do estado e das outras classes; entretanto, são as classes dominantes em algumas regiões, como os Cambissolos na região do Alto Solimões (COELHO et al., 2005) e na bacia do rio Urucu, na Província Petrolífera de Urucu (Coari) (TEIXEIRA et al., 2009). Os Neossolos Quartzarênicos predominam nas áreas de terra firme na área da Vila Amazônia, no município de Parintins (MARTINS et al., 2007; SOUZA et al., 2008).



**Figura 6.3** - Mapa exploratório de solos – Folha SA.20. Manaus (Projeto RADAMBRASIL, escala 1:1.000.000).  
Fonte: Brasil (1978).



**Figura 6.4** - Mapa exploratório de solos – Folha SA.21. Santarém (Projeto RADAMBRASIL, escala 1:1.000.000).  
Fonte: Brasil (1976).

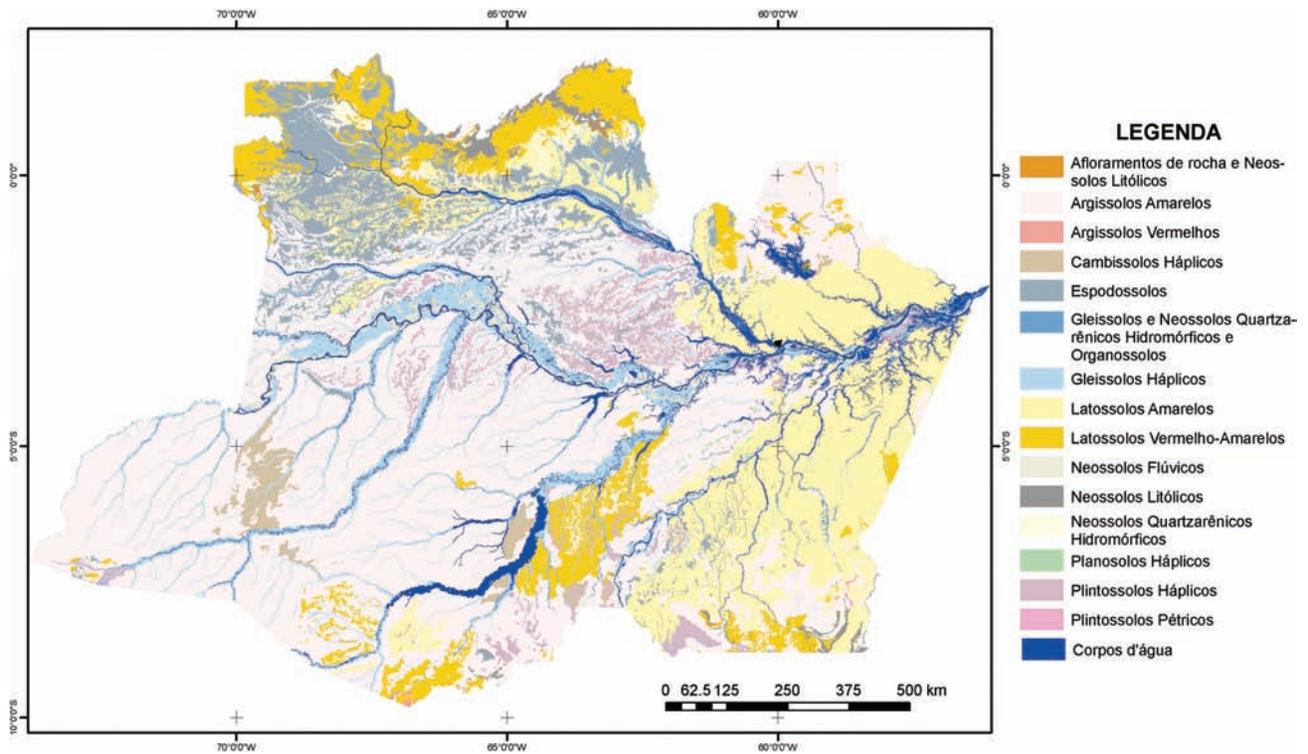


Figura 6.5 - Mapa exploratório de solos do estado do Amazonas. Nota: Compilado da base digital do IBGE/SIPAM.

Tabela 6.1 - Área das principais classes de solos dominantes no estado do Amazonas e seu percentual em relação à área total do estado.

Unidade Mapeada	Classes de Solos	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
AR	Afloramentos de Rocha + Neossolos Litólicos	934.9	0.06
Urb	Áreas Urbanas	188.27	0.01
PA	Argissolos Amarelos	703529.21	44.8
PV	Argissolos Vermelhos	599.89	0.04
CX	Cambissolos Háplicos	21572.55	1.37
AG	Corpos d'Água	73403.28	4.67
ES	Espodossolos	112142.53	7.14
G	Gleissolos + Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos	514.33	0.03
GX	Gleissolos Háplicos	140879.37	8.97
LA	Latossolos Amarelos	285041.75	18.15
LVA	Latossolos Vermelho-Amarelos	124614.33	7.93
RY	Neossolos Flúvicos	22749.8	1.45
RL	Neossolos Litólicos	13966.46	0.89
RQg	Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos	14087.67	0.9
SX	Planossolos Háplicos	1065.84	0.07
FX	Plintossolos Háplicos	54502.69	3.47
FF	Plintossolos Pétricos	652.81	0.04
	<b>Total</b>	<b>1.570.446</b>	<b>100</b>



**Figura 6.6** - Vegetação de campinarana típica dos Espodosolos do norte do estado do Amazonas (São Gabriel da Cachoeira, AM).



**Figura 6.7** - Vegetação de campos naturais típica dos Plintossolos do sul do estado do Amazonas (Humaitá, AM).

## CARACTERÍSTICAS DAS PRINCIPAIS CLASSES DE SOLOS QUE OCORREM NO ESTADO DO AMAZONAS

### Argissolos

Essa classe compreende solos minerais, não hidromórficos, que apresentam horizonte B textural (Bt) [horizonte mineral subsuperficial com textura franco-arenosa ou mais fina, onde houve incremento de argila; em geral, ou apresentam elevado gradiente textural ou há pouca expressão do gradiente, desde que o horizonte B seja bem estruturado e manifeste forte cerosidade na superfície de seus agregados estruturais], com perfis bem desenvolvidos, profundos e medianamente profundos, bem a moderadamente drenados. Distinguem-se dos Latossolos pela acentuada diferenciação de classe de textura entre os horizontes A e B, sendo os horizontes superficiais mais arenosos que os horizontes subsuperficiais (EMBRAPA, 2006).

As classes de textura predominantes nos horizontes A e Bt nas ocorrências registradas no Amazonas são média/

argilosa e argilosa/muito argilosa. Devido à ocorrência de textura mais arenosa no horizonte superficial e, muitas vezes, uma drenagem restrita no horizonte Bt, os Argissolos são suscetíveis aos processos de erosão hídrica, principalmente quando ocorre relevo ondulado ou forte ondulado. Nas proximidades e na cidade de Manaus, problemas de erosão nas áreas urbanas e destruição de ruas e estradas normalmente estão relacionados aos Argissolos.

As características químicas dos Argissolos são muito variáveis. Nas partes central e oeste do Amazonas são desenvolvidos a partir de sedimentos dos períodos Cretáceo/Terciário, sendo predominantemente distróficos (menos de 50% do complexo de troca e cátions são saturados por bases trocáveis) e mesmo álicos (mais de 50% do complexo de troca de cátions são saturados pelo íon alumínio). No Amazonas, os Argissolos, em sua maioria, apresentam reação extremamente a moderadamente ácida (Figura 6.8). Na região oeste do estado do Amazonas, muitas das ocorrências de Argissolos apresentam reduzida drenagem interna (EMBRAPA, 1982; TEIXEIRA et al., 2009), que condiciona o aparecimento de um horizonte com caráter plíntico, resultante de processos de oxidação e redução do ferro devido à variação da aeração causada por encharcamentos temporários.



**Figura 6.8** - Perfil típico de Argissolo (Rio Preto da Eva, AM).

No Apêndice III é apresentado o perfil típico de um Argissolo Amarelo no estado do Amazonas.

A generalização da aptidão agrícola dos Argissolos é difícil pela variabilidade de atributos de interesse agrônomo, como: profundidade efetiva, textura binária (por exemplo, média/argilosa, argilosa/muito argilosa), fertilidade, caráter plíntico e sua ocorrência em diferentes fases de relevo. Contudo, aqueles que ocorrem em relevo plano e suave ondulado, sem limitações de caráter físico, supridas as exigências de corretivos e fertilizantes que os cultivos exigirem, são os que apresentam melhores condições ao uso agrícola intensivo no estado. Em relevo ondulado, são normalmente indicados para culturas permanentes, devido à elevada suscetibilidade à erosão hídrica.

## Latossolos

A classe dos Latossolos compreende solos minerais, não hidromórficos, que apresentam normalmente uma sequência de horizontes A, Bw [horizonte mineral bastante intemperizado, evidenciado por completa ou quase completa ausência (> 4%) de minerais primários facilmente intemperizáveis; apresentam estrutura forte muito pequena ou pequena granular, ou em blocos subangulares, bem como textura franco-arenosa ou mais fina e reduzidos teores de silte] (latossólico) e C, com pouca diferenciação entre os horizontes Bw e, em geral, com transição entre os horizontes plana e difusa (Figura 6.9).



Figura 6.9 - Perfil típico de Latossolo Amarelo (Manaus, AM).

Na fração argila ocorrem minerais em avançado estágio de intemperismo. No estado do Amazonas, predominam o mineral de argila (1:1) caulinita e óxidos de ferro (goethita e hematita). A fração areia é dominada por minerais altamente resistentes ao intemperismo, principalmente o quartzo (COELHO et al., 2002) e alguns poucos fragmentos feldspáticos. Os Latossolos que ocorrem no estado do Amazonas são profundos ou muito profundos, com espessuras quase sempre superiores a 2 m (BOTSCHEK et al., 1996; LUCAS et al., 1984; MARQUES et al., 2004). Apresentam, na Amazônia Central, predomínio da fração argila, sendo classificados, em sua maioria, como argilosos ou muito argilosos (RODRIGUES et al., 1971, 1974; SHINZATO et al., 2005; TEIXEIRA, 2001).

Nos horizontes subsuperficiais, as argilas se encontram quase que em sua totalidade floculadas. As estruturas dominantes são na forma de pequena granular (fortemente desenvolvida) e em blocos subangulares. Quando há predomínio da estrutura granular, o solo adquire aspecto maciço poroso (RODRIGUES, 1995) com poros apresentando distribuição de frequência tipicamente bimodal (macro- e microporos) (TEIXEIRA et al., 2001). São bastante porosos (> de 50% de poros) e muito permeáveis. A estrutura microagregada e a distribuição de frequência bimodal dos poros dos Latossolos Amarelos fazem com que grande parte da água drene facilmente.

Latossolos com textura argilosa e muito argilosa apresentam altas tensões ("solo seco") e elevada umidade (> 20% em volume). Embora a água que se encontra dentro de microporos esteja revestindo as partículas de argila, ela não é disponível para a maioria das plantas. Os Latossolos são encontrados predominantemente em relevo plano ou suave ondulado, embora ocorram também em relevo movimentado (SHINZATO et al., 2005).

O horizonte superficial A é fraco ou moderado quando há predomínio de argila, sendo mais espesso em áreas mais arenosas. Entretanto, essa maior espessura do horizonte A nas áreas mais arenosas não reflete, necessariamente, maior estoque de carbono, dado que esses teores são relativamente baixos nessas camadas. Apresenta em sua condição original a vegetação de floresta primária, com boa a excelente drenagem, mesmo quando a textura for muito argilosa. Na parte da Amazônia Central, próximo a Manaus, em condições naturais de elevada permeabilidade e bem estruturados, são pouco suscetíveis aos processos de erosão hídrica.

Os Latossolos no Amazonas apresentam predominantemente caráter distrófico ou álico. Os valores predominantes de pH indicam solos de reação extremamente a moderadamente ácidos. Os estudos dos horizontes superficiais dos Latossolos indicam predominância de cargas superficiais líquidas negativas e, conseqüentemente, dominância de capacidade de troca de cátions sobre a troca de ânions. Nas camadas inferiores, em algumas localidades são encontrados valores positivos indicando o predomínio de cargas positivas nesses solos, caráter denominado ácrico

(SHINZATO et al., 2005). No estado do Amazonas ocorrem, predominantemente, Latossolos Amarelos; entretanto, há ocorrência, em menor escala, de Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelhos.

Apresentam baixa fertilidade natural, com teores muito reduzidos de bases trocáveis e fósforo. Possuem relativamente alta saturação de alumínio, tendo, contudo, potencial de uso para a agricultura e a pecuária, face às boas propriedades físicas e ao relevo plano e suave ondulado, o que facilita seu manejo e mecanização. As limitações decorrentes da baixa fertilidade e acidez elevada os tornam exigentes em corretivos e adubos químicos e orgânicos.

No Apêndice III são apresentados dados típicos de um perfil de Latossolo Amarelo ocorrente no estado do Amazonas.

### Cambissolos

Essa classe compreende solos minerais não hidromórficos, com estágio intermediário de formação se comparados aos Argissolos ou Latossolos. No Amazonas, são solos rasos e imperfeitamente drenados, com reduzida fertilidade (Figura 6.10). A classe textural é bastante variável, mas na região oeste do estado do Amazonas são caracterizados pelos elevados teores de silte. A maioria dos perfis de Cambissolos descritos no Amazonas é álico, com deficiência generalizada de nutrientes. São solos ácidos ou muito ácidos, com teores baixos a médios de matéria orgânica. Os teores de fósforo trocável são muito baixos. Quanto à sua utilização, depende da forma do relevo onde ocorrem.



Figura 6.10 - Perfil típico de Cambissolo (Coari, AM).

Na região do rio Urucu (TEIXEIRA et al., 2009), esses solos apresentam drenagem interna do perfil muito reduzida.

No Apêndice III é apresentado um perfil típico de um Cambissolo na Amazônia Central.

### Plintossolos

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), os Plintossolos são solos minerais que apresentam horizonte plíntico [horizonte mineral de espessura igual ou maior que 15 cm, caracterizado pela presença de plintita em quantidade igual ou superior a 15% por volume de solo; a plintita se refere a um material rico em óxidos de ferro, ou de ferro e alumínio, com a propriedade de endurecer irreversivelmente (petroplintita), sob efeito de ciclos alternados de umedecimento e secagem], petroplíntico ou litoplíntico (Figura 6.11). A característica mais marcante dessa classe de solos é a presença de manchas ou mosqueados avermelhados (plintita), geralmente compondo um mosqueado de cores bem contrastantes (tons de amarelo e vermelho) com a matriz (geralmente esbranquiçada) (SHINZATO et al., 2005).

Quando apresentam concreções endurecidas (petroplintita), são denominados Plintossolos Pétricos. As petroplintitas, localmente denominadas “piçarras”, são frequentemente utilizadas para revestimento de estradas vicinais. Os Plintossolos, normalmente, são encontrados em áreas deprimidas, planícies aluvionais e terços inferiores de encosta, situações que implicam reduzida drenagem. São geralmente imperfeitamente drenados, à exceção dos que



Figura 6.11 - Perfil típico de Plintossolo (Humaitá, AM).

apresentam como petroplínticos, estes, em sua maioria, no estado do Amazonas, são bem drenados. Os Plintossolos Pétricos, geralmente, são encontrados em relevo suave ondulado e ondulado.

No estado do Amazonas predominam os caracteres distróficos ou álicos. Na região sul do estado (municípios de Humaitá, Lábrea e Canutama), são os solos predominantes em grandes áreas sob a vegetação de cerrados ou campos (MARTINS et al., 2003; MACEDO e TEIXEIRA, 2009). É interessante frisar que essa fase de vegetação (cerrados ou campos), que ocorre no Brasil Central por uma limitação da água disponível, no Amazonas sua ocorrência é devida ao encharcamento dos Plintossolos nos períodos de maior precipitação. Os Plintossolos, no sul do estado, apesar de ocorrerem em relevo plano e suave ondulado, propícios à mecanização, apresentam limitações devido à reduzida drenagem e baixa fertilidade (EMBRAPA, 1997). Para cultivo de grãos nesses solos com problemas de drenagem, é necessária a implantação de eficientes sistemas de drenos, pois há dificuldade de colheita e perdas causadas pelo excesso da água no solo e falta de aeração (MACEDO e TEIXEIRA, 2009).

No Apêndice III é apresentado um perfil típico de um Plintossolo na Amazônia.

## Espodossolos

Os Espodossolos são solos predominantemente arenosos, com acúmulo de matéria orgânica e compostos de ferro e/ou alumínio em profundidade (Figura 6.12). Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006), os Espodossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte diagnóstico subsuperficial B espódico (Bh) [horizonte mineral subsuperficial que apresenta acumulação iluvial de matéria orgânica e compostos de alumínio, com presença ou não de ferro iluvial; em geral, a estrutura do horizonte B espódico é maciça e pode se apresentar sob forma consolidada e de consistência extremamente dura; nesse caso, é denominado "orstein"].

A estrutura é fraca, pequena, granular ou grãos simples no horizonte A e maciça no horizonte B espódico. No Amazonas são geralmente profundos, com acentuado contraste de cor entre os horizontes, sendo, por isso, facilmente distinguíveis no campo. Ao horizonte A, de cor cinza-escuro ou preto, segue-se um horizonte E esbranquiçado, que, por sua vez, é normalmente seguido por um horizonte de coloração preto-amarronzada (horizonte Bh). Apresentam reduzida fertilidade e são fortemente ácidos (SHINZATO et al., 2005). No Amazonas, predominantemente nos Espodossolos, ocorre vegetação de campinarana, sendo que, em várias dessas ocorrências, devido à limitada drenagem do horizonte espódico, há um encharcamento temporário nos períodos de maiores precipitações. Paradoxalmente, esses solos, pela textura arenosa e estrutura em grão soltos, apresentam reduzida capacidade de armazenamento de água; por conseguinte, a vegetação que cresce nesses



Figura 6.12 - Perfil típico de Espodossolo (Rio Preto da Eva, AM).

locais sofre períodos de estresse por deficiência hídrica nos períodos de estiagem.

Possuem sérias restrições ao uso agrícola, condicionadas pela textura arenosa: fertilidade natural muito baixa, reduzida capacidade de reter água e nutrientes e, no caso do horizonte espódico cimentado ("orstein"), há restrições pelo excesso de água devido à drenagem deficiente do horizonte espódico.

No Apêndice III é apresentado um perfil típico de um Espodossolo no estado do Amazonas.

## Gleissolos

Compreendem solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei – horizonte mineral subsuperficial ou eventualmente superficial caracterizado por cores neutras ou mosqueadas que refletem a prevalência de processos de redução, com ou sem segregação de ferro, em decorrência de saturação por água durante algum período ou o ano todo (Figura 6.13).

São solos mal ou muito maldrenados em condições naturais, tendo o horizonte A cores desde cinzentas a pretas, espessura entre 10 e 50 cm e teores variáveis de carbono orgânico. São solos formados sob vegetação hidrófila ou higrófila herbácea, arbustiva ou arbórea. A maioria das ocorrências no Amazonas apresenta encharcamento durante longos períodos do ano, o que resulta em condições anaeróbicas e consequente redução do íon férrico para o íon ferroso, no processo denominado gleização. Esse processo se caracteriza pela presença de cores acinzentadas ou azuladas, consequência da solubilização do ferro, que se transloca e reprecipita formando, em muitas ocorrências, um mosqueado de cores.



**Figura 6.13** - Perfil típico de Gleissolo (Parintins, AM).

A maior parte dos Gleissolos do estado do Amazonas desenvolveu-se a partir de sedimentos quaternários, nas proximidades dos cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfia, em áreas abaciadas ou depressões. Em algumas áreas, verifica-se a presença de Gleissolos nas posições mais elevadas da paisagem (região do rio Urucu, município de Coari) onde, nas épocas das chuvas, ocorre um encharcamento na superfície do solo (caráter epiáquico) que se prolonga por vários meses.

No estado do Amazonas, a maioria dos Gleissolos apresenta elevada fertilidade (TEIXEIRA et al., 2008). A natureza do material de origem, a posição na paisagem (pequena diferença de cota em relação ao nível das águas no período seco), as condições restritas de drenagem e as inundações periódicas a que estão sujeitos esses solos resultam em reduzida taxa de intemperismo, sendo, por isso, os solos mais novos da paisagem. Apresentam pouca estruturação e teores elevados de silte e areia fina. Na maior parte do estado do Amazonas, não apresentam processos de erosão intensos, especialmente devido ao relevo plano a suave ondulado onde ocorrem e à pequena diferença de cotas entre o nível do solo e o nível das águas.

No Apêndice III é apresentado um perfil típico de um Gleissolo no estado do Amazonas.

### Neossolos Flúvicos

Essa classe de solo compreende solos minerais pouco desenvolvidos, apresentando pequena expressão dos processos pedogenéticos como consequência de características do próprio material, de sua resistência ao intemperismo ou composição química, e do relevo, que podem impedir ou

limitar a sua evolução. Os Neossolos Flúvicos estão associados principalmente ao dique aluvial (barrancos dos rios) e às partes mais elevadas do interior da várzea, enquanto os Gleissolos ocorrem na parte mais interior e mais rebaixada da várzea (Figura 6.14). Nessa classe estão incluídos os solos que, no antigo sistema de classificação, foram classificados, principalmente, como Solos Aluviais. Os Neossolos Flúvicos do estado do Amazonas ocorrem principalmente às margens dos rios e lagos associados aos grandes rios. Os que apresentam caráter eutrófico estão associados ao processo de colmatagem de sedimentos ricos do rio Solimões e seus afluentes de águas barrentas (Madeira, Juruá, Purus etc.), enquanto os distróficos, aos rios de água preta (Negro, Urubu etc.), onde a quantidade de sedimentos é reduzida e há teores elevados de ácidos orgânicos dissolvidos na água (VIEIRA e SANTOS, 1987).

Em sua grande maioria, os Neossolos Flúvicos, assim como os Gleissolos, no estado do Amazonas, são solos com elevada fertilidade natural, desempenhando importante papel na produção agrícola familiar da região. São intensamente utilizados pelos agricultores ribeirinhos durante o período de vazante, para o cultivo de hortaliças, feijão caupi e plantas fibrosas (juta e malva). Entretanto, apresentam sérias restrições às culturas perenes e à silvicultura, devido, principalmente, ao alagamento durante longos períodos. Sua potencialidade agrícola também é em função de sua posição na paisagem próxima a rios, o que, teoricamente, facilita o escoamento por via fluvial. Nas áreas de ocorrências dos Neossolos Flúvicos e dos Gleissolos ocorre, frequentemente, o desbarrancamento das margens no leito do rio, fenômeno conhecido localmente como "terras caídas".



**Figura 6.14** - Perfil típico de Neossolo Flúvico (Iranduba, AM).

No Apêndice III é apresentado o perfil típico de um Neossolo Flúvico no estado do Amazonas.

### Neossolos Quartzarênicos

São solos minerais, hidromórficos ou não, geralmente profundos, essencialmente arenosos, pouco desenvolvidos a partir de sedimentos arenoquartzosos ou de arenitos, caracterizados por completa ausência de horizonte B diagnóstico (Figura 6.15).



**Figura 6.15** - Perfil típico de Neossolo Quartzarênico com horizonte A antrópico (Parintins, AM).

A fração areia representa pelo menos 70% do total de sólidos minerais do solo (EMBRAPA, 2006). A estrutura é muito fraca, pequena granular, com aspecto maciço e/ou grãos simples. A coloração é bastante variável, podendo apresentar tonalidades acinzentadas, amareladas ou avermelhadas, em função da presença de óxidos de ferro. São normalmente bem a excessivamente drenados e sua capacidade de retenção de água é muito reduzida. A fertilidade natural é muito baixa, com carência generalizada de nutrientes. Devido a tais características, esses solos apresentam restrições para uso e necessitam de grande aporte de corretivos e fertilizantes para se tornar produtivos, o que geralmente não apresenta viabilidade econômica.

No Apêndice III é apresentado o perfil típico de um Neossolo Quartzarênico no estado do Amazonas.

### TERRAS PRETAS DE ÍNDIO

As Terras Pretas de Índio (TPI), denominadas *Amazonian Dark Earths* em língua inglesa, são áreas encontradas principalmente na Amazônia, cujos solos apresentam

horizontes superficiais escuros e férteis (epieutróficos). As cores escuras desses horizontes superficiais são devidas à elevada concentração de algumas formas aromáticas de carbono (*black carbon*), de origem predominantemente pirogênica (GLASER, 2007), muito estáveis e de alto poder pigmentante. Adicionalmente, apresentam grande densidade de cargas negativas, que confere a esses horizontes elevada capacidade de troca de cátions (CTC) (LIANG et al., 2006). Essas áreas são também caracterizadas por elevadas concentrações dos cátions: cálcio, magnésio, zinco e manganês (GLASER, 2007; KÄMPF e KERN, 2005; LEHMANN et al., 2003; SMITH, 1980).

Os horizontes enriquecidos das TPIs também apresentam, normalmente, artefatos cerâmicos arqueológicos e elevada concentração de fósforo total e disponível para plantas (P), quando comparados com os solos adjacentes formados do mesmo material de origem (GLASER e WOODS, 2004; KÄMPF e KERN, 2005; KERN e KÄMPF, 1989; LEHMANN et al., 2003; SOMBROEK, 1966; TEIXEIRA et al., 2009; WOODS et al., 2009). Datações por meio de técnicas radiocarbônicas indicam que a formação e ocupação das áreas de TPI ocorreram principalmente entre 500 e 2500 anos antes do presente (A.P.) (NEVES et al., 2004).

Os solos que apresentam os horizontes típicos das TPIs não têm uma classificação específica no sistema brasileiro de classificação de solos, sendo caracterizados nos levantamentos como solos com horizonte A antrópico, de Argissolos e Latossolos e, menos frequentemente, da classe dos Plintossolos e Espodossolos (TEIXEIRA et al., 2008) (Figura 6.16).

A maioria das TPIs estudadas e mapeadas até o momento no estado do Amazonas se encontra principalmente nas áreas de terra firme (livres da inundação anual dos rios), em barrancos altos próximos (*bluffs*) às calhas dos grandes rios (Solimões, Amazonas, Urubu, Negro). Nas áreas de várzeas (Gleissolos), também são encontrados horizontes antrópicos; entretanto, frequentemente estão soterrados (MACEDO e TEIXEIRA, 2009; TEIXEIRA e MARTINS, 2003).

A origem das TPIs causou muito debate no passado. Alguns autores afirmavam que as TPIs eram férteis antes dos assentamentos e da influência antrópica e que a população indígena havia sido atraída para lá devido à fertilidade daquelas áreas. Várias hipóteses de origens geogênicas também foram levantadas: acúmulo de cinzas vulcânicas; sedimentação de lagos etc. As primeiras suposições da origem antrópica das TPIs surgiram na década de 1940, mas até a década de 1980 a hipótese de origem não-antrópica das TPIs era comum. Kämpf e Kern (2005) procedem a uma revisão histórica dessa questão e fornecem todas as referências originais dos trabalhos com as diferentes hipóteses.

Ranzani (1980) classificou corretamente alguns horizontes superficiais típicos das TPIs como de origem antrópica. Sombroek (1966) descreveu no platô de Belterra, às margens do rio Tapajós, no Pará, alguns perfis de TPI e também alguns horizontes amarronzados, aos quais denominou Terras Mulatas (TM). Ambos os horizontes foram considerados como de origem antrópica; porém, acredita-



**Figura 6.16** - Perfil típico de Argissolo com A antrópico (Terra Preta de Índio) (Iranduba, AM).

-se que as TMs foram formadas por manejo intencional, realizado com finalidades de melhoria da qualidade do solo para produção agrícola. A influência antrópica na formação e nas características das TPIs e TMs foram corroboradas por dados de Hilbert (1968), Smith (1980), Pabst (1985), Woods e McCann (2001), Neves et al. (2003) e Teixeira et al. (2007).

As TPIs na Amazônia Central têm fortes evidências de ser resultado da atividade antrópica, por meio da incorporação de resíduos orgânicos que adquiriram caráter recalcitrante pelo uso do fogo. Principalmente, os resíduos vegetais foram carbonizados e adquiriram elevada capacidade de reter os nutrientes catiônicos adicionados através de resíduos de origem animal (ossos, sangue, pele e vísceras) e de origem vegetal (cascas, sobras de alimentos, folhas de palmeiras utilizadas nas coberturas das habitações) (KÄMPF e KERN, 2005; LIMA et al., 2002, SCHAEFER et al., 2004). Recentemente, tem sido também estudado o provável enriquecimento da TPI por excrementos (BIRK et al., 2008). Especula-se que, provavelmente, alguma prática ritualística envolvendo a carbonização dos resíduos era hábito dessas populações, o que justificaria a ocorrência de TPI em apenas algumas áreas ocupadas por populações pré-colombianas. A área de solos com horizontes antrópicos na Amazônia foi estimada entre 6.000 e 18.000 km<sup>2</sup> (SOMBROEK et al., 2003). Há algumas estimativas ainda maiores, mas, se existem TPIs nessa densidade e tamanho, estas não foram adequadamente mapeadas, provavelmente esses números estão superestimados. As TPIs, normalmente, são áreas de aproximadamente dois a quatro hectares (SMITH, 1980), mas TPIs com dezenas de hectares, como os sítios Hatahara, Caldeirão e Açutuba, no município de Iranduba, e mesmo centenas de hectares, têm sido também relatadas (por exemplo, Santarém e Autazes).

Dada a grande extensão de muitos sítios arqueológicos na Amazônia Central (PETERSEN et al., 2001) e considerando-se a ineficiência dos instrumentos agrícolas de madeira e machados de pedra para a prática da agricultura de corte e queima (DENEVAN, 2001), acredita-se que as tribos pré-

-colombianas provavelmente utilizavam métodos de cultivo intensivo nas áreas de várzea (onde estas eram disponíveis) e o cultivo semipermanente (nas Terras Mulatas) e permanente (nas Terras Pretas de Índio).

A elucidação das formas da agricultura pré-colombiana é um fator crucial que poderá apontar soluções para práticas agrícolas na atualidade na região tropical. A elevada fertilidade e a sustentabilidade das TPIs incitam esforços para compreensão de sua gênese e dos mecanismos de sua estabilidade que apresentam grande resiliência, mantendo suas boas qualidades químicas (elevada fertilidade e altos teores de matéria orgânica) e físicas, mesmo com o uso intensivo (TEIXEIRA e MARTINS, 2003). A possibilidade de replicar o manejo para criação ou recuperação de solos com características semelhantes poderá aumentar o tempo de uso das terras e reduzir a pressão de desmatamento sobre áreas de vegetação primária na Amazônia. Uma vez conhecidos os processos e mecanismos de formação das TPIs, estes poderão ser utilizados na recuperação de solos degradados, reincorporando áreas abandonadas ao processo produtivo.

## REFERÊNCIAS

BIRK, J. et al. Origin of nutrients in Amazonian dark earths as assessed by molecular markers. In: WORLD ARCHAEOLOGICAL CONGRESS, 6., 2008, Dublin. **Abstracts...** Dublin: WAC, 2008. p. 1-5.

BOTSCHEK, J. et al. Soil chemical properties of a toposequence under primary rain forest in the Itacoatiara vicinity (Amazonas, Brazil). **Geoderma**, [Amsterdam], v. 72, p. 119-132, 1996.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**: folha EM 20 Manaus – geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1978. 628 p. + mapas.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**: folha EM 21 Santarém – geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1976. 552 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 10).

CETEC. **Levantamento de reconhecimento de solos e aptidão agrícola em áreas abrangidas pelo PDRI, AM, município de Manacapuru**. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1986a. 185 p. + mapa.

CETEC. **Levantamento de reconhecimento de solos e aptidão agrícola em áreas abrangidas pelo PDRI, AM, município de Parintins**: relatório técnico final. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1986b. 169 p. + mapa.

CETEC. **Levantamento semidetalhado de solos e aptidão agrícola em áreas abrangidas pelo PDRI, AM, município de Barreirinha.** Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1986c. 177 p.

CETEC. **Levantamento semidetalhado de solos e aptidão agrícola em áreas abrangidas pelo PDRI, AM, município do Careiro.** Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1986d. 125 p.

CHAUVEL, A. Contribuição para o estudo da evolução dos latossolos amarelos, distróficos, argilosos na borda do platô, na região de Manaus: mecanismos de gibbsitização. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 2, n. 2, p. 227-245, 1985.

CHAUVEL, A. Os latossolos amarelos distróficos, argilosos dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha. **Acta Amazônica**, Manaus, n. 12, p. 47-60, 1982. Suplemento.

CHAUVEL, A.; LUCAS, Y.; BOULET, R. On the genesis of the soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia, Brazil. **Experientia**, n. 43, p. 234-241, 1987.

COELHO, M. R. **Levantamento pedológico de uma área-piloto relacionada ao projeto BiosBrasil (Conservation and sustainable management of below-ground biodiversity: phase I), município de Benjamin Constant (AM).** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005.

COELHO, M.R.; SANTOS, H.G.; SILVA, H. F; AGLIO, M. L. D. O recurso natural solo. In: MANZATTO, C. V.; JUNIOR, E. F.; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 1-11.

DENEVAN, W. M. **Cultivated landscapes of native Amazônia and the Andes.** Oxford: Oxford University Press, 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras de uma área de colonização no município de Careiro, estado do Amazonas.** [Manaus:] EMBRAPA, 1984a.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras de uma área de colonização no município de Uruará, estado do Amazonas. **Boletim de Pesquisa**, [Rio de Janeiro], n. 30, 97 p., 1984b.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras de uma área de colonização no município de Barreirinha, estado do Amazonas. **Boletim de Pesquisa**, [Rio de Janeiro], n. 32, 96 p., 1984c.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras de 21.000 hectares no município de Tefé, Amazonas.** [Manaus:] EMBRAPA, 1983a.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento exploratório dos solos que ocorrem ao longo da rodovia Manaus-Porto Velho.** [Manaus:] EMBRAPA, 1983b.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras de área-piloto no município de Barreirinha, estado do Amazonas.** [Manaus:] EMBRAPA, 1982.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Mapa de solos do Brasil:** escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1981. 1 mapa, color.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos e Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1979, Manaus. **Guia de Excursão...** Manaus: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1979. 71 p.

GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, [S.I.], v. 362, p. 187-196, 2007.

GLASER, B.; WOODS, W. (Eds.). **Amazonian dark earth: explorations in space and time.** Berlin: Springer, 2004.

HILBERT, P. **Archaeologische untersuchungen am mittleren Amazonas marburger studien zur volkerkunde.** Berlin: Verlag Dietrich Reimer, 1968.

IBGE. **Base pedológica da Amazônia legal.** Base em formato digital referente a levantamento em escala de detalhe compatível com a escala de 1:250.000. Manaus: IBGE/SIPAM, 2001.

IPEAN. Os solos da área Cacau-Pirêra-Manacapuru. Belém: IPEAN, 1970. 198 p + 1 map. (Série: Solos da Amazônia, v. 2-3).

KÄMPF, N.; KERN, D. C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In: VIDAL-TORRADO,

P. et al. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. v. 4, p. 277-320.

KERN, D. C. **Geoquímica e pedogeoquímica de sítios arqueológicos com terra preta na floresta nacional de Caxiuanã (Portel-Pará)**. 1996. 124 f. Tese (Doutorado em Geoquímica) – Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

KERN, D. C. **Caracterização pedológica de solos com terra preta arqueológica na região de Oriximiná**. 1988. 232 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

KERN, D. C.; KÄMPF, N. O efeito de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológica na região de Oriximiná-PA. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, [S. l.], n. 13, p. 219-225, 1989.

KLINGE, H. Podzol soils in the Amazon basin. **Journal of Soil Science**, London, v. 16, n. 96, p. 1-3, 1965.

LEHMANN, J. et al. **Amazonian dark earths: origin, properties, management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2003. 523 p.

LIANG, B., J. et al. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. **Soil Science Society of American Journal**, [S.l.], n. 70, p. 1719, 2006.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micro-morfologia de solos da Amazônia ocidental**. 2001. 176 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

LIMA, H. N. et al. Pedogenesis and pre-colombian land use of terra preta anthrosols ("indian black earth") of western Amazonia. **Geoderma**, [Amsterdam], v. 110, n. 1-2, p. 01-17, 2002.

LUCAS, Y. et al. Transição latossolos-podzóis sobre a formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 3, p. 325-335, set./dez., 1984.

MACEDO, M.; TEIXEIRA, W. G. Sul do Amazonas, nova fronteira agropecuária? O caso do município de Humaitá. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 24., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 5933-5940.

MACEDO, R. S.; TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C. Caracterização de dois perfis com horizonte antrópico (terra preta de índio) no lago do Limão, AM. In: CONGRESSO DA ABEQUA: ESTUDOS DO QUATERNÁRIO E A RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL, 11., 2007, Belém. **Anais...** Belém: ABEQUA; UFPA, 2007.

MARBUTT, C. F., MANIFOLD, C. B. The soils of the Amazon basin in relation to their agricultural assistential. **Geographical Review**, n. 16, p. 414-442, 1926.

MARQUES, J. D. O. et al. Estudo de parâmetros físicos, químicos e hídricos de um latossolo amarelo na região Amazônica. **Acta Amazônica**, Manaus, n. 34, p. 145-154, 2004.

MARTINS, G. C. et al. Ocorrência de horizontes antrópicos (terra preta de índio) em neossolos quartzarênicos no município de Parintins-AM, Brasil. CONGRESSO DA ABEQUA: ESTUDOS DO QUATERNÁRIO E A RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL. 11., 2007, Belém. **Anais...** Belém: ABEQUA/UFPA, 2007.

MARTINS, G. C.; VERGAAGH, M.; TEIXEIRA, W. G.; MARTIUS, C.; GOMES, L. Alterações nos atributos físicos do solo em decorrência da manipulação de resíduos da vegetação secundária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. Solo: alicerce dos sistemas de produção. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD ROM.

MARTINS, G. C.; TEIXEIRA, W. G.; FERREIRA, M. M. O sistema de plantio convencional de grãos degrada os plintossolos das savanas da região de Humaitá-AM. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: UFMT; SBSCS, 2002. p. 1-4.

NEVES, E. G. et al. Historical and socio-cultural origins of Amazonian dark earths. In: LEHMANN, J. et al. (Eds.). **Amazonian dark earths: origin, properties and management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 29-50.

NEVES, E. G. et al. The timing of terra preta formation in the central Amazon: archaeological data from three sites. In: GLASER, B.; WOODS, W.I. (Eds.). **Amazonian dark earths: explorations in space and time**. Berlin: Springer, 2004. p. 125-134.

PABST, E. **Terra preta do índio: chemische kennzeichnung und ökologische bedeutung einer brasilianischen indianerschwarzerde**. Fakultät für Geowissenschaften. München: Ludwig-Maximilian Universität, 1985. 362 p.

PETERSEN, J.B.; NEVES, E.G.; HECKENBERGER, M. J. Gift from the past: terra preta and prehistoric amerindian occupation in Amazonia. In: McEWAN, C.; BARRETO, C.; NEVES, E. G. (Eds.). **Unknown Amazon: culture in nature in ancient Brazil**. Londres: The British Museum Press, 2001. 86 p.

RANZANI, G. Identificação e caracterização de alguns solos da estação experimental de silvicultura tropical do INPA. **Acta amazônica**, Manaus, v. 10, n. 1, p. 7-41, 1980.

RANZANI, G.; KINJO, T.; FREIRE, O. Ocorrência de "Plagen Epidedon" no Brasil. **Boletim Técnico Científico da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, [São Paulo], n. 5, p. 1-11, 1962.

RODRIGUES, T. E. Solos da Amazônia. In: ALVAREZ, V. H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS/UFV, 1995. p. 19-60.

RODRIGUES, T. E.; SILVA, B. N. R. da; MORIKAWA, I. K.; VIANA, J. A. Solos da rodovia PA-70, trecho Belém-Brasília-Marabá. Belém: IPEAN, 1974. p. 1-192. (Boletim Técnico, 60).

RODRIGUES, T. E. et al. **Solos do distrito agropecuário da SUFRAMA (trecho km 30/km 79 – Rod. BR-174, Manaus-AM)**. [Manaus]: IPEAOC, 1971. 99 p. (Série: Solos V.1, n. 1).

SCHAEFER, C. E. G. R. et al. Micromorphology and electron microprobe analysis of phosphorus and potassium forms of an indian black earth (IBE) anthrosol from western Amazonia. **Australian Journal of Soil Research**, [Austrália], n. 42, p. 401-409, 2004.

SHINZATO, E. et al. **Os solos do distrito agropecuário da Suframa – DAS**. Manaus: [S. n.], 2005.

SILVA, B. N. R. et al. **Os solos da área Cacau-Pirêra-Manacapuru**. Belém: IPEAN, 1970.

SMITH, N. J. H. Anthrosols and human carrying capacity in Amazônia. **Association of American Geographers**, [S.I.], v. 70, p. 553-566, 1980.

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.

SOMBROEK, W. et al. Amazonian dark earths as carbon stores and sinks. In: LEHMANN, J. et al. (Eds.). **Amazonian dark earths: origin, properties and management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2003.

SOUZA, K. W. D. et al. Forma de fósforo em terras pretas de índio da Amazônia brasileira com diferentes granulometrias. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28., 2008, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA; SBCS; IAPAR; UEL, 2008.

TEIXEIRA, W. G. Building a digital soil data base of the Solimões river region in the Brazilian Central Amazon. In: HARTEMINK, A. E. et al. (Eds.). **Digital soil mapping**

**with limited data**. Heidelberg: Springer, 2008. p. 327-335.

TEIXEIRA, W. G. Land use effects on soil physical and hydraulic properties of a clayey Ferralsol in the central Amazon. **Bayreuther Bodenkundliche**, Berichte, v. 72, n. 1, 2001.

TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C. Caracterização de terras pretas de índio no médio rio Urubu, município de Rio Preto da Eva, AM. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005.

TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C. Estabilidade de agregados como indicador da qualidade física do solo em terra preta de índio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD ROM. p. 1-5.

TEIXEIRA, W. G. et al. (Eds.). **As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2009. 421 p.

TEIXEIRA, W. G.; ARRUDA, W. da C.; LIMA, H. N.; IWATA, S. A.; MARTINS, G. C. Building a digital soil data base of the Solimões river region in the Brazilian Central Amazon. In: HARTEMINK, A. E.; MCBRATNEY, A.; MENDONÇA-SANTOS, M. de L. (Org.). **Digital soil mapping with limited data**. Heidelberg: Springer, 2008, v. p. 50-64.

TEIXEIRA, W. G. et al. Os solos das várzeas próximas à calha do rio Solimões-Amazonas no estado do Amazonas. In: WORKSHOP GEOTECNOLOGIAS APLICADAS ÀS ÁREAS DE VÁRZEA DA AMAZÔNIA, 1., 2007, Manaus. **Anais...** Manaus: IBAMA, 2007. p. 29-36.

TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C.; LIMA, H. N. An amazonian dark earth profile description from a site located in the floodplain (várzea) in the Brazilian Amazon. In: CONGRESSO DE ARQUEOLOGIA DA COLÔMBIA, 3., 2004, [S. I.] **Anais...** [S.I.: s. n.] 2004.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 416 p.

WOODS, W. I.; MCCANN, J. M. Origen y asistencia de las tierras negras de la Amazonía. In: HIRAOKA, M., MORA, S. (Eds.). **Desarrollo sostenible em la Amazonía: mito o realidad?** Quito: Abya-Yala. 2001.

WOODS, W. I. et al. (Eds.). **Amazonian dark earths: win sombroek's vision**. Belin: Springer, 2009.

# 7

## RISCO GEOLÓGICO

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

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Introdução .....	89
Tipos de riscos geológicos presentes no estado do Amazonas .....	89
Inundações.....	89
Movimentos de massa .....	92
Erosão .....	94
Erosão pluvial.....	94
Erosão fluvial .....	97
Referências.....	100



## INTRODUÇÃO

Em função do desenvolvimento econômico do país, diversas cidades brasileiras vêm sofrendo rápido crescimento populacional, o qual, frequentemente, acontece de maneira desordenada, causando uma pressão significativa no meio físico, a partir de uso e ocupação inadequados dos solos. Com a alteração do meio físico sem o pleno conhecimento de suas características geológicas, geotécnicas, adequabilidades e limitações naturais, ocorre o surgimento de áreas com riscos geológicos.

Segundo Pfaltzgraff et al. (2008), o risco geológico caracteriza uma situação de potencial ameaça a pessoas e bens materiais e econômicos por um evento geológico, havendo a possibilidade de quantificação das eventuais perdas. Entre os diversos tipos de risco geológico, os identificados no estado do Amazonas e que serão abordados neste capítulo são: inundações, movimentos de massa, erosão e assoreamento.

## TIPOS DE RISCO GEOLÓGICO PRESENTES NO ESTADO DO AMAZONAS

Segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2008 o estado do Amazonas possuía 3.341.096 habitantes, dos quais aproximadamente 51% viviam na capital (Manaus). O estado alcançou um grande crescimento populacional no início do século XX, devido ao período áureo da borracha, e após a instalação do Polo Industrial de Manaus, na década de 1960.

Com a expansão das fronteiras urbanas, sem planejamento adequado, ocorreu a ocupação de muitas áreas impróprias para uso, o que tem gerado resultados negativos para a população amazonense, com o surgimento de áreas suscetíveis a riscos geológicos.

No estado do Amazonas, as áreas suscetíveis a tal tipo de riscos estão associadas, principalmente, à ocupação das margens da rede de drenagem, sujeitas a inundações e ao solapamento dos taludes dos canais fluviais, uma vez que praticamente todos os municípios amazonenses possuem suas sedes localizadas nas margens dos grandes rios (Amazonas, Negro, Solimões, Madeira, Purus, Juruá, Japurá e Javari).

Na cidade de Manaus e em seu entorno, onde o processo de ocupação foi mais intenso, além das inundações e

erosão na orla fluvial, são observados também outros tipos de riscos, como movimentos de massa (escorregamentos), erosão de encostas (ravinas e voçorocas) e assoreamento.

## Inundações

As inundações são processos naturais e ocorrem periodicamente, em função da dinâmica fluvial, quando há transbordamento das águas de um rio para suas áreas marginais, conhecidas como planícies de inundação ou várzeas, durante os períodos chuvosos. O processo de transbordamento é consequência da elevação do nível de água de um rio, quando a vazão é superior à capacidade de descarga do canal (CHRISTOFOLETTI, 1981; OLIVEIRA, 1998) (Figura 7.1).

A inundação fluvial está associada à enchente ou cheia (acréscimo na descarga por certo período de tempo), assoreamento do canal e barramentos (INFANTI Jr. e FORNASARI FILHO, 1998).

Quando o homem ocupa as planícies de inundação de modo inadequado, também está passível aos riscos de inundação. Segundo Pimentel et al. (2007), as pessoas que habitam tais áreas estão sujeitas a danos à integridade física e a perdas materiais e patrimoniais.

O estado do Amazonas está inserido em sua totalidade na bacia do rio Amazonas, a maior bacia hidrográfica do mundo, com uma área de drenagem superior a 6.000.000 km<sup>2</sup>. O rio Amazonas é também o maior sistema fluvial do mundo em descarga líquida e é o coletor que recebe águas e sedimentos de uma grande variedade de tributários, como Madeira, Negro, Juruá, Japurá e Purus (LATRUBESSE et al., 2005).

As cheias na Bacia Amazônica ocorrem alternadas nos grandes afluentes do Amazonas: por exemplo, o rio Madeira normalmente tem o máximo de sua cheia no final de abril e o rio Negro, no final de junho. Já no rio Solimões, a parte do rio Amazonas que vai da fronteira tríplice Brasil-Colômbia-Peru até a cidade de Manaus, o nível máximo de cheia ocorre em maio (Figura 7.2).

De acordo com Oliveira et al. (2008), as cheias fluviais na Amazônia são fenômenos naturais que fazem parte da dinâmica dos rios. No caso específico das cheias que ocorrem na orla de Manaus, elas são causadas, em sua maior parte, pelas contribuições do rio Solimões e de seus afluen-

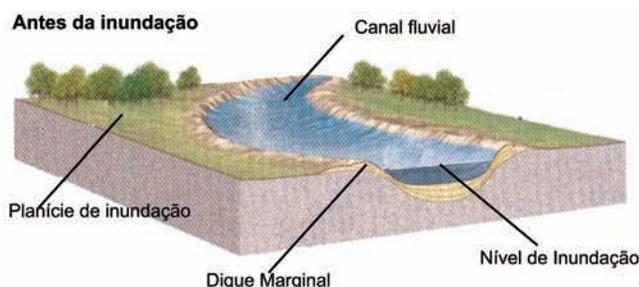


Figura 7.1 - Ilustração do processo de inundação de um rio. Fonte: Modificado de Press et al. (2006).



**Figura 7.2** - Transbordamento das águas do rio Solimões para sua planície de inundação em junho de 2007, no baixo rio Solimões (Manacapuru, AM).

tes da margem direita e, em menor grau, pelos tributários da margem esquerda, inclusive o próprio rio Negro. Essas cheias apresentam um longo tempo de percurso, devido às grandes dimensões da bacia hidrográfica e à pequena declividade observada nos leitos dos seus principais rios.

Desde 1902 são realizados trabalhos de medição fluviométrica no Sistema Solimões-Negro-Amazonas. Durante esse período, as duas maiores cheias registradas em Manaus ocorreram nos anos de 1953 e 2009. Na cheia de 1953, o nível do rio Negro atingiu o máximo de 29,69 m (cota arbitrária) e inundou diversas áreas da zona urbana de Manaus (Figuras 7.3, 7.4 e 7.5).

No ano de 2009, ocorreu a maior cheia já registrada em Manaus, mais precisamente no dia 29 de junho, quando o nível do rio Negro atingiu a marca de 29,75 m. De acordo com dados da Defesa Civil (2009), o Amazonas foi o estado



**Figura 7.3** - Vista parcial da rua Visconde de Mauá, na cheia de 1953 (centro de Manaus, AM). Fonte: Herrán (2002).

com o maior número de municípios diretamente atingidos pelas cheias de 2009, com 44 cidades afetadas pelas inundações, 41.970 pessoas desalojadas e 8.649 desabrigadas. A estimativa final foi de que 304 mil pessoas tenham sido afetadas de uma maneira ou de outra.

Segundo CPRM (2009), a situação mais crítica entre as cidades do Alto Rio Solimões, durante a cheia de 2009, ocorreu em Benjamin Constant, onde mais de 800 famílias moradoras da orla do rio Javari, conforme cadastro da Defesa Civil local, foram afetadas (Figura 7.6).

A maioria das 62 cidades amazonenses está localizada às margens dos grandes rios, em suas amplas planícies de inundação, que correspondem ao domínio das planícies aluvionares recentes e, em algumas porções, ao domínio dos terraços aluvionares, o que as torna, portanto, passíveis às inundações (Figura 7.7).

Na cheia de 2009, vários pontos da capital amazonense foram atingidos (Figuras 7.8, 7.9 e 7.10).



**Figura 7.4** - Vista parcial do igarapé São Raimundo na cheia de 1953. Fonte: Herrán (2002).



**Figura 7.5** - Vista parcial da alfândega e da torre de controle dos troles, da ponte flutuante do Porto de Manaus, na cheia de 1953. Fonte: Herrán (2002).



Figura 7.6 - Vista parcial de área alagada no bairro Javarizinho (Benjamin Constant, AM).Fonte: CPRM (2009).



Figura 7.8 - Vista parcial da orla da Ponta Negra, em Manaus (AM), na cheia de 2009.



Figura 7.9 - Vista parcial do alagamento na rua Eduardo Ribeiro, parte do centro comercial de Manaus (AM), na cheia de 2009.

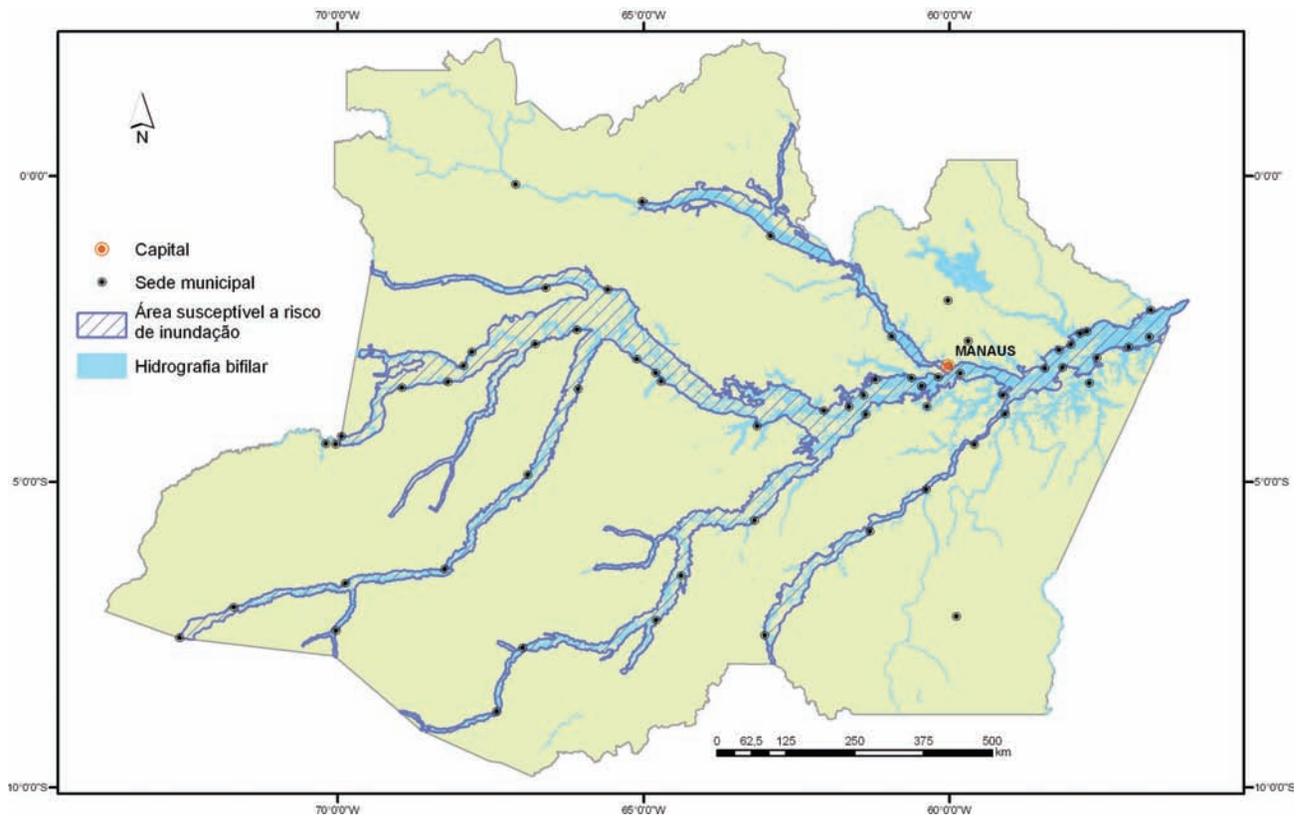


Figura 7.7 - Mapa do estado do Amazonas, com a localização das 62 sedes municipais e as áreas de risco de inundação.



Figura 7.10 - Registro do nível da água do rio Negro no dia 24 de junho de 2009, no Porto Hidroviário de Manaus, que atingiu a marca de 29,69m, igualando-se ao nível máximo da cheia de 1953.

## Movimentos de Massa

Os movimentos de massa correspondem a todos os deslocamentos gravitacionais que promovem a movimentação de solos, rochas ou ambos (CHRISTOFOLETTI, 1981; PIMENTEL et al., 2007). O processo pode ser natural ou induzido pela interferência humana no meio físico, o qual pode acelerar e ampliar tais processos de instabilização das encostas. Possuem um papel importante na evolução do relevo e têm sua ocorrência nas vertentes. Quando ocorrem em zonas habitadas, eles assumem, em geral, proporções catastróficas, uma vez que causam danos materiais e perdas de vidas humanas (GUIMARÃES et al., 2008).

Os movimentos de massa podem ser classificados de diversas maneiras, em função da grande variedade de materiais, processos e fatores condicionantes (GUIMARÃES et al., 2008; AUGUSTO FILHO apud PIMENTEL et al., 2007), porém, no estado do Amazonas predominam os escorregamentos, caracterizados por movimentos rápidos, bruscos, com um plano de ruptura definido, o qual separa o material deslizado do não movimentado (SUMMERFIELD, 1991).

Em geral, os escorregamentos apresentam como condicionantes *naturais* as características dos solos e rochas, o relevo (inclinação das encostas), vegetação, clima e nível freático (PIMENTEL et al., 2007). Já as principais causas *antrópicas* dos escorregamentos, segundo Oliveira (1998), são: concentração de águas pluviais; lançamento de águas servidas nas encostas; vazamentos na rede de abastecimento de água; existência de fossas sanitárias; declividade e altura excessivas de cortes; execução inadequada de aterros; deposição de lixo ou existência deste em meio aos aterros; remoção indiscriminada da cobertura vegetal (Figura 7.11).

No ano de 2002, em Manaus, foi formada uma comissão técnica com a finalidade de identificar as edificações com risco de desabamento na orla fluvial da capital. A comissão foi composta por técnicos do CREA-AM, da CPRM/SGB, do Ministério Público e de diversos órgãos da Prefeitura Municipal de Manaus (Defesa Civil, Secretaria Municipal de

Obras e Serviços Básicos (SEMOSB), Empresa Municipal de Urbanização (URBAM) etc.).

De acordo com o relatório final dessa comissão (CPRM, 2002), uma das conclusões obtidas foi a de que a orla de Manaus, no rio Negro, está sujeita principalmente a processos de escorregamento e erosão dos tipos ravinhas e voçorocas. Tais processos são decorrentes tanto das características geológico-geotécnicas da Formação Alter do Chão, na qual a cidade está assentada, como do processo de ocupação desordenada do solo.

A Formação Alter do Chão é constituída por arenitos, argilitos, arenitos caulíníticos e restritos arenitos silicificados, estes conhecidos como "arenito Manaus". Em geral, os sedimentos da Formação Alter do Chão são fracamente consolidados e estão sob um extenso manto de intemperismo, que pode atingir 20 m de espessura, capeado por latossolo amarelo. O processo de laterização gerou também níveis concrecionários ferruginosos resistentes que, muitas vezes, sustentam o topo dos taludes da orla da cidade de Manaus.

Deve-se ressaltar, como fator natural de predisposição aos escorregamentos, o relevo da região, muito dissecado em interflúvios com encostas ravinadas e interflúvios tabulares com densa rede de drenagem, o que gera alta declividade dos terrenos com desníveis topográficos de amplitude média de 30 m (Figuras 7.12 e 7.13) (COSTA et al., 1978; CPRM, 2002).

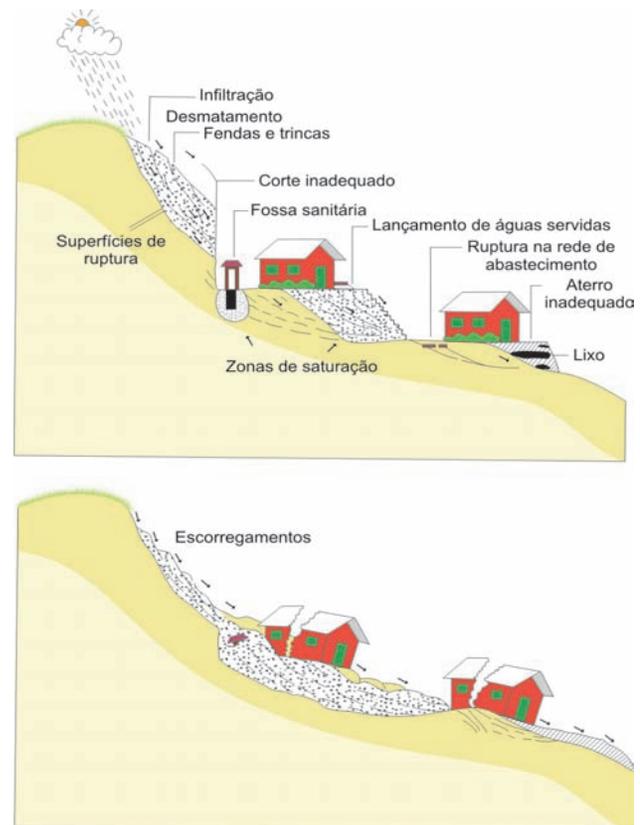


Figura 7.11 - Ilustração das principais atividades antrópicas indutoras de escorregamentos em encostas. Fonte: Oliveira (1998).



**Figura 7.12** - Vista lateral da geometria e da alta declividade dos taludes da orla fluvial de Manaus, ao longo da margem esquerda do rio Negro (Manaus, AM).  
Fonte: CPRM (2002).



**Figura 7.13** - Vista frontal de um trecho da orla de Manaus (AM), mostrando a disposição das moradias, no bairro de Educandos, ao longo do talude fluvial.

Outra característica importante a ser levada em conta, que condiciona boa parte dos processos erosivos em Manaus, é o forte controle neotectônico na região. Segundo Costa et al. (1996), a estruturação da região do baixo rio Negro é definida principalmente por falhas normais de direção NW-SE, que interagem com falhas maiores E-W, transcorrentes dextrais. Essas direções coincidem com os eixos das principais ravinas e voçorocas observadas em Manaus, corroborando a ideia de que tais processos erosivos são concordantes com os lineamentos estruturais locais e regionais.

De acordo com CPRM (2002), outro fator deflagrador de processos erosivos na orla da cidade de Manaus é antrópico, ou seja, a ocupação humana desordenada. Durante os trabalhos da comissão técnica retromencionada, foram identificadas 12 áreas de risco de escorregamento na zona urbana de Manaus, nas quais foram mapeadas as moradias sob risco de desabamento, sendo esse risco categorizado em quatro graus: iminente, alto, médio e baixo (Quadro 7.1). Os estudos ocorreram em uma área limitada pela distância de 100 m da quebra de relevo que forma a margem do rio Negro.

Durante as avaliações, os autores adotaram como método principal de trabalho a observação detalhada de cada moradia, buscando a existência de indicadores (trincas no chão ou em paredes, estruturas inclinadas, processos erosivos instalados, presença de lixo ou entulho, aterros etc.) para hierarquização das situações de risco.

**Quadro 7.1** - Classificação do grau de risco a desabamento e número de moradias atingidas na orla da cidade de Manaus.

Classificação do Risco / Número de Moradias					
Área de risco	Iminente	Alto	Médio	Baixo	Total
001 – Compensa	00	09	03	04	16
002 – Compensa	02	23	06	04	35
003 – Compensa	04	20	10	07	41
004 – Compensa	00	25	21	00	46
005 – São Raimundo	00	10	03	22	35
006 – São Raimundo	00	26	13	00	39
007 – São Raimundo	12	33	14	02	61
008 – São Raimundo	00	14	29	00	43
009 – São Raimundo	12	04	43	02	61
010 – Educandos	06	19	05	04	34
011 – Educandos	04	23	23	00	50
012 – Mauzinho	00	07	19	07	33
<b>Total Geral</b>	<b>40</b>	<b>213</b>	<b>189</b>	<b>52</b>	<b>494</b>

Fonte: CPRM (2002)

Nas 12 áreas de risco mapeadas, as principais intervenções antrópicas observadas, segundo CPRM (2002), foram: cortes abruptos do talude para consolidação das moradias e portos (Figuras 7.14 e 7.15); retirada da cobertura vegetal original; lançamento indevido de águas pluviais e/ou servidas na encosta (Figura 7.16), que, pela ação concentrada nos terrenos, originam e/ou aceleram os processos erosivos; presença de lixo e entulhos, normalmente preenchendo ravinas e voçorocas (Figura 7.17).

## Erosão

Segundo Suguio (2003), a erosão é um fenômeno natural que engloba diversos processos, tais como desgaste,

transporte e acumulação, que transformam e modelam a superfície terrestre, por meio de seus agentes naturais, como chuvas, rios, ventos, geleiras e mares. No estado do Amazonas, além dos movimentos de massa, os processos erosivos que atuam com mais intensidade estão ligados principalmente à ação das chuvas (erosão pluvial) e dos rios (erosão fluvial).

## Erosão pluvial

A erosão pluvial ocorre não apenas pelo gotejamento das águas de chuva sobre a superfície, provocando a erosão por salpico, mas também pela existência do escoamento superficial (*run-off*) e pela água de infiltração (SUGUIO,



**Figura 7.14** - Moradias adjacentes a cortes abruptos, suscetíveis a escorregamentos (Parque São Pedro, Manaus, AM).



**Figura 7.15** - Moradias localizadas em cortes abruptos, próximas à área que já sofreu escorregamento (Parque São Pedro, Manaus, AM).



**Figura 7.16** - Lançamento de águas servidas diretamente em encosta íngreme, contribuindo para sua destabilização (São Raimundo, Manaus, AM).  
Fonte: CPRM (2002).



**Figura 7.17** - Presença de lixo e entulho em encosta íngreme (Compensa II, Manaus, AM). Fonte: CPRM (2002).

2003). Ao longo de uma encosta, dependendo da forma como se processa o escoamento superficial das águas de chuva, podem-se desenvolver dois tipos de erosão: laminar e linear.

Quando a declividade do terreno for pequena, predomina a erosão laminar, que recebe essa denominação devido ao escoamento superficial ocorrer de forma difusa, erodindo, teoricamente, uma lâmina homogênea de solo (GUERRA, 1994; SUGUIO, 2003).

Com o aumento da inclinação do terreno há um aumento da concentração das linhas de fluxo de *run-off*, daí predominando a erosão linear. Esta resulta em pequenas incisões nas superfícies do terreno, em forma de sulcos, que podem evoluir para ravinas. Com o aprofundamento das ravinas, havendo contribuição dos fluxos de águas subsuperficiais, configura-se o processo conhecido por voçorocamento (CONCIANI, 2008; SUGUIO, 2003).

Os fatores condicionantes das erosões lineares profundas (voçorocas) podem ser agrupados em dois conjuntos: antrópicos, como desmatamentos e uso e ocupação do solo (agricultura, obras civis, urbanização etc.), e naturais, que determinam a intensidade dos processos, destacando-se chuva, cobertura vegetal, relevo, tipos de solo e substrato rochoso.

Em um bairro periférico de Manaus, observa-se o desenvolvimento de uma voçoroca, a partir de um sistema malplanejado de drenagem de águas pluviais. O processo erosivo, em encosta naturalmente íngreme, foi potencializado pela força das águas pluviais, que foram canalizadas e lançadas na cabeceira da encosta (Figura 7.18).

A cidade de Manaus encontra-se em intenso processo de ocupação urbana. Em seu entorno, concentra-se a pequena malha rodoviária do estado do Amazonas, representada pelas rodovias federais BR-174 e BR-319 e pelas rodovias estaduais AM-010 e AM-240. Ao longo dessas vias de acesso, tanto em Manaus como no entorno são registradas inúmeras formas erosivas do tipo ravinas e voçorocas.

A Rodovia BR-174, que liga Manaus a Boa Vista, capital de Roraima, e daí à fronteira com a Venezuela, é fundamental para o transporte de cargas na região, principalmente do combustível que abastece Roraima a partir da refinaria localizada em Manaus. Ao longo de seu eixo, são registrados vários pontos com voçorocamentos. A proximidade dessas feições erosivas com a rodovia, juntamente com a evolução dos processos de erosão, implica sérios problemas socioeconômicos e ambientais.

O traçado inicial da BR-174, próximo a Manaus, passa por várias cabeceiras de drenagem, afluentes da margem esquerda do igarapé Tarumã-Açu, e as voçorocas estão localizadas principalmente na interseção da estrada com a rede de drenagem, tanto as de primeira como as de segunda ordem (Figura 7.19). Alguns trabalhos, como os



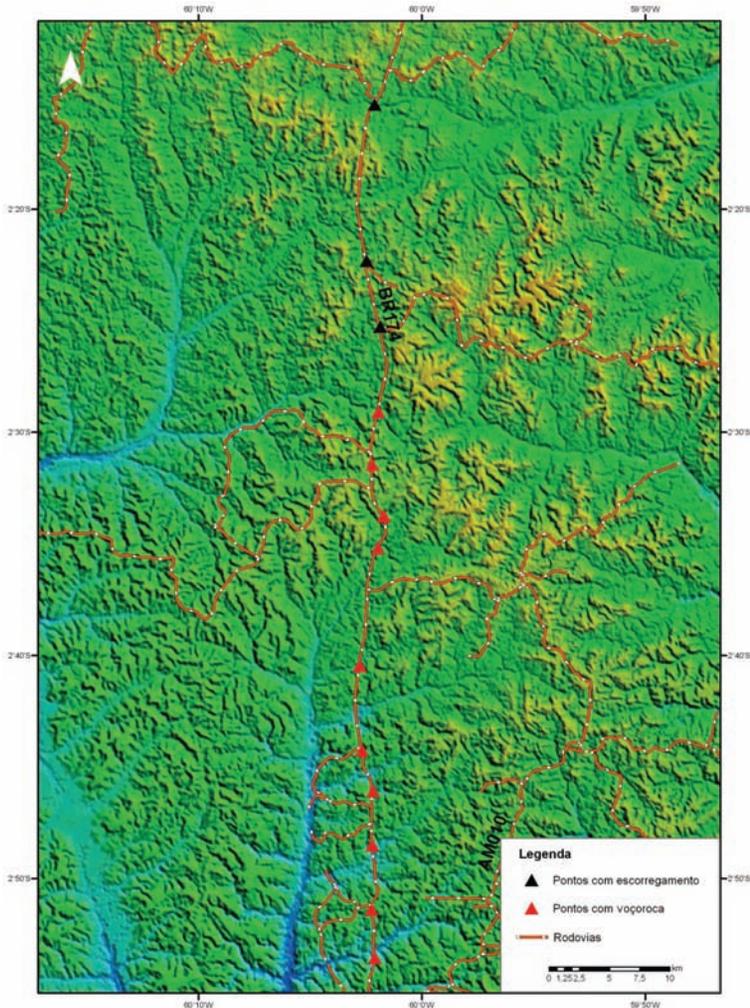
**Figura 7.18** - Vista frontal de voçoroca existente na comunidade Grande Vitória, bairro periférico de Manaus (AM).

de Molinari et al. (2009) e Vieira e Albuquerque (2004), procedem a uma caracterização morfométrica detalhada dessas voçorocas, que apresentam, em geral, formas retangulares e lineares e ocorrem paralelas ao traçado da estrada (Figura 7.20).

No Mapa Geodiversidade do Estado do Amazonas, essa região está inserida na unidade geoambiental denominada “Predomínio de arenitos e arenitos caulíníticos”, que possui como substrato os sedimentos arenosos friáveis da Formação Alter do Chão, os quais geram solos do tipo Latossolo Amarelo, bastante suscetíveis à erosão. A desagregação natural dos solos ocorre principalmente pela influência do impacto das gotas de chuva. Na região, o período com maior precipitação pluviométrica compreende os meses de janeiro a abril.

Outro fator que condicionou a deflagração dos processos erosivos ao longo da BR-174 foi o mau dimensionamento das canaletas e tubulações pelas quais a água da chuva escoava. Segundo Conciani (2008), com a construção da estrada há redução da permeabilidade do solo, e, conseqüentemente, quando ocorrem as chuvas, aumenta o fluxo das águas superficiais no leito da estrada, que escoam para as suas bordas pelas canaletas e tubulações. Essas canaletas apresentam poucos metros de comprimento e são construídas em concreto. Nesse tipo de estrutura, o volume e a velocidade das águas pluviais são intensificados e, quando essas águas canalizadas chegam ao ponto de descarga e entram em contato com o solo sem vegetação, há um aumento significativo em seu poder erosivo, levando ao surgimento e à evolução das voçorocas na lateral da estrada (Figura 7.21).

Para confirmar que tais feições erosivas trazem risco à população, em maio de 2008, no Km 14 da Rodovia BR-174, cerca de 250 m de pista cederam em função do avanço de uma voçoroca (Figura 7.22).



**Figura 7.19** - Espacialização de parte do trecho inicial da rodovia BR-174, próximo a Manaus (AM), sobre modelo digital de elevação de terreno, ressaltando o traçado que passa por várias cabeceiras de drenagem.



**Figura 7.20** - Voçoroca com forma linear que ocorre paralelamente ao traçado da rodovia BR-174, entre as cidades de Manaus e Presidente Figueiredo (AM).

Além dos fatores citados, deve-se ressaltar a erosão das áreas de empréstimo como um dos processos deflagradores das voçorocas na BR-174. Essas áreas são locais onde há extração de materiais da construção civil (piçarra e/ou argilas), de uso imediato, que atendem às necessidades das obras de engenharia, como a construção e manutenção de rodovias. No entanto, com a retirada de substrato, há também a retirada da cobertura vegetal, levando à exposição do solo, que se torna mais suscetível à erosão pluvial. À medida que a erosão atua, pode ocorrer o desenvolvimento de voçorocas.

Associado às voçorocas, e como uma de suas consequências, foi verificado também o assoreamento de drenagens ao longo da BR-174. O processo consiste na acumulação excessiva de sedimentos em meio aquoso ou aéreo, que ocorre quando a força do agente transportador natural (curso d'água ou vento) é sobrepujada pela força da gravidade, ou quando a supersaturação das águas permite a deposição de partículas sólidas (INFANTI Jr. e FOENASARI FILHO, 1998).

No caso da BR-174, observa-se que o assoreamento está ligado aos processos de desagregação do solo, cujas partículas são carreadas pelo escoamento superficial, tendo como principal agente de transporte as águas pluviais. Essas partículas são levadas até o fundo dos vales, onde são depositadas como sedimentos.

O assoreamento das drenagens acarreta um desequilíbrio ambiental, uma vez que leva à morte da vegetação ciliar e reduz a vazão natural dos cursos d'água, o que pode provocar enchentes (Figuras 7.23 e 7.24).



**Figura 7.21** - Canaletas de concreto, construídas ao longo da rodovia BR-174, que drenam as águas pluviais da rodovia para as bordas da estrada.



**Figura 7.22** - Vista geral do desmoronamento de parte da pista da rodovia BR-174 (km 14), em função do avanço de uma voçoroca.



**Figura 7.23** - Imagem de satélite que mostra uma área assoreada às margens da BR-174 (Km 24). Fonte: Google Earth. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em: nov. 2009.

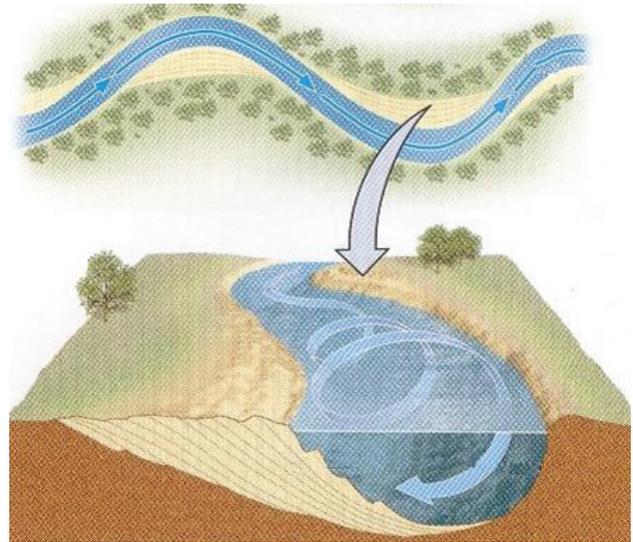


**Figura 7.24** - Assoreamento de drenagem às margens da BR-174 (Km 24).

## Erosão fluvial

A erosão fluvial está associada à dinâmica natural dos rios e é causada pela força da correnteza das águas fluviais, que retiram detritos do fundo e, principalmente, das margens dos rios, promovendo o desgaste na base dos taludes e o consequente desmoronamento de barrancos.

Nos rios amazônicos, são observados vários trechos com atuação mais intensa da erosão fluvial. Na região, os fenômenos de desmoronamento de barrancos recebem o nome de “terras caídas”. Em tais fenômenos, percebe-se a grande influência da abrasão fluvial, associada predominantemente à erosão das margens côncavas do canal, que promove o seu solapamento, conforme descrito por Christofoletti (1981) (Figura 7.25).



**Figura 7.25** - Ilustração da erosão fluvial nas margens côncavas do canal, que desencadeia o solapamento dos taludes. Fonte: Modificado de Press et al. (2006).

Na margem esquerda do rio Solimões, entre os municípios de Iranduba e Codajás, são observados diversos trechos com “terras caídas”, os quais atingem extensões de dezenas de metros. São caracterizados por escorregamentos do tipo rotacional, representados por superfícies de ruptura côncava, que deslocam grande quantidade de material de maneira rotacional (Figuras 7.26, 7.27 e 7.28). O fenômeno “terras caídas” ocorre principalmente na unidade geoambiental denominada “Planícies Aluvionares Recentes”, cujo substrato são sedimentos siltico-arenosos friáveis, inconsolidados, facilmente desagregáveis.

Nos últimos anos, no estado do Amazonas, são registrados vários exemplos de municípios que vêm sofrendo com problemas decorrentes do avanço da erosão fluvial ao longo das zonas urbanas, ocasionando o comprometimento de suas respectivas orlas, como observado nas cidades de Parintins e Barreirinha, situadas na região do baixo Amazonas (Figuras 7.29 e 7.30).



**Figura 7.26** - Esquema ilustrativo mostrando o escorregamento do tipo rotacional, processo que origina o fenômeno "terras caídas". Fonte: Guimarães et al. (2008).



**Figura 7.27** - Vista frontal de trecho da margem esquerda do rio Solimões, com o fenômeno "terras caídas", onde é possível observar as superfícies de ruptura curva côncava (Manacapuru, AM).

Segundo CPRM (2009), a cidade de São Paulo de Olivença é a que apresenta a mais extensa área sob alto risco de escorregamento, representada por sua orla fluvial, onde os taludes do rio Solimões mostram uma configuração topográfica e geológica que coloca em risco de desmoronamento dezenas de moradias situadas em seu topo e na meia-encosta. Situação semelhante, porém em área mais restrita, ocorre nas cidades de Tonantins, Santo Antônio do Içá, Tefé, Jutá e Amaturá.

A zona urbana de Jutá, na margem esquerda do rio Solimões, devido à declividade e à constituição litológica dos taludes fluviais sobre os quais se assenta, é muito suscetível à ocorrência de "terras caídas" (Figura 7.31). Nesse caso, o fenômeno erosivo, registrado em novembro de 2008, atuou sobre sedimentos arenosos da Formação Içá e a ruptura do barranco foi do tipo planar.

Nas áreas de situação mais crítica em Tefé e Jutá, mapeadas como de risco iminente de escorregamento por CPRM (2009), recomendou-se a imediata retirada dos poucos ocupantes, ainda que temporária, com sua transferência para locais a ser definidos pelos gestores municipais.



**Figura 7.28** - Vista lateral das superfícies de ruptura, curva côncava característica das áreas com "terras caídas", margem esquerda do rio Solimões (Anamá, AM).



**Figura 7.29** - Vista panorâmica da região do matadouro em Parintins, afetada pelo solapamento das margens do Rio Amazonas. Fonte: Hugo Galúcio.



**Figura 7.30** - Vista panorâmica de parte da orla de Barreirinha, comprometida por erosão fluvial. Fonte: Hugo Galúcio.

A área urbana da cidade de Barcelos, localizada na margem direita do rio Negro, vem sofrendo danos em sua infraestrutura, em função do fenômeno “terras caídas”. A cidade está assentada sobre os sedimentos arenosos da Formação Içá, que são facilmente desagregáveis e suscetíveis à erosão fluvial. Em julho de 2008, parte de um muro de um posto de gasolina, localizado na orla da cidade, desabou, em virtude de desmoronamento do barranco (Figura 7.32).

No município de Parintins, foi observado um fenômeno de “terras caídas” de grandes proporções, o qual foi designado de “Evento Saracura”. O evento ocorreu no dia 2 de março de 2007, no intervalo de 11 às 17 horas, na Enseada da Saracura, margem direita do rio Amazonas, na área da comunidade Costa da Águia, distante 35 km a NW da sede de Parintins.

Segundo Vilas Boas e Bueno (2007), o evento provocou o abatimento intermitente de camadas de sedimentos da base para o topo em uma extensão de quase 500 m, em intervalos de tempo, o que gerou ondas intensas no leito do rio, tendo como consequência 130 vítimas, com morte de um agricultor; danos em 32 residências localizadas nas proximidades da margem afetada; perda de aproximadamente 20 ha de malva; perda de três embarcações e duas residências; perda do cultivo de agricultura de subsistência familiar (Figuras 7.33 e 7.34).



**Figura 7.31** - Vista frontal de talude subvertical do rio Solimões, na orla de Jutai, que sofreu ruptura planar (“terras caídas”), afetando as fundações do prédio de um frigorífico. Fonte: CPRM (2009).



**Figura 7.32** - Desabamento do muro de um posto de gasolina na orla da cidade de Barcelos (AM).



**Figura 7.33** - Local do “evento Sacarura”, fenômeno de “terras caídas” de grandes proporções, na margem direita do rio Amazonas. Fonte: Vilas Boas e Bueno (2007).



**Figura 7.34** - Vista parcial de local próximo ao “evento Saracura”, onde se observam embarcações deslocadas para fora do canal do rio. Fonte: Vilas Boas e Bueno (2007).

## REFERÊNCIAS

- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981. 313 p.
- CONCIANI, W. **Processos erosivos: conceitos e ações de controle**. Cuiabá: CEFET-MT; KCM Editora e Gráfica, 2008. 148 p.
- COSTA, R. C. R.; NATALI-FILHO, T.; OLIVEIRA, A. A. B. Geomorfologia: Folha SA.20. Manaus. In: Brasil. DNPM. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SA.20. Manaus: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1978. p. 167-231. [Levantamento de Recursos Minerais, 18].
- COSTA, J. B. S. C. et al. Neotectônica da região amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 23-44, 1996.
- CPRM. **Relatório final da comissão técnica para identificação das edificações em risco de desabamento da orla de Manaus-AM**. Manaus: CPRM, 2002. CD-ROM.
- CPRM. **Avaliação das águas de abastecimento público, da destinação dos resíduos sólidos, das áreas de risco geológico e dos insumos minerais para construção civil nas sedes dos municípios situados na região do alto Solimões (AM)**. Manaus: CPRM, 2009.
- DEFESA CIVIL. **Amazônia vive maior cheia de todos os tempos**. Disponível em: <<http://www.defesacivil.gov.br/midia/corpo.asp?id=54328>>. Acesso em: 15 ago. 2009.
- GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 149-199.
- GUIMARÃES, R. F. et al. Movimentos de massa. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 159-184.
- HERRÁN, J. **1953: a grande cheia**. Manaus: Sonora, 2002. CD-ROM. [Editado por Joaquim Bernardo Dias dos Santos].
- INFANTI JR., N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Eds.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia; Oficina de Texto, 1998. 586 p.
- LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C.; SANTOS, M. L.; ASSINE, M. L. Grandes sistemas fluviais: geologia, geomorfologia e paleohidrologia. In: SOUZA, C.R.G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (Eds.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 276-297.
- MOLINARI, D. C.; ALVES, N. S.; DONALD, A. R. Notas geológico-geomorfológicas da BR-174: trecho Manaus-Santo Antônio do Abonari (Presidente Figueiredo) – Amazonas (AM). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa. **Anais...** Disponível em: <[http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo11/023.pdf](http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo11/023.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2009.
- OLIVEIRA, L.M. **Guia de prevenção de acidentes geológicos urbanos**. Curitiba: MINEROPAR, 1998. 52 p.
- OLIVEIRA, D.; LOPES, E. S.; OLIVEIRA, M. A. **Relatório da cheia 2008**. Manaus: CPRM, 2008. 35 p.
- PEREIRA, H. G.; ANDRETTA, E. R. **Diagnóstico das Áreas de Risco Localizadas ao Longo da Orla de Parintins-AM**. Manaus-AM. CPRM, 2010. 47p.
- PFALTZGRAFF, P. A. S. et al. Riscos geológicos. In: SILVA, C. R. (Ed.). **Geodiversidade do Brasil**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p. 135-146.
- PIMENTEL, J.; FERREIRA, C. E. O.; VIANA, S. M. **Curso de capacitação de técnicos municipais para prevenção e gerenciamento de riscos de desastres naturais em municípios do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Ministérios das Cidades/IPT, 2007. 73 p.
- PRESS, F. et al. **Para entender a Terra**. Tradução de Rualdo Meneget. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 656 p.
- SUMMERFIELD, M. A. **Global geomorphology: an introduction to the study of landforms**. Edinburgh: Longman, 1991.
- SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003. 400 p.
- VIEIRA, A. F. G.; ALBUQUERQUE, A. R. C. Cadastramento de voçorocas e análise do risco erosivo em estradas: BR -174 (trecho Manaus-Presidente Figueiredo). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA E I ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 5., 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004. p. 50-55.
- VILAS BOAS, J. M.; BUENO, R. F. **Relatório de vistoria do evento Saracura/Costa da Águia, município de Parintins, estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2007. 8 p.

# 8

## ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS

Sílvia Cristina Benites Gonçalves (*silvia.goncales@cprm.gov.br*)

José Luiz Marmos (*jose.marmos@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Introdução .....	103
Principais atrativos geoturísticos .....	103
Patrimônio espeleológico .....	103
Patrimônio geomineiro .....	104
Patrimônio paleontológico .....	105
Sítio geológico .....	105
Geoparques .....	106
Polos de ecoturismo do Amazonas e os atrativos geoturísticos .....	108
Polo de ecoturismo Amazonas .....	108
Polo de ecoturismo Saterê .....	109
Polo de ecoturismo Madeira .....	110
Polo de ecoturismo Solimões .....	110
Polo de ecoturismo Purus-Juruá .....	111
Unidades de conservação abertas à visitação .....	111
Referências .....	113



## INTRODUÇÃO

Geoturismo pode ser definido como o turismo ecológico com base em informações e atrativos geológicos. Abrange monumentos naturais, parques geológicos, afloramentos de rocha, cachoeiras, cavernas, sítios fossilíferos, paisagens, fontes termais, minas desativadas e outros pontos ou sítios de interesse geológico.

Em função de seus valores científicos e econômicos, o levantamento do patrimônio geoturístico de uma região é de grande importância para a sociedade. Ele pode ser dividido em patrimônios geológicos, geomorfológicos e paisagísticos, os quais, somados às características ecológicas ou histórico-culturais, devem ser preservados e conservados pela comunidade local e visitantes. Nesse contexto, o levantamento do patrimônio geoturístico contribui para o desenvolvimento das atividades de preservação, conservação e sustentabilidade aliadas ao lazer e à educação, por meio da exposição dos estudos geocientíficos de maneira compreensível ao público leigo (SILVA, 2008).

Os principais atrativos geoturísticos do estado do Amazonas são representados por complexos de serras, cavernas, corredeiras, minas, afloramentos geológicos, praias de rio, arquipélagos e sítios arqueológicos (Figura 8.1).

## PRINCIPAIS ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS

O estado do Amazonas possui forte vocação geoturística devido a sua rica geodiversidade abrigar uma série de locais considerados de interesse ecológico e geocientífico, os quais constituem o patrimônio geoturístico do estado. Muito ainda precisa ser feito com relação ao levantamento e detalhamento desse patrimônio, mas, de maneira geral, ele pode ser dividido em: espeleológico, geológico, geomineiro, sítios geológicos e geoparques, além de inúmeras áreas de grande beleza cênica.

### Patrimônio Espeleológico

Corresponde ao conjunto de elementos bióticos e abióticos, socioeconômicos e histórico-culturais, subterrâneos ou superficiais, representados pelas cavidades naturais subterrâneas ou a estas associado, conforme Resolução CONAMA nº 347/2004, art. 2º, inciso III (CONAMA, 2004). Tais cavidades são denominadas popularmente caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna e buraco, cujas feições são resultantes de processos de dissolução, pelas águas naturais, atuantes sobre as rochas sedimentares, notadamente os calcários. Porém, essas cavidades podem se desenvolver

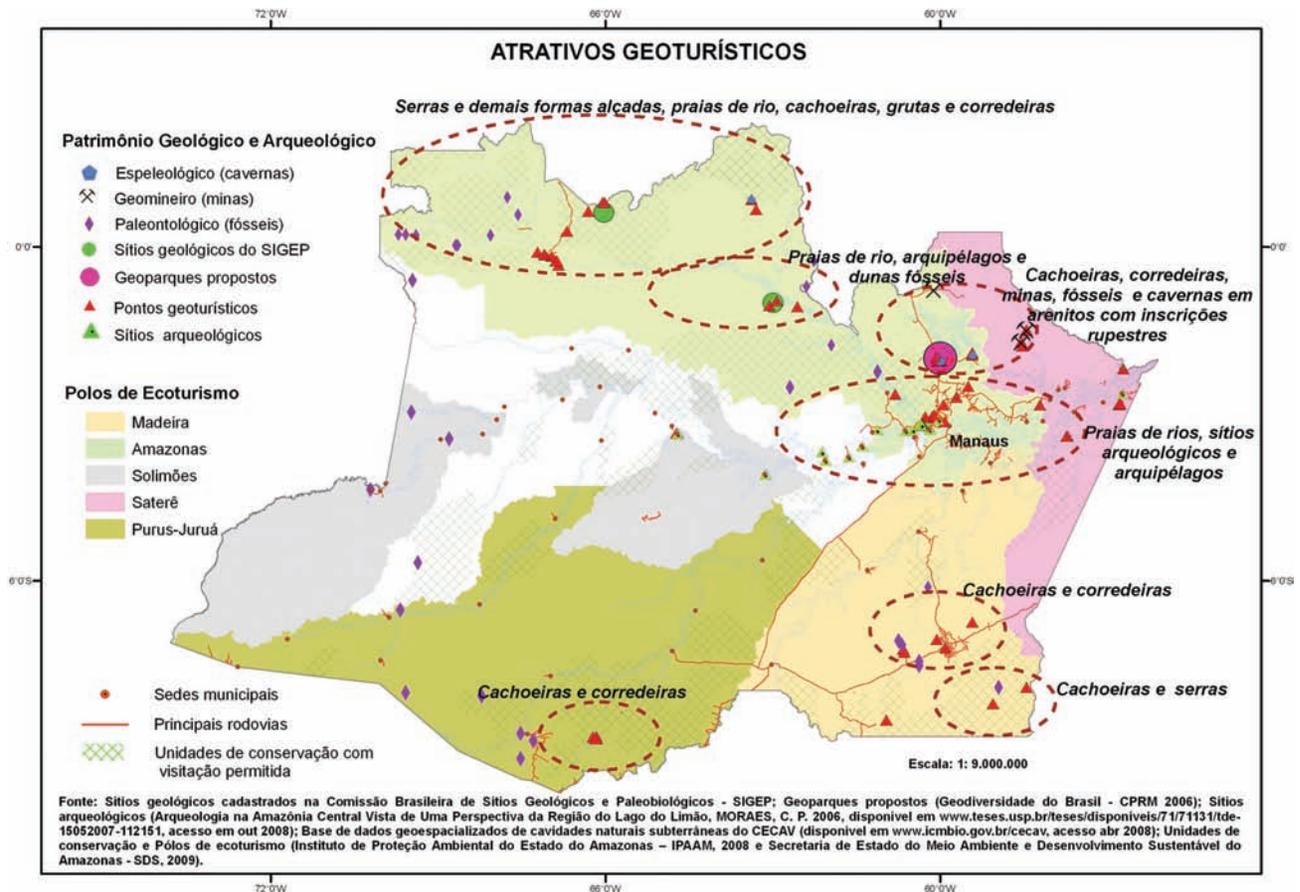


Figura 8.1 - Cartograma com os atrativos geoturísticos do mapa geodiversidade do estado do Amazonas.

também em mármore, arenitos e quartzitos. A paisagem que se forma nesse tipo de ambiente é de grande beleza cênica, de gênese complexa, formada por maciços rochosos expostos, paredões ou escarpas, vales, torres, depressões, dolinas e lagoas, além das próprias cavernas.

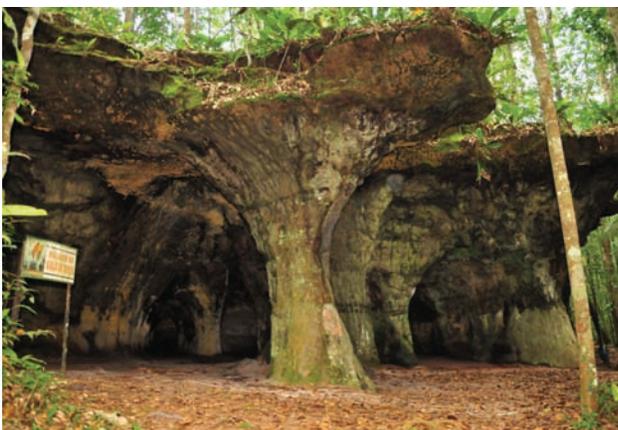
No estado do Amazonas, as áreas que apresentam patrimônio espeleológico estão concentradas principalmente no município de Presidente Figueiredo. São cavernas e grutas que possuem como peculiaridade o fato de terem sido formadas sobre rochas quartzoareníticas do Grupo Trombetas, pertencente à Bacia Sedimentar do Amazonas.

O complexo de cavernas e grutas de Presidente Figueiredo se desenvolve em rochas siliciclásticas da Formação Nhamundá, de idade siluriana, cuja característica deposicional principal é a sedimentação marinha costeira com contribuição glacial.

Na região, as principais e mais conhecidas são a Caverna Refúgio do Maruaga (Figura 8.2) e as grutas: da Judeia, do Raio, Palácio do Galo da Serra (Figura 8.3), da Catedral, da Onça (Figura 8.4) e do Batismo, cujo teto exhibe inscrições rupestres (Figura 8.5).



**Figura 8.2** - Entrada da caverna Refúgio do Maruaga (beleza cênica, potencial sítio geológico, espeleológico e geomorfológico).



**Figura 8.3** - Gruta Palácio do Galo da Serra (beleza cênica, potencial sítio geológico, espeleológico e geomorfológico).

## Patrimônio Geomineiro

Pode ser entendido pelo reconhecimento de acervo mineral ou de afloramento rochoso mineralizado preservado que possibilite a reconstituição das atividades de mineração em uma região. Inclui-se, ainda, o acervo de utensílios e maquinários que possam estabelecer uma cronologia da exploração mineira. No estado do Amazonas, as minas de polimetálicos do Pitinga, de calcário do Jatapu e de manganês do rio Aripuanã (Beneficente) servem de exemplo para esse tipo de patrimônio geoturístico.

- Mina de Polimetálicos do Pitinga: Mina em plena atividade, localizada entre os municípios de Presidente Figueiredo e Urucará, com grandes reservas de cassiterita (minério de estanho), tantalita-columbita (minério de tântalo e nióbio), zirconita e criolita (mineral pouco comum, com várias aplicações, contendo flúor, sódio e alumínio) (CPRM, 2006a). No ano de 2003, a produção de estanho do Pitinga representou 80% da produção nacional (CAMPOS, 2004). A mina recebe visita técnica de estudantes de níveis médio e superior (Figura 8.6).



**Figura 8.4** - Paredão próximo à gruta do Batismo (beleza cênica, potencial sítio geológico, espeleológico e geomorfológico).



**Figura 8.5** - Inscrições rupestres no interior da gruta do Batismo (beleza cênica, potencial sítio geológico, espeleológico e geomorfológico; patrimônio arqueológico).

- Mina de calcário, ferro e gipsita do Jatapu: Localizada no município de Urucará, na bacia do rio Jatapu, essa mina se encontra sob controle do Grupo João Santos. Os bens minerais ali explorados são empregados na produção de cimento *portland*, em fábrica instalada na cidade de Manaus (CPRM, 2006a). A frente de lavra do calcário pertence à Formação Itaituba da Bacia Sedimentar do Amazonas (Figura 8.7).

- Mina de manganês: Mina desativada, denominada Cotovelo, situada cerca de 7 km a montante da localidade de Beneficente, na margem esquerda do rio Aripuanã, município de Novo Aripuanã. O minério tem aspecto concrecionário e se hospeda no interior de arenitos do Grupo Beneficente (CPRM, 2006a) (Figura 8.8).

### Patrimônio Paleontológico

Consiste no registro dos restos de animais e de vegetais ou das evidências das atividades desses organismos que

ficaram preservados nas rochas, os chamados “fósseis” (TEIXEIRA et al., 2000).

Nas cachoeiras das Orquídeas e da Asframa, no município de Presidente Figueiredo, são observados icnofósseis – estruturas biogênicas produzidas por animais e preservadas nas rocha sedimentares, no caso representadas por rastros de vermes (Figura 8.9).

### Sítio Geológico

O Brasil é signatário da Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial Cultural e Natural da United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura] (UNESCO), realizada em 1972, que tem por objetivo fundamental reconhecer os sítios culturais e naturais em âmbito mundial, de interesse excepcional e de tal valor universal, que sua proteção é considerada responsabilidade de toda a humanidade.



**Figura 8.6** - Frente de lavra na mina do Pitinga. Fonte: Nelson Reis.



**Figura 8.8** - Carcaça de locomotiva utilizada para transporte de minério na mina desativada do Cotovelo, no rio Aripuanã. Fonte: Nelson Reis.



**Figura 8.7** - Frente de lavra de calcário na mina do Jatapu. Fonte: Silvio Riker.



**Figura 8.9** - Registro de icnofósseis na cachoeira das Orquídeas (beleza cênica e potencial sítio paleontológico) (Presidente Figueiredo, AM).

No Brasil, em 1997, foi criada a Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), representada pelas seguintes entidades: Academia Brasileira de Ciências (ABC), Associação Brasileira para Estudos do Quaternário (ABEQUA), Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais 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) e Sociedade Brasileira de Paleontologia (SBP). A SIGEP tem a missão de proceder ao inventário e cadastro dos monumentos naturais e das formações geológicas e fisiográficas, com base em avaliações técnico-científicas, envolvendo os membros da comissão e a comunidade geocientífica em geral, para promover as propostas dos sítios geológicos que poderão compor os geoparques.

No estado do Amazonas, existem dois sítios geológicos cadastrados no SIGEP: o Pico da Neblina e as Dunas da Serra do Aracá (CPRM, 2006b). Há, ainda, novas áreas em estudo com potencial para serem classificadas como sítios geológicos, como o encontro das águas dos rios Solimões e Negro.

- Pico da Neblina: Localizado no município de Santa Isabel do Rio Negro, na serra do Imeri, na fronteira com a Venezuela, é o ponto culminante do Brasil, com 2.994 m de altitude (Figura 8.10). É vizinho do Pico 31 de Março, o qual apresenta altitude de 2.972 m. Ambos estão situados no Parque Nacional do Pico da Neblina, cujo acesso mais fácil parte da cidade de São Gabriel da Cachoeira, de onde saem excursões guiadas para essa unidade de conservação. Os dois picos são sustentados por rochas metassedimentares (meta-arenitos e quartzitos) da Formação Serra da Neblina. Existe proposta no SIGEP para caracterizar o Pico da Neblina também como sítio geomorfológico, pelo fato de representar o ponto culminante do Brasil.



**Figura 8.10** - Pico da Neblina (beleza cênica, potencial sítio geológico e geomorfológico). Fonte: Amazonastur.

- Dunas da Serra do Aracá: Estão localizadas no município de Barcelos. São classificadas, no SIGEP, como sítio paleoambiental, onde pode ser observado o registro geológico dos últimos 40 mil anos, incluindo dunas desenvolvidas em um contexto climático diferente do atual. A serra do Aracá é um exemplo típico de montanha de topo plano, também conhecida como mesa ou "tepuy", sustentada por rochas quartzíticas da Formação Aracá (Figura 8.11).

## Geoparques

O conceito de geoparque foi elaborado para relacionar as pessoas a seu ambiente geológico-paleontológico-geomorfológico. De acordo com a UNESCO, geoparque é uma região com limites bem definidos, envolvendo um número de sítios do patrimônio geológico-paleontológico de importância científica, raridade ou beleza, não apenas por razões geológicas, mas também em virtude de seu valor arqueológico, ecológico, histórico e/ou cultural. Deve representar um território suficientemente grande para gerar atividade econômica, notadamente por meio do turismo. Ainda segundo a UNESCO, o geoparque deve ter tamanho suficiente para contemplar um número de pequenos sítios que, tomados em conjunto, revelem feições geológicas importantes e raridade de beleza, não precisando ter somente significado geológico-paleontológico. Além disso, tem de prover, pela educação ambiental, treinamento e desenvolvimento de pesquisa científica nas várias disciplinas das geociências e dar destaque ao ambiente natural e às políticas de desenvolvimento sustentável.

O impacto local é imediato, reforçando a identificação da população com sua região e promovendo o renascimento cultural. Respeitando o meio ambiente, os geoparques estimulam, por exemplo, a criação de empreendimentos locais inovadores, pequenos negócios, indústrias de hospedagem e novos empregos. Proporcionam-se, assim, ganhos suplementares para a população local e a atração de capital privado, além do desenvolvimento científico inerente à função dos geoparques.



**Figura 8.11** - Serra do Aracá (beleza cênica, potencial sítio geológico, geomorfológico e paleoambiental). Fonte: Rasteiro et al. (2007).

A proposta de transformação de uma área em um geoparque deve ser elaborada por autoridades públicas, comunidades locais e interesses privados em conjunto. Essa proposta, após os estudos competentes, deve ser encaminhada à UNESCO, cujos técnicos responsáveis irão aprová-la ou não.

O Programa Geoparques da CPRM/SGB foi instituído com o objetivo de identificar, classificar, descrever, catalogar, georreferenciar e divulgar os parques geológicos do Brasil, bem como definir diretrizes para seu desenvolvimento no âmbito da sustentabilidade. Nesse programa, em todo o território brasileiro, são mencionadas 29 áreas com capacidade potencial de se transformar em geoparques, as quais se encontram em fase de avaliação.

No estado do Amazonas, a CPRM/SGB está realizando estudos na região de Presidente Figueiredo, cerca de 120 km ao norte da capital (Manaus), conhecida como

“Terra das Cachoeiras”, com o objetivo de consolidar seu potencial geoturístico, já reconhecido, e propor a criação do “Geoparque Cachoeiras do Amazonas”. A proposta, nesse caso, consiste em identificar, descrever, divulgar e promover nessa região os sítios do patrimônio geológico-paleontológico de especial importância científica, raridade ou beleza cênica e agregar a eles valor ecológico, espeleológico, histórico, arqueológico e/ou cultural. Dessa maneira, será possível, por meio do adequado conhecimento científico, inserir as populações locais e visitantes em práticas preservacionistas, conservacionistas e de sustentabilidade no setor geoturístico (NASCIMENTO et al., 2008). Entre os patrimônios naturais já identificados e descritos na região de Presidente Figueiredo, podem ser citados: cachoeiras (Figuras 8.12, 8.13 e 8.14), corredeiras (Figura 8.15), cavernas, grutas, inscrições rupestres, rochas fossilíferas (Figura 8.9) e paredões rochosos.



**Figura 8.12** - Cachoeira Suçuarana (beleza cênica, potencial sítio geológico e geomorfológico) (Presidente Figueiredo, AM).



**Figura 8.14** - Cachoeira Natal (beleza cênica, potencial sítio geológico e geomorfológico) (Presidente Figueiredo, AM).



**Figura 8.13** - Cachoeira das Orquídeas (beleza cênica, potencial sítio geológico, paleontológico e geomorfológico) (Presidente Figueiredo, AM).



**Figura 8.15** - Corredeira Urubuí (beleza cênica e potencial sítio geológico) (Presidente Figueiredo, AM).

## POLOS DE ECOTURISMO DO AMAZONAS E OS ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS

O Ministério do Turismo (MTur), por meio do Macroprograma de Regionalização do Turismo, definiu as regiões turísticas estratégicas para fins de organização e gestão, integrando um conjunto de projetos e ações relacionado ao planejamento que abrange as 27 unidades federativas (BRASIL, 2010). No estado do Amazonas, foram instituídos cinco polos de ecoturismo: Amazonas, Saterê, Madeira, Solimões e Purus-Juruá.

Nesse contexto, a Empresa Estadual de Turismo (Amazonatur) disponibiliza as informações de interesse ao turista, tais como: parques, cachoeiras, acessos, transportes, guias de turismo, infraestrutura hoteleira e Centros de Atendimento ao Turista (CAT) existentes nos municípios do estado.

Os polos de ecoturismo propiciam práticas de turismo: cultural, aventura, esportes, estudos e intercâmbio, negócios e eventos, pesca, saúde, náutico e rural, em locais ou áreas naturais com atrativos geoturísticos potenciais. O levantamento dos atrativos geoturísticos, devido à riqueza da geodiversidade e da biodiversidade no contexto amazônico, abre excelente oportunidade de desenvolvimento para os diversos tipos de turismo nacional e internacional.

### Polo de Ecoturismo Amazonas

O polo de ecoturismo Amazonas inclui os seguintes municípios: Autazes, Barcelos, Careiro, Careiro da Várzea, Iranduba, Itacoatiara, Manacapuru, Manaus, Novo Airão, Presidente Figueiredo, Rio Preto da Eva, Santa Isabel do Rio Negro, São Gabriel da Cachoeira e Silves (Quadro 8.1).

**Quadro 8.1** - Patrimônio geológico e arqueológico do polo de ecoturismo Amazonas.

Polo de Ecoturismo	Patrimônio	Atrativos Geoturísticos	Descrição
AMAZONAS	Sítio geológico cadastrado no SIGEP	Dunas do Aracá, Barcelos (paleoambiental)	Registros geológicos dos últimos 40 mil anos, incluindo dunas desenvolvidas em um contexto climático diferente do atual.
		Pico da Neblina (geomorfológico)	Pico culminante do Brasil. Beleza cênica.
	Geoparque proposto pela CPRM/SGB	Presidente Figueiredo (estratigráfico, espeleológico, histórico e cultural)	Exposições de arenito muito resistente que se destaca no relevo amazônico, com cachoeiras, corredeiras e cavernas. Estratigrafia da borda norte da Bacia Sedimentar do Amazonas. Presença de inscrições rupestres.
	Paleontológico	Esporos, polens, algas, tubo de vermes (icnofósseis) e madeira fossilizada.	Registro fossilífero do último 1,6 milhão de anos (Período Quaternário).
	Espeleológico	Cavernas cadastradas na CECAV (Base de Dados Geoespacializados de Cavidades Naturais Subterrâneas)	Complexo de cavernas em arenitos no município de Presidente Figueiredo (Maroaga) e Barcelos (Abismo Guy Collet).
	Geomineiro	Mina do Pitinga	Principal mina do Amazonas. Exploração de cassiterita.
		Minas e garimpos (inativos)	Minas e garimpos (ouro) abandonados com potencial de exemplificação da história geológica da mineralização.
	Arqueológico	Sítios arqueológicos	Registro arqueológico no lago do Limão (Manacapuru e Iranduba).
	Atrativos geoturísticos	Praias de rio	Encontro das águas. Praias: Dourada, Grande, da Lua, Ponta Negra, Tupã; Balneários de Rio Preto da Eva, Silves e São Gabriel da Cachoeira.
		Arquipélagos	Anavilhanas (Novo Airão) e Mariuá (Barcelos).
		Corredeiras e cachoeiras	Cachoeiras e corredeiras Urubú, Sucuriju, Santuário, Iracema, Natal, Suçuarana, Orquídeas, Caju (Presidente Figueiredo); cachoeiras de Rio Preto da Eva; cachoeira do Leão (Manaus).
		Picos, serras e abismos	Morro dos Seis Lagos, serra da Bela Adormecida, morro Boa Esperança, serra do Caburi, serra do Padre, Pico da Neblina, Pico 31 de Março (São Gabriel da Cachoeira) e Abismo Guy Collet (Barcelos).
		Grutas	Onça, Catedral, Palácio do Galo da Serra, Batismo e Raio (Presidente Figueiredo).

Nota: Unidades de Conservação abertas à visitação.

Como atração geoturística desse polo, destaca-se o Encontro das Águas (Figura 8.16), na porção leste da cidade de Manaus, local onde se pleiteia, junto ao SIGEP, a criação de um sítio geológico (FRANZINELLI e IGREJA, 2010). Nesse local, as águas pretas do rio Negro se encontram com as águas barrentas do rio Solimões, formando o rio Amazonas. Devido às diferenças marcantes de pH, temperatura, matéria orgânica e quantidade de sólidos dissolvidos e em suspensão, os dois tipos de água não se misturam por mais de 6 km de extensão, em um fenômeno de grande beleza cênica.

Outros atrativos que merecem destaque são as cachoeiras, corredeiras e grutas de Presidente Figueiredo, os arquipélagos e as praias fluviais do rio Negro (Figura 8.17) e o abismo Guy Collet, com 670 m, na serra do Aracá, considerado o mais profundo do mundo em quartzito, esculpido em rocha da Formação Aracá, no município de Barcelos (AYUB, 2007.) (Figura 8.18).

**Polo de Ecoturismo Saterê**

O polo de ecoturismo Saterê abrange os municípios de Barreirinha, Boa Vista do Ramos, Itapiranga, Maués, Nhamundá, Parintins, São Sebastião do Uatumã, Urucará e Urucurituba (Quadro 8.2).



**Figura 8.17** - Praia do Tupé, na margem esquerda do rio Negro (Manaus, AM). Fonte: Amazonastur.

Com relação aos atrativos geoturísticos, destaca-se a cidade de Maués, que abriga a Praia Ponta da Maresia (Figura 8.19), com mais de 500 m de extensão, nas margens do rio Maués-Açu. Também merecem destaque as praias dos rios Mamuru e Uaicurapá, no município de Parintins, e as praias do município de Nhamundá, como a Praia da Liberdade.



**Figura 8.16** - Encontro das águas dos rios Negro e Solimões (Manaus, AM). Fonte: Amazonastur.



**Figura 8.18** - Abismo Guy Collet (potencial sítio geológico, espeleológico e geomorfológico) (serra do Aracá, Barcelos, AM). Fonte: Amazonastur.

**Quadro 8.2** - Patrimônio geológico e arqueológico do polo de ecoturismo Saterê.

Polo de Ecoturismo	Patrimônio	Atrativos Geoturísticos	Descrição
Saterê	Geomineiro	Minas do Jatapu	Minas de calcário e ferro do rio Jatapu (Urucará).
		Minas e garimpos (inativos)	Minas e garimpos (ouro e ferro) abandonados com potencial de exemplificação da história geológica da mineralização.
	Arqueológico	Sítios arqueológicos	Registro arqueológico em Parintins.
	Atrativos geoturísticos	Praias de rio	Balneários de Parintins, Maués e Nhamundá.

Nota: Unidades de conservação abertas à visitação.



**Figura 8.19** - Praia Ponta da Maresia (beleza cênica) (Maués, AM).  
Fonte: Amazonastur.

### Polo de Ecoturismo Madeira

O polo de ecoturismo Madeira contempla os municípios de Humaitá, Manicoré, Novo Aripuanã, Borba, Apuí e Nova Olinda do Norte (Quadro 8.3).

No rio Sucunduri, a montante da Rodovia Transamazônica (BR-230), no município de Apuí, são comuns trechos encachoeirados, como é o caso da cachoeira de Monte Cristo (Figura 8.20), suportada por lajedos de rocha arenítica do Grupo Alto Tapajós e que se constitui em um dos atrativos geoturísticos desse polo.

No rio Juma, a 4 km da sede de Apuí, destaca-se outro atrativo geoturístico: a cachoeira Apuí (Figura 8.21), com queda d'água de aproximadamente 4 m de altura, sustentada por siltitos acinzentados da Formação Juma (Grupo Alto Tapajós). Ainda no município de Apuí, o rio Camaíú, afluente do rio Sucunduri, expõe um complexo de corredeiras, cânions e cachoeiras de grande beleza cênica.

### Polo de Ecoturismo Solimões

Os municípios de Amaturá, Atalaia do Norte, Benjamin Constant, Coari, Fonte Boa, Santo Antônio do Itá, São Paulo de Olivença, Tabatinga e Tefé constituem o polo de ecoturismo Solimões (Quadro 8.4).

Nesse polo, destaca-se a cidade de Tefé, a maior da região, e que abriga, nas épocas de vazante, praias às margens do lago homônimo (Figura 8.22).

**Quadro 8.3** - Patrimônio geológico do polo de ecoturismo Madeira.

Polo de Ecoturismo	Patrimônio	Atrativos Geoturísticos	Descrição
Madeira	Geomineiro	Minas e garimpos (inativos)	Minas e garimpos (ouro) abandonados com potencial de exemplificação da história geológica da mineralização.
	Atrativos geoturísticos	Praias, cachoeiras e corredeiras	Balneários, cachoeiras e corredeiras de Apuí.
		Serras e domos	Complexo de serras do Domo do Sucunduri (Apuí).

Nota: Unidades de conservação abertas à visitação.



**Figura 8.20** - Cachoeira de Monte Cristo (beleza cênica, potencial sítio geológico e geomorfológico) (Apuí, AM). Fonte: Sílvio Riker.



**Figura 8.21** - Cachoeira Apuí (beleza cênica, potencial sítio geológico e geomorfológico) (Apuí, AM).

**Quadro 8.4** - Patrimônio geológico e arqueológico do pólo de ecoturismo Solimões.

Polo de Ecoturismo	Patrimônio	Atrativos Geoturísticos	Descrição
Solimões	Atrativos geoturísticos	Praias de rio	Balneários de Tefé.
	Geomineiro	Extração de óleo e gás	Local de extração de óleo e gás em meio à Floresta Amazônica (Coari).
	Arqueológico	Sítios arqueológicos	Registro arqueológico em Coari.

Nota: Unidades de conservação abertas à visitação.



**Figura 8.22** - Vista de praia formada às margens do lago de Tefé, na cidade homônima. Fonte: Amazonastur.

### Polo de Ecoturismo Purus-Juruá

Nesse polo estão inseridos os municípios de Boca do Acre, Canutama, Carauari, Eirunepé, Envira, Guajará, Ipixuna, Itamarati, Lábrea, Pauini e Tapauá (Quadro 8.5).

Como principais atrativos geoturísticos, destacam-se praias fluviais nos municípios de Carauari, Eirunepé, Guajará, Itamarati, Lábrea, Pauini e Tapauá. Outros potenciais atrativos são lago do Gavião, em Carauari, e a cachoeira do município de Itamarati.

### UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ABERTAS À VISITAÇÃO

Por meio das políticas públicas atuais, os espaços territoriais têm seus recursos ambientais, incluindo águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, le-

galmente protegidos pelo poder público e integrados aos cenários de desenvolvimento sustentável.

O Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) do Amazonas, conforme modelo adotado pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), divide as unidades de conservação em dois grupos: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável.

São consideradas Unidades de Proteção Integral as Reservas Biológicas (REBIO), os Parques Estaduais (PE), os Parques Nacionais (PARNA), as Estações Ecológicas (ESEC) e as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN). Já as Unidades de Uso Sustentável estão divididas nas seguintes categorias: Reservas Extrativistas (RESEX), Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS), Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), Florestas Estaduais (FLOE), Florestas Nacionais (FLONA), Áreas de Proteção Ambiental (APA) e Reservas Particulares de Desenvolvimento Sustentável (RPDS).

A categoria mais restritiva, de nível máximo de proteção, é a REBIO, que tem como objetivo a preservação integral da biota e demais atributos naturais, sendo permitida somente a atividade de pesquisa científica em seus domínios. As categorias menos restritivas são: Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) e Áreas de Proteção Ambiental (APA).

À exceção das REBIOS e das ESECs, as demais categorias de unidades de conservação permitem visitas de turistas. O SEUC do Amazonas contava, em 2009, com 34 unidades de conservação estaduais (AMAZONAS, 2007). Destas, apenas a REBIO Morro dos Seis Lagos não permite visitação (Quadro 8.6).

Existem 48 unidades de conservação federais no estado do Amazonas, sendo permitida a visitação em 42 delas (Quadro 8.7).

**Quadro 8.5** - Patrimônio geológico do pólo de ecoturismo Purus-Juruá.

Polo de Ecoturismo	Patrimônio	Atrativos Geoturísticos	Descrição
Purus-Juruá	Atrativos geoturísticos	Praias de rio	Balneários em Carauari, Eirunepé, Guajará, Itamarati, Lábrea, Pauini e Tapauá.

Nota: Unidades de conservação abertas à visitação.

**Quadro 8.6** - Unidades de conservação estaduais abertas à visitação no Amazonas.

Nome	Categoria	Uso
APA da MD do Rio Negro – Setor Paduari/Solimões	Área de Proteção Ambiental	Uso Sustentável

Nome	Categoria	Uso
APA da ME do Rio Negro – Setor Aturiá/Apuauzinho	Área de Proteção Ambiental	Uso Sustentável
APA da ME do Rio Negro – Setor Tarumã-Açu/Tarumã-Mirim	Área de Proteção Ambiental	Uso Sustentável
APA de Presidente Figueiredo Caverna do Maroaga	Área de Proteção Ambiental	Uso Sustentável
APA de Nhamundá	Área de Proteção Ambiental	Uso Sustentável
FLOE do Rio Urubu	Floresta Estadual	Uso Sustentável
FLOE de Maués	Floresta Estadual	Uso Sustentável
PE da Serra do Aracá	Parque Estadual	Proteção Integral
PE do Rio Negro – Setor Norte	Parque Estadual	Proteção Integral
PE do Rio Negro – Setor Sul	Parque Estadual	Proteção Integral
PE Nhamundá	Parque Estadual	Proteção Integral
PE Sumauma	Parque Estadual	Proteção Integral
RDS Juma	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Uso Sustentável
RDS Amanã	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Uso Sustentável
RDS Uacari	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Uso Sustentável
RDS Rio Amapá	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Uso Sustentável
RDS do Uatumã	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Uso Sustentável
RDS Piagaçu-Purus	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Uso Sustentável
RDS do Cujubim	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Uso Sustentável
RDS Canumã	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Uso Sustentável
RDS Rio Madeira	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Uso Sustentável
RDS Mamirauá	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Uso Sustentável
RESEX do Catuá-Ipixuna	Reserva Extrativista	Uso Sustentável
RESEX Rio Gregório	Reserva Extrativista	Uso Sustentável
RDS Aripuanã (Mosaico do sul do estado)	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Uso Sustentável
RDS Bararati (Mosaico do sul do estado)	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Uso Sustentável
RESEX do Guariba (Mosaico do sul do estado)	Reserva Extrativista	Uso Sustentável
FLOE de Manicoré (Mosaico do sul do estado)	Floresta Estadual	Uso Sustentável
FLOE do Aripuanã (Mosaico do sul do estado)	Floresta Estadual	Uso Sustentável
FLOE do Sucunduri (Mosaico do sul do estado)	Floresta Estadual	Uso Sustentável
FLOE de Apuí (Mosaico do sul do estado)	Floresta Estadual	Uso Sustentável
PE do Guariba (Mosaico do sul do estado)	Parque Estadual	Proteção Integral
PE do Sucunduri (Mosaico do sul do estado)	Parque Estadual	Proteção Integral

**Quadro 8.7** - Unidades de conservação federais abertas à visitação no Amazonas.

Nome	Categoria	Uso
ARIE Javari/Buriti	Área de Relevante Interesse Ecológico	Uso Sustentável
ARIE Projeto Dinâmica Biológica de Frag. Florestais	Área de Relevante Interesse Ecológico	Uso Sustentável
FLONA Amazonas	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Balata – Tufari I	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Balata – Tufari II	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Balata – Tufari III	Floresta Nacional	Uso Sustentável
Ampliação FLONA Balata Tufari	Floresta Nacional	Uso Sustentável

Nome	Categoria	Uso
FLONA Cubatê	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Cuiari	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA de Humaitá	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA do Pau-Rosa	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Içanã	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Içanã-Aiari	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Iquiri	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Jatuarana	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Mapiá-Inauini	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA PARI – Cachoeira I	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Pari – Cachoeira II	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Piraiuara	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Purus	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Taracuá I	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Taracuá II	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Tefé	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Urucu	Floresta Nacional	Uso Sustentável
FLONA Xié	Floresta Nacional	Uso Sustentável
PARNA Campos Amazônicos I	Parque Nacional	Proteção Integral
PARNA Campos Amazônicos II	Parque Nacional	Proteção Integral
PARNA Campos Amazônicos III	Parque Nacional	Proteção Integral
PARNA do Jaú	Parque Nacional	Proteção Integral
PARNA do Pico da Neblina	Parque Nacional	Proteção Integral
PARNA Juruena	Parque Nacional	Proteção Integral
PARNA Matinguari	Parque Nacional	Proteção Integral
PARNA Nascentes do Lago Jari	Parque Nacional	Proteção Integral
RESEX Arapixi	Reserva Extrativista	Uso Sustentável
RESEX Auati-Paraná	Reserva Extrativista	Uso Sustentável
RESEX do Baixo Juruá	Reserva Extrativista	Uso Sustentável
RESEX do Médio Juruá	Reserva Extrativista	Uso Sustentável
RESEX do Médio Purus	Reserva Extrativista	Uso Sustentável
RESEX do Rio Jutai	Reserva Extrativista	Uso Sustentável
RESEX do Rio Unini	Reserva Extrativista	Uso Sustentável
RESEX Ituxi	Reserva Extrativista	Uso Sustentável
RESEX Lago do Capanã Grande	Reserva Extrativista	Uso Sustentável

## REFERÊNCIAS

AMAZONAS. Governo do Estado. **Unidades de conservação do estado do Amazonas**. Manaus: SDS/SEAPE, 2007. 88 p.

AYUB, S. A. ONG Akakor Geographical Exploring descobre a caverna mais profunda do mundo em quartzito:

o abismo Guy Collet com 670 metros de profundidade, relação preliminar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 29., Ouro Preto, 2007. **Anais...** Ouro Preto: SBE, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Base de dados geoespecializados de cavidades naturais subterâneas do CECAV**. [Brasília]: MME, [S. d.]. Disponível

em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav>>. Acesso em: abr. 2008.

BRASIL. Ministério do Turismo. **Macroprograma de regionalização do turismo**. Brasília: [Ministério do Turismo, S. d.]. Disponível em: <[http://www.turismo.gov.br/turismo/programas\\_acoes/regionalizacao\\_turismo/](http://www.turismo.gov.br/turismo/programas_acoes/regionalizacao_turismo/)>. Acesso em: 09 abr. 2010.

CAMPOS, Sinésio da Silva (Org.). **Geodiversidade do Amazonas**: política mineral no estado do Amazonas, relatório da comissão especial. Manaus: Assembleia Legislativa do Estado do Amazonas, 2004. 36 p.

CONAMA. Brasil. **Resolução n. 347**, de 10 de setembro de 2004. [Brasília]: Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2004. Disponível em: <<http://www.maternatura.org.br/servicos/biblioteca/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20CONAMA%20Espeleologia.xml>>. Acesso em: 09 abr. 2010.

CPRM. **Geologia e recursos minerais do estado do Amazonas**: Sistema de informações geográficas (SIG). Escala 1:1:000.000. Rio de Janeiro: CPRM, 2006a. CD-ROM. Programa Geologia do Brasil: integração, atualização e difusão de dados da geologia do Brasil. Mapas geológicos estaduais.

CPRM. **Mapa geodiversidade do Brasil**: escala 1:2.500.000. Rio de Janeiro: CPRM, 2006b. 68 p.

FRANZINELLI, E.; Igreja, H. **Ponta das Lajes**: proposta à Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep/>

>. Acesso em: 07 abr. 2010.

MORAES, C. P. **Arqueologia na Amazônia central vista de uma perspectiva da região do lago do Limão**. 2006. 196 f. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-15052007-112151>>. Acesso em: 06 maio 2010.

NASCIMENTO, Marcos A. L. do; RUCHKYS, Ursula A.; MANTESSO-NETO, Virginio. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo**: trinômio importante para proteção do patrimônio geológico. São Paulo: SBG, 2008. 82 p.

PONTOS turísticos em Carauari, Amazonas. Disponível em: <<http://www.ferias.tur.br/fotos/215/carauari-am.html>>. Acesso em: 09 abr. 2010.

RASTEIRO, M. et al. Expedição Amazonas na região da serra do Aracá. **SBE Notícias**, [S. l.], n. 39, 21 jan. 2007. Disponível em: <[http://www.sbe.com.br/sbenoticias/SBE-Noticias\\_039.pdf](http://www.sbe.com.br/sbenoticias/SBE-Noticias_039.pdf)>. Acesso em: 7 abr. 2010.

SIGEP. **Sítios publicados**. Disponível em: <<http://www.ig.unb.br/sigep/>>. Acesso em: 2 abr. 2008.

SILVA, Cassio Roberto da (Ed.). **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 264 p.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 568 p.

# 9

## ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL E RESTRIÇÕES ÀS ATIVIDADES DE MINERAÇÃO

Maria Adelaide Mansini Maia (*adelaide.maia@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

Daniel Borges Nava (*danielnava@hotmail.com*)<sup>2</sup>

Hugo Galúcio Pereira (*hugo.pereira@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CPRM – Serviço Geológico do Brasil

<sup>2</sup>SEGEORH /SDS – Secretaria Executiva de Geodiversidade e Recursos Hídricos do Estado do Amazonas /Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas

### SUMÁRIO

Introdução .....	117
Metodologia .....	117
Áreas de relevante interesse mineral (ARIMs) .....	118
Política ambiental do estado do Amazonas.....	121
Áreas com restrição à mineração.....	121
As ARIMs no contexto do desenvolvimento sustentável do Amazonas.....	123
Parcerias entre mineração e as unidades de conservação.....	123
Mineração em terras indígenas e em áreas de fronteira.....	123
Visão de futuro .....	124
Referências.....	124



## INTRODUÇÃO

Os bens minerais são de fundamental importância para a humanidade e um dos grandes patrimônios não-renováveis da geodiversidade, além de constituir importante fator de desenvolvimento sustentável e de melhoria da qualidade de vida da população (BRASIL, 2008).

Nesse contexto, foi cunhado o termo “Áreas de Relevante Interesse Mineral” (ARIM), cada vez mais utilizado no planejamento das políticas públicas nacionais e no estabelecimento de cenários sociais, econômicos e políticos das nações.

Esse termo é empregado para definir áreas que, pela presença comprovada de depósitos ou jazidas minerais, ou pelo alto potencial mineral reconhecido, têm como vocação natural o aproveitamento de recursos minerais. Por serem relativamente raras, localizadas, econômica ou potencialmente valiosas, as matérias-primas minerais que nelas ocorrem, ou venham a ser descobertas, constituem-se em vetores de desenvolvimento local, regional e nacional. Uma ARIM pode conter ou estar contida em uma ou mais províncias minerais e abranger diversos distritos minerais e aglomerados produtivos locais de base mineral (MATOS et al., 2009). Em suma, representam áreas de grande interesse estratégico ou de grande potencial para gerar empreendimentos de importância econômica e social.

O objetivo da criação dessas áreas é resguardar o interesse nacional quanto à produção mineral, devido à rigidez locacional que os bens minerais apresentam. Está previsto que tais áreas, devido à sua importância no cenário nacional, farão parte do novo marco regulatório que regerá a atividade mineral no Brasil nos próximos anos, em substituição ao atual Código de Mineração.

As ARIMs propostas para o estado do Amazonas foram estabelecidas para seis classes utilitárias: minerais energéticos, minerais metálicos, minerais industriais não-metálicos, materiais de uso na construção civil, insumos agrícolas e água potável de mesa/água mineral.

## METODOLOGIA

Várias abordagens metodológicas vêm sendo propostas na tentativa de avaliação do potencial mineral de uma determinada região para a definição de suas ARIMs. As mais recentes são apresentadas nos seguintes projetos: Áreas de Relevante Importância Mineral no Brasil, elaborado pela CPRM/SGB (MATOS et al., 2009), e Estudo sobre as Áreas de Relevante Interesse Mineral: Uma Proposta Metodológica de Avaliação, elaborado, para o estudo sobre a avaliação da disponibilidade mineral para o ordenamento territorial geomineiro, pela Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (BRASIL, 2008).

Para as ARIMs aqui apresentadas, propostas pelo Mapa Geodiversidade do Estado do Amazonas (escala 1:1.000.000), utilizou-se uma adaptação das propostas retromencionadas, considerando-se as seguintes fontes de informação:

- Dados das ocorrências minerais contidas no GeoBank (sistema de bancos de dados geológicos corporativo da CPRM/SGB) (consulta para os anos de 2006 a 2009).

- SIGMINE, banco de dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (consulta em junho de 2009).

- Dados sobre as áreas de interesse petrolífero e blocos concedidos para exploração (pesquisa) de petróleo e gás, provenientes da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) (consulta em setembro de 2009).

- Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil (CPRM, 2007).

- Áreas de Relevante Interesse Mineral estabelecidas no projeto homônimo (MATOS et al., 2009) e no projeto Áreas de Relevante Interesse Mineral: Uma Proposta Metodológica de Avaliação (BRASIL, 2008).

- Potencial mineral levantado para as unidades geológico-ambientais, apresentado pelo Mapa Geodiversidade do Brasil (CPRM, 2006a).

- Mapa de Recursos Minerais do Amazonas, gerado pelo Projeto SIG Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas (REIS et al., 2006).

- Levantamentos de recursos minerais realizados por diversos projetos da CPRM/SGB ao longo das últimas décadas.

Como critério para delimitação das ARIMs, foram utilizadas as áreas propostas pelo SIG Geologia e Recursos Minerais do Amazonas (REIS et al., 2006), o contorno da própria unidade geológica e/ou unidade geológico-ambiental ou, ainda, formas aproximadas que englobassem os litotipos favoráveis à ocorrência de um determinado bem mineral, quando interceptados pelos pontos com ocorrências minerais e/ou títulos minerários registrados no DNPM (Figura 9.1).

Para classificação quanto ao nível de importância das áreas com potencial mineral, consideraram-se as seguintes informações:

- *Status* dos registros dos bens minerais (não-determinado, jazida, mina, garimpo e não-explotado) no grau de importância (depósitos, indícios e ocorrências) das ocorrências minerais. Foram priorizados os locais com minas, jazidas e garimpos, principalmente se estavam cadastrados como depósito.

- Títulos minerários discriminados em relação à fase do processo (pedido de pesquisa, concessão de lavra, lavra garimpeira, licenciamento, registro de extração e requerimento de lavra), sendo priorizados os locais com concessão de lavra, lavra garimpeira, licenciamento, requerimento de lavra e registro de extração.

- Dados quantitativos e qualitativos dos recursos minerais (inferidos, indicados e medidos) e reservas minerais (indicadas e medidas), obtidos no Anuário Mineral Brasileiro do DNPM (2008) e em relatórios de pesquisa da CPRM/SGB.

- Áreas com produção e exploração de óleo e gás de acordo com dados fornecidos pela ANP (situação em agosto de 2009).

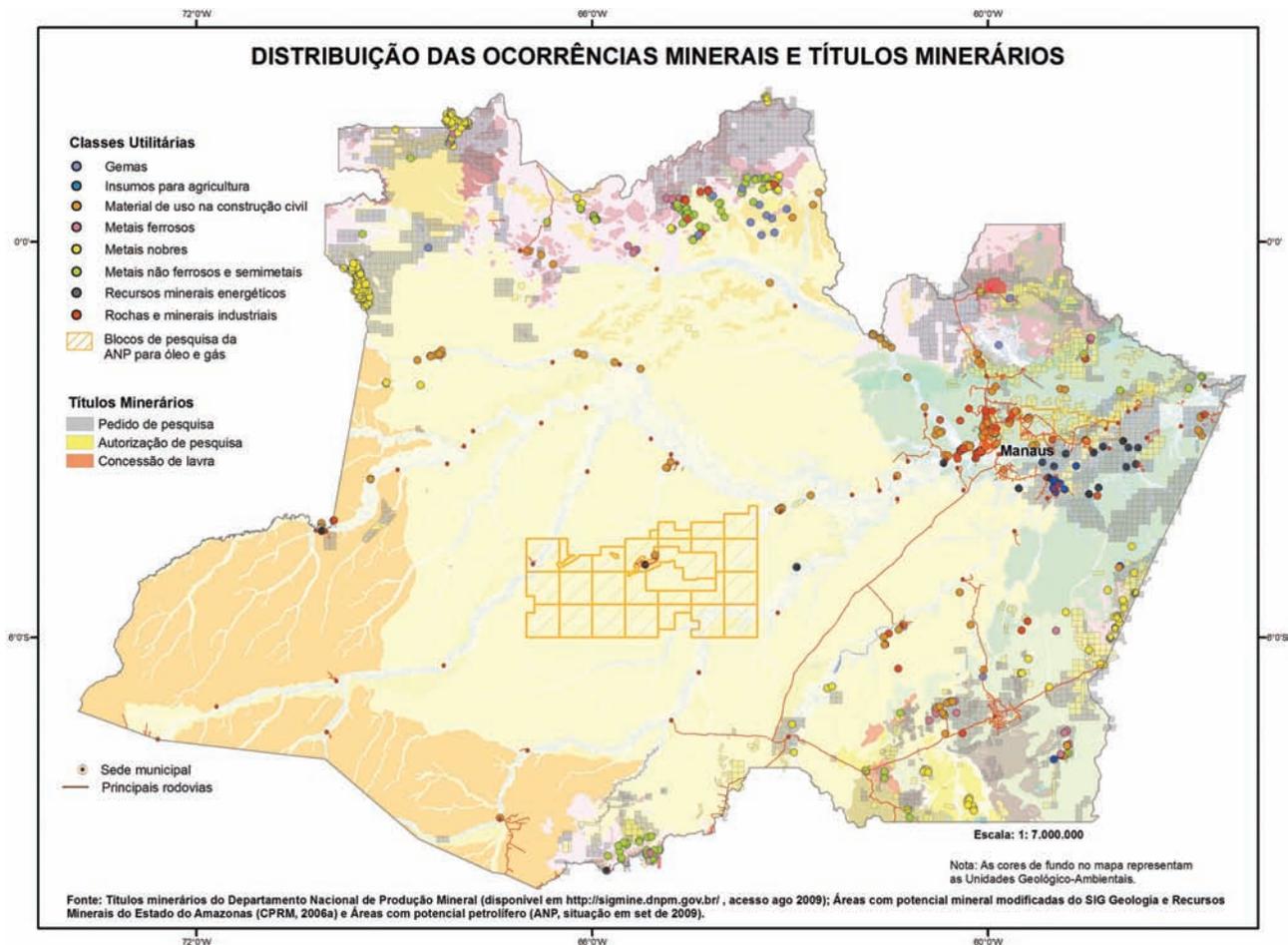


Figura 9.1 - Distribuição das ocorrências minerais do estado do Amazonas cadastradas no GeoBank versus títulos minerários registrados no DNPM. Nota: Cartograma incluído no Mapa Geodiversidade do Estado do Amazonas.

- Áreas identificadas como de “alta favorabilidade hidrogeológica” no Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil (CPRM, 2007).

Após definição das áreas, procedeu-se à classificação em relação à relevância de seus recursos minerais, dividindo-as em duas categorias, adaptadas da proposta do Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2008):

- **Áreas com aproveitamento mineral comprovado e/ou indicativas de aproveitamento mineral:** representam áreas produtivas, com jazidas minerais em exploração ou prontas para exploração. Nessa categoria incluem-se as áreas que, por seu conteúdo mineral (mina, jazida, garimpo) e presença de títulos minerários com autorização de pesquisa e concessão de lavra, são indicativas de possível existência de depósitos minerais.

- **Áreas com potencial para aproveitamento mineral (vocação geológica):** representam áreas que, por sua voca o geológica e conteúdo mineral (indícios e ocorrências), podem conter depósitos minerais. Consideraram-se, também, pedidos e autoriza es de pesquisa concedidas pelo DNPM.

## ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL (ARIMS)

Com base nos conceitos apresentados, foram selecionadas para o estado do Amazonas 48 áreas de interesse mineral ( reas com aproveitamento mineral comprovado e/ou indicativas de aproveitamento mineral e áreas com voca o geológica) (Figura 9.2; Quadro 9.1). Dessas 48 áreas, 11 foram caracterizadas como de relevante interesse mineral, em fun o de sua importância no contexto econômico regional e no cenário mundial. São elas:

- Jazida de Nióbio de Seis Lagos
- Depósitos de Caulim da Rodovia BR-174
- Depósitos de Sais de Potássio de Nova Olinda do Norte-Itacoatiara
- Província de óleo e Gás do Juruá e Urucu
- Província Estanf fera do Pitinga
- Polo Oleiro de Iranduba-Manacapuru
- Província Aurífera do Tapajós (segmento)
- Província Estanf fera de Rondônia (segmento)
- Rochas Carbonáticas com Mineraliza es de Cu, Pb e Zn do Sucunduri

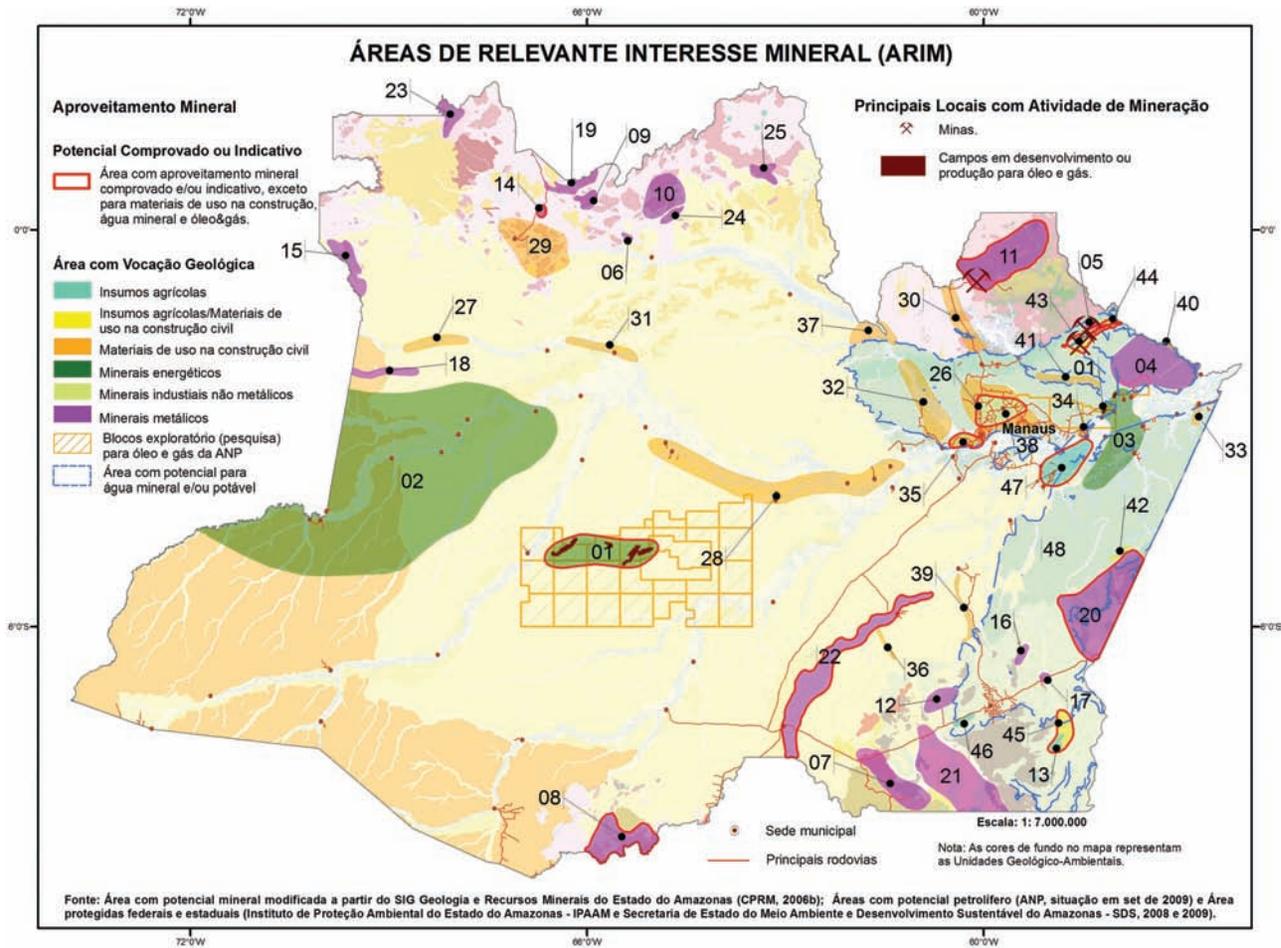


Figura 9.2 - Áreas propostas como de relevante interesse mineral para o estado do Amazonas (áreas com potencial comprovado ou indicativo e áreas com vocação geológica).

Quadro 9.1 - Relação das áreas de relevante interesse mineral (ARIM) do estado do Amazonas, incluindo os níveis de aproveitamento mineral.

Classe Utilitária	Substância	Contexto Geológico
Minerais Energéticos	<b>1. Província de Óleo e Gás do Juruá e Uruçu</b> (óleo e condensado).	Unidade geológico-ambiental não aflorante: 1a – óleo e gás: Folhelhos (rochas geradoras) da Fm. Jandiatuba e arenitos (rocha-reservatório) da Fm. Juruá (sub-bacia Jandiatuba) – Bacia do Solimões; 1b – gás: Bacia do Amazonas).
	2. Linhito.	Depósitos associados à Fm. Solimões da Bacia do Solimões.
	3. Turfa.	Depósito cenozoico e de planície de inundação.
Minerais Metálicos	4. Alumínio (bauxita).	Jazimento de alteração da Fm. Alter do Chão, com crosta laterítica.
	5. Ferro.	Jazimento de alteração da Fm. Nhamundá do Grupo Trombetas.
	6. Cromo, níquel, cobre, cobalto, platinoídes e potencial para rochas ornamentais.	Corpos da Suíte Intrusiva Tapuruquara.
	7. Estanho.	Corpos graníticos Serra da Providência e Rondônia, Younger Granites.
	<b>8. Província Estanífera de Rondônia (Segmento).</b>	Corpos graníticos Jamari e Rondônia, Younger Granites.
	9. Estanho (columbita-tantalita).	Corpos graníticos Marié-Mirim.
	10. Estanho (nióbio e wolfrâmio).	Corpos graníticos Marauá e Cauaburi.
	<b>11. Província Estanífera do Pitinga</b> (estanho: nióbio, zirconita, criolita, tantalita, terras-raras e bauxita).	Jazimentos associados aos corpos Água Boa e Madeira e pláceres da região do Pitinga.

Classe Utilitária	Substância	Contexto Geológico
Minerais Metálicos	12. Manganês.	Ocorrência associada às rochas paleozoicas da Bacia do Alto Tapajós.
	13. Manganês.	Ocorrência associada às rochas paleozoicas da Bacia do Alto Tapajós.
	<b>14. Jazida de Nióbio de Seis Lagos</b> (nióbio, terras-raras, titânio, manganês e ferro).	Associado ao Carbonatito Seis Lagos.
	15. Ouro.	Ocorrências associadas às aluviões e paleoplácetes do Grupo Tunuí, Complexo Cumati e Formação Içá.
	16. Ouro.	Ambiente relacionado a planícies aluvionares recentes e a paleoplácetes diversos.
	17. Ouro.	Ocorrências associadas às vulcânicas Colíder.
	18. Ouro .	Depósitos aluvionares do rio Puruê.
	19. Ouro.	Ocorrências associadas a aluviões e paleoplácetes diversos da serra da Neblina.
	<b>20. Província Aurífera do Tapajós (Segmento).</b>	Província Aurífera Tapajós, aluviões e veios de quartzo distribuídos pelo Grupo Jacareacanga, Suíte Parauari, Vulcânicas Bom Jardim, Salustiano e Aruri.
	21. Ouro.	Ambiente de planície aluvionar associado às vulcânicas Colíder e à Suíte Intrusiva São Romão.
	<b>22. Depósitos de Ouro do Rio Madeira</b> (ouro e areia).	Ambiente relacionado a planícies aluvionares recentes e a paleoplácetes do rio Madeira.
	23. Ouro (columbita-tantalita).	Ocorrências associadas às aluviões e paleoplácetes do Grupo Tunuí e da Suíte Intrusiva Rio Içana.
	24. Ouro (estanho, nióbio e cobre).	Ambientes relacionados às planícies aluvionares recentes e aos paleoplácetes da Formação Aracá.
	25. Ouro, nióbio (columbita), monazita e topázio.	Ambientes relacionados às planícies aluvionares recentes e aos paleoplácetes da Formação Aracá.
Minerais Industriais Não-Metálicos	<b>26. Depósitos de Caulim da Rodovia BR-174.</b>	Jazimento de alteração da Formação Alter do Chão.
Materiais de Uso na Construção Civil	27. Areia.	Depósitos aluvionares do rio Japurá.
	28. Areia.	Depósitos aluvionares do rio Solimões.
	29. Areia, seixo, brita e potencial para rocha ornamental.	Aluviões do rio Negro e corpos graníticos do rio Uaupés.
	30. Areia, seixo, brita e potencial para rocha ornamental.	Rochas vulcânicas do Grupo Iricoumé e corpos graníticos das suítes intrusivas Mapuera, Abonari e Água Branca.
	31. Areia e seixo.	Depósitos aluvionares do rio Japurá.
	32. Areio e seixo.	Sedimentos cenozoicos inconsolidados ou pouco consolidados, depositados em meio aquoso. Depósito aluvionares do rio Negro.
	33. Argila, areia e laterito.	Depósitos de planície de inundação e de alteração da Formação Alter do Chão.
	34. Argila, areia e laterito.	Depósitos de planície de inundação e de alteração da Formação Alter do Chão.
	<b>35. Polo Oleiro de Iranduba-Manacapuru</b> (argila e laterita)	Depósitos de planície de inundação e de alteração da Formação Alter do Chão.
	36. Argila, laterito.	Paleoplácetes do rio Manicoré.
	37. Brita, seixo e potencial para rochas ornamentais.	Depósitos aluvionares do rio Negro e corpos graníticos da região de Moura.
	38. Areia, argila, brita, laterito.	Litologia e produtos de alteração da Formação Alter do Chão.
	39. Seixo.	Depósitos aluvionares do rio Aripuanã.
	40. Seixo e areia.	Depósitos aluvionares do rio Nhamundá.
	41. Seixo e areia.	Depósitos aluvionares do rio Uatumã.
	Insumos Agrícolas/ Materiais de Uso na Construção Civil	42. Calcário.
43. Calcário e gipsita.		Jazimento associado às formações Itaituba e Nova Olinda, Bacia do Amazonas.

Classe Utilitária	Substância	Contexto Geológico
<b>Insumos Agrícolas/ Materiais de Uso na Construção Civil</b>	<b>44. Calcário do Jatapu</b> (calcário, ferro e gipsita).	Jazimento associado às formações Itaituba e Nova Olinda, Bacia do Amazonas.
	<b>45. Rochas Carbonáticas com Mineralizações de Cu, Pb e Zn do Sucunduri.</b>	Ocorrências associadas às rochas paleozoicas da Bacia do Alto Tapajós.
<b>Insumos Agrícolas</b>	46. Fosfato.	Ocorrências relacionadas às rochas paleozoicas da Bacia do Alto Tapajós.
	<b>47. Depósito de Sais de Potássio de Nova Olinda do Norte-Itacoatiara</b> (silvinita: cloreto de potássio) / halita (cloreto de sódio).	Jazimento associado à Formação Nova Olinda (Bacia do Amazonas).
<b>Água Potável / Mineral</b>	48. Água potável de mesa.	Principalmente os aquíferos das formações Trombetas e Alter do Chão. Subordinadamente, os aquíferos das formações Ipixuna, Ererê, Lontra, Monte Alegre e Prosperança.

Fontes: Dados de províncias, distritos, minas, jazidas, depósitos, ocorrências, indícios e áreas potenciais modificados do SIG Geologia e Recursos Minerais do Amazonas (REIS et al., 2006); títulos minerários (disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: jun. 2009); Anuário Mineral do Departamento Nacional de Produção Mineral (disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: ago. 2008).

Nota: Em negrito estão as áreas com aproveitamento comprovado e/ou com indicação de aproveitamento.

- Calcário e Ferro do Rio Jatapu
- Depósitos de Ouro do Rio Madeira

Os principais recursos minerais do estado do Amazonas, incluindo as áreas propostas como de relevante interesse mineral são apresentados resumidamente no Quadro 9.1.

Para água mineral (ou potável de mesa), óleo e gás, devido a limitações inerentes ao volume de informações nas bases de dados, só foi possível a indicação da importância relativa de áreas com maior concentração de ocorrências.

Devem ser citados corpos graníticos e vulcânicos no estado do Amazonas que poderiam ser utilizados como rochas ornamentais. Porém, tais corpos necessitam de estudos mais detalhados para se avaliar seu real potencial.

Ainda no estado, há indícios, ocorrências e/ou pequenos garimpos de gemas (ametista, turmalina, água-marinha, diamante e topázio), mas, devido à pouca quantidade de dados e carência de estudos nas áreas, optou-se por não realizar a abordagem para esses bens minerais.

## POLÍTICA AMBIENTAL DO ESTADO DO AMAZONAS

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SDS) é a responsável por garantir no Amazonas a proteção da natureza e o uso dos recursos naturais, com valorização social, etnoambiental e econômica. O governo do estado do Amazonas, por meio da SDS, objetiva ser referência nacional e internacional na formulação e gestão de políticas públicas ambientais e de desenvolvimento sustentável.

A partir da Lei Delegada nº 66, de 09 de maio de 2007, foram ajustadas as ações da SDS no âmbito de suas finalidades, competências e estrutura organizacional, de forma a fortalecer a presença do Sistema SDS, que atua em articulação com autarquias vinculadas (Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), Agência de Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (ADS), Companhia de Gás

do Amazonas (CIGÁS), com conselhos estaduais (Conselho Estadual de Meio Ambiente (CEMAAM), Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) e Conselho Estadual de Geodiversidade (CEGEO)) e com as unidades gestoras do Centro Estadual de Mudanças Climáticas (CECLIMA) e do Centro Estadual de Unidades de Conservação (CEUC).

A SDS promove o uso sustentável dos recursos minerais e hídricos a partir do conceito de Geodiversidade, que propõe o equilíbrio entre o uso dos recursos minerais, de óleo e gás e a conservação da natureza. As ações nesse setor são conduzidas pela Secretaria Executiva de Geodiversidade e Recursos Hídricos (SEGEORH), criada a partir da Lei Delegada nº 66/2007.

Na construção das diretrizes para sustentabilidade da mineração e exploração de óleo e gás no estado do Amazonas, a SEGEORH conta com as contribuições do Conselho Estadual de Geodiversidade (CEGEO/AM), criado a partir do Decreto nº 28.677/2009, formado por 67 instituições públicas, privadas e de representação da sociedade civil.

## ÁREAS COM RESTRIÇÃO À MINERAÇÃO

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (Lei nº 9.985/2000) define unidade de conservação como "espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção".

O SNUC é constituído por áreas federais, estaduais e municipais e possui diferentes categorias de unidades de conservação, de proteção integral e de uso sustentável devidamente cadastradas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), com a colaboração do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

O grupo das unidades de proteção integral é constituído pelas seguintes categorias: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio da Vida Silvestre, que são consideradas zona rural para os efeitos legais. O grupo das unidades de uso sustentável é composto pelas categorias: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva da Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

O valor coletivo de todas as espécies de animais e plantas, variabilidade genética e diversidade hídrica ainda não foi adequadamente estimado por uma análise econômica formal. As áreas protegidas apresentam um papel importante na promoção do desenvolvimento sustentável e na manutenção da saúde dos ecossistemas e da integridade necessária para os processos evolutivos ao longo do tempo.

As áreas protegidas do estado do Amazonas incluem unidades de conservação federais, estaduais, municipais e terras indígenas. Cada categoria possui sua missão específica na implementação da Estratégia Estadual de Conservação da Biodiversidade e no Programa de Desenvolvimento

Sustentável do Amazonas – Zona Franca Verde. O mosaico de áreas protegidas do estado é o maior da América Latina (Figura 9.3).

O estado do Amazonas possui 83.584.516 ha de áreas protegidas, o que equivale a 51,8% de seu território, sendo que 43.195.987 ha correspondem a terras indígenas (27,70%), 19.007.033 ha a unidades de conservação federal (12,19%) e 18.591.553 ha a unidades de conservação estadual (11,92%). Existem 8.236.166 ha de áreas de sobreposição entre unidades de conservação e terras indígenas e 1.793.759 ha de sobreposição entre as diversas categorias de unidades de conservação.

A criação de áreas protegidas gera novos desafios, pois, para muitas delas, ainda não existem planos de manejo, assim como medidas básicas de implementação em termos de monitoramento, controle, educação ambiental e desenvolvimento sustentável não foram tomadas também nessas localidades. Devido a grandes dimensões e inacessibilidade dessas áreas protegidas, os custos são consideravelmente altos para o orçamento existente e conflitam com as demandas de investimentos governamentais em educação, saúde, habitação, infraestrutura etc.

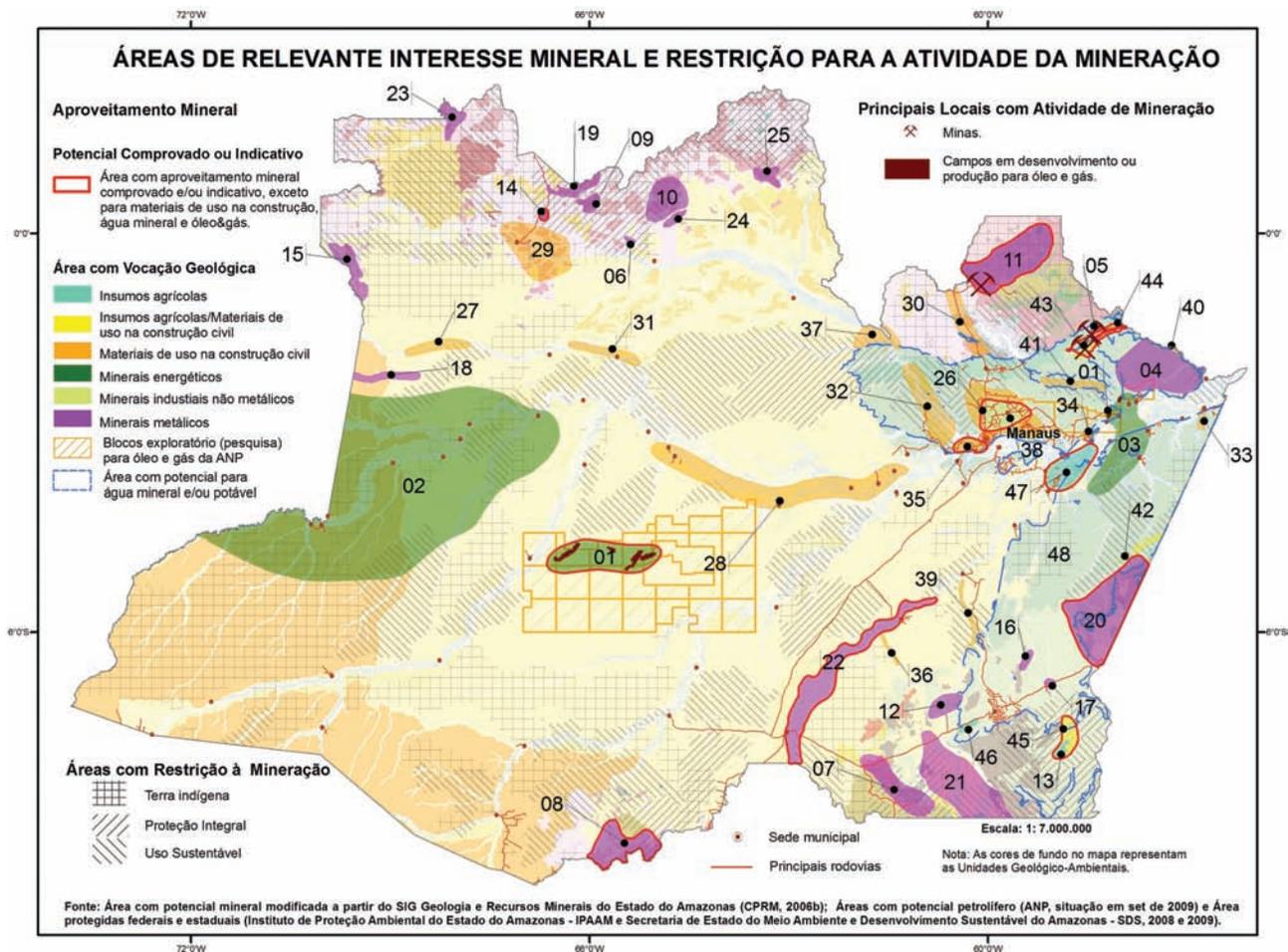


Figura 9.3 - Áreas de relevante interesse mineral versus áreas com restrição para as atividades de mineração no estado do Amazonas. Nota: Cartograma incluído no Mapa Geodiversidade do Estado do Amazonas.

Atualmente, o estado do Amazonas conta com 41 unidades de conservação estaduais e 33 federais, que correspondem a 24,11% de sua área total, incluindo as unidades de uso sustentável e de proteção integral. O potencial biológico e econômico dessas áreas é largamente reconhecido, porém ainda pouco estudado. O volume relativamente baixo de estudos detalhados quanto aos aspectos sociais, da biodiversidade, serviços ecológicos e possíveis vulnerabilidades ambientais torna difícil a elaboração de planos de manejo e implementação das áreas protegidas no estado.

## AS ARIMS NO CONTEXTO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO AMAZONAS

O conceito de Geodiversidade nasce da necessidade do uso sustentável dos recursos minerais e de óleo e gás. Nesse sentido, os diversos atores envolvidos no tema devem trabalhar na atração de investidores, prospectores e mineradores imbuídos das tecnologias de pesquisa e lavra mineral com sustentabilidade e responsabilidade ambiental.

### Parcerias entre Mineração e as Unidades de Conservação

A mineração e a exploração de óleo e gás são consideradas indutoras do desenvolvimento socioeconômico regional. É preciso estimular ainda outro ganho para o Amazonas e suas unidades de conservação: a preservação ambiental.

Embora os projetos de exploração mineral sejam frequentemente vistos pela comunidade em geral como fontes de degradação ambiental, o exemplo do Projeto de Carajás e sua parceria com a Floresta Nacional de Carajás, no estado do Pará, tem garantido afastada a devastação observada fora dos limites da unidade de conservação.

O estado do Amazonas entende ser possível a convivência entre a atividade mineral e suas unidades de conservação. Desenvolver o setor mineral sob os mais altos padrões de sustentabilidade ambiental é dirimir conflitos, minimizar os impactos ambientais, assegurar o desenvolvimento socioeconômico e a participação efetiva das comunidades envolvidas no processo e, quando possível, remover a figura da mineração ilegal – o garimpo.

São apresentados, a seguir, alguns estudos de caso em discussão no âmbito do Conselho Estadual de Geodiversidade do Amazonas:

- **Calcário do Rio Sucunduri (Sul do Amazonas):** Representam as únicas reservas de calcário dolomítico (uso na agricultura) conhecidas no estado do Amazonas, situadas na localidade de Terra Preta, no município de Apuí. Com a criação em 2005 e 2006 de um mosaico de unidades de conservação estadual e federal na região sul do Amazonas, embora os depósitos estejam localizados dentro dos limites da Floresta Estadual do Sucunduri, o escoamento da produ-

ção requer a análise técnica da abertura de um ramal que atravesse as demais unidades de conservação.

- **Calcário dos Rios Jatapu e Abacate (Municípios de Uruará e São Sebastião do Uatumã):** Essas reservas sustentam a indústria de cimento Itautinga, que funciona no Polo Industrial de Manaus. Em função do regime hidrológico dos rios Jatapu e Abacate, que não são navegáveis nos períodos de vazante (duração aproximada de seis meses), a empresa discute, em seu licenciamento ambiental, compensações ambientais à Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã, devido à necessidade do uso do ramal do Pau-Rosa para escoamento da produção entre os rios Abacate e Uatumã, esse último navegável o ano todo.

- **Reservas de Óleo e Gás da Bacia Sedimentar do Solimões (Região do Médio Rio Solimões):** A potencialidade comprovada da Bacia Sedimentar do Solimões para exploração de óleo e gás, identificada pelos projetos Uruçu e Juruá, da Petrobras, e a recente inauguração do Gasoduto Uruçu-Coari-Manaus, têm levado a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) a discutir com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio)/IBAMA e com o Centro Estadual de Unidades de Conservação (CEUC) (Governo do Amazonas) a possibilidade de licitação de novos blocos exploratórios na região, sobrepostos, parcialmente, a Reservas Extrativistas (RESEX) e a Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS).

- **Reservas de Nióbio de Seis Lagos (Município de São Gabriel da Cachoeira):** Pesquisa geológica da CPRM/SGB na década de 1970 identificou a maior reserva de nióbio do mundo na região de Seis Lagos, com cerca de 2,9 bilhões de toneladas de minério e teor de 2,8% de óxido de nióbio. O potencial de nióbio contido foi calculado em 81,5 milhões de toneladas, volume suficiente para manter a atividade de mineração por cerca de 400 anos. A lavra desse depósito mineral enfrenta sérias questões legais, já que na região, após a descoberta da importante reserva de nióbio, foram criadas duas unidades de conservação de proteção integral: o Parque Nacional do Pico da Neblina e a Reserva Biológica do Morro dos Seis Lagos, ambas englobando o local da jazida. Além disso, a área foi demarcada como Terra Indígena Balaio.

### Mineração em Terras Indígenas e em Áreas de Fronteira

O estado do Amazonas possui a maior população indígena do Brasil, com cerca de 120 mil pessoas, 66 etnias e 29 línguas faladas. Essa riqueza de diversidade cultural existente no estado é tão grande quanto as dimensões continentais do nosso país.

A exploração e o aproveitamento de recursos minerais em terras indígenas são previstos na Constituição Federal de 1988 a partir do que dispõem os artigos 176 e 231.

No âmbito estadual, a regulamentação da atividade de exploração mineral em terras indígenas vem sendo discu-

tida por meio de seminários, fóruns e estudos promovidos pela Secretaria de Estado dos Povos Indígenas (SEIND) e pela Secretaria Executiva de Geodiversidade e Recursos Hídricos da SDS.

A SEIND é favorável à exploração mineral, desde que a lei que regulamentará a atividade inclua a garantia de que as comunidades indígenas sejam ouvidas e possam participar do aproveitamento sustentável das jazidas existentes em suas terras.

As comunidades indígenas da região do Alto Rio Negro, representadas pela Federação das Organizações Indígenas do Alto Rio Negro (FOIRN), são as que apresentam maior esforço e maturidade na discussão do tema. Na “Carta de Tomada de Decisão dos Povos Indígenas dos Rios Içana e Tiquié”, aprovada em 2005 no município de São Gabriel da Cachoeira, decidiu-se pelo desenvolvimento de uma agenda positiva, em conjunto com os governos federal, estadual, municipal e o poder legislativo, para elaboração e implementação do Projeto Extrativismo Mineral e Vegetal Indígena, como fase experimental, cabendo aos gestores públicos legalizar e reconhecer essas atividades.

A FOIRN e a SEIND trabalham junto às comunidades do Alto Rio Negro na discussão e aprovação do Projeto-Piloto LICEU LAPIDART, que tem por objetivo promover a inclusão social e geração de renda por meio de cursos profissionalizantes, com a instalação de uma incubadora de lapidação de pedras preciosas na cidade de São Gabriel da Cachoeira.

Outro desafio que se apresenta no estado é o de estimular a atividade de exploração mineral nas chamadas “Faixas de Fronteira”, que são regulamentadas no Código de Mineração como a faixa de 250 km de largura ao longo do limite territorial brasileiro. As atividades nessas áreas devem ser submetidas à aprovação do Conselho Nacional de Justiça (CNJ) em função das características de soberania e segurança nacional.

## VISÃO DE FUTURO

O estado do Amazonas reconhece os desafios da mineração e exploração de óleo e gás em seu território, que, de certa maneira, são semelhantes ao da própria Amazônia: (i) atualização dos marcos regulatórios a que o setor está submetido; (ii) amplo incremento no conhecimento dos recursos minerais e de óleo e gás; (iii) implantação de programas estruturantes, desde a educação básica até a qualificação profissional voltada às necessidades do setor;

(iv) desenvolvimento de infraestrutura básica adequada às necessidades e particularidades do setor e da região; (v) regularização das atividades de exploração mineral informais.

## REFERÊNCIAS

AMAZONAS (Estado). **Relatório de gestão 2008 do sistema SDS**. Manaus: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2009. 142p.

AMAZONAS (Estado). **Sistema estadual de unidades de conservação – SEUC**. 2. ed. Manaus: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2008.

AMAZONAS (Estado). **Unidades de conservação do estado do Amazonas**. Manaus: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2007, 88 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **Projeto ordenamento territorial geomineiro: resultados**. Brasília: MME, 2008. DVD-ROM.

CPRM. **Mapa geodiversidade do Brasil: influência da geologia dos grandes geossistemas no uso e ocupação dos terrenos**. Brasília: CPRM, 2006a. 68 p. 1 CD ROM.

CPRM. **Geologia e recursos minerais do estado do Amazonas**. Brasília: CPRM, 2006b. 126 p. CD ROM.

CPRM. **Mapa de domínios e subdomínios hidrogeológicos do Brasil**. Brasília: CPRM, 2007. CD ROM.

MATOS, Gerson Manoel Muniz de; MELLO, Ivan Sergio de Cavalcanti; GONÇALVES, João Henrique (Coords.). **Áreas de relevante interesse mineral no Brasil (ARIM)**. Belo Horizonte: CPRM, 2009. 70 p.: il.; 30cm.

REIS, N. J. et al. (Orgs.). **Geologia e recursos minerais do estado do Amazonas: texto explicativo**. Escala 1:1.000.000. Manaus: CPRM, 2006. 144 p. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel\\_amazonas.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_amazonas.pdf)>; <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa\\_amazonas.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_amazonas.pdf)>. Acesso em: 30 dez. 2009.

# 10

## RECURSOS MINERAIS

Silvio Roberto Lopes Riker (*silvio.riker@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Introdução .....	127
Substâncias minerais .....	127
Argila .....	127
Areia .....	128
Brita .....	129
Seixo .....	130
Rochas ornamentais .....	130
Calcário .....	130
Caulim .....	131
Gipsita .....	132
Fosfato .....	132
Silvinita .....	132
Água subterrânea .....	133
Linhito .....	133
Turfa .....	133
Petróleo e gás .....	133
Bauxita (alumínio) .....	134
Cromo, níquel, cobalto, cobre e platinoides .....	135
Ferro .....	135
Manganês .....	135
Metais básicos .....	136
Magnesita .....	136
Barita .....	136
Nióbio .....	136
Estanho (cassiterita) .....	137
Ouro .....	137
Monazita e topázio .....	138
Referências .....	138



## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do setor mineral do estado do Amazonas passa pela mudança do modelo extrativista ora em curso, em grande parte, para aquele que possa privilegiar, além da extração, a verticalização da mineração no próprio estado.

Cumpra enfatizar que a atual restrição à pesquisa e exploração mineral nas terras indígenas, a criação pelo próprio estado de áreas de proteção ambiental em regiões com reconhecido potencial mineral e a demora na liberação das licenças ambientais expedidas pelos órgãos competentes se constituem em entraves ao pleno desenvolvimento do setor mineral do estado do Amazonas.

## SUBSTÂNCIAS MINERAIS

### Argila

No estado do Amazonas, seis tipos de material argiloso são conhecidos, sendo compostos, em grande parte, pela mistura dos minerais caulinita, illita, montmorilonita, quartzo e goethita: (a) argilas plásticas dos depósitos aluvionares de planície aluvial (são as mais utilizadas no fabrico de tijolos, telhas e artesanatos cerâmicos); (b) argilas plásticas dos depósitos aluvionares (utilizadas no fabrico de tijolos, telhas e artesanatos cerâmicos); (c) argilas dos depósitos de terraços aluvionares (fabrico de tijolos e, em parte, para telhas); (d) argilas derivadas dos argilitos da Formação Novo Remanso (fabrico de tijolos e, em parte, para telhas); (e) argilas mosqueadas derivadas da alteração dos argilitos da Formação Alter do Chão (utilizadas em parte para o fabrico de tijolos); (f) argilas levemente arenosas representativas de latossolos (utilizadas em aterros, argamassas e na mistura para o fabrico do cimento *portland*).

As reservas de argila do estado do Amazonas podem ser classificadas como oficiais (Tabela 10.1) e não-oficiais. Essas últimas são aquelas quantificadas em projetos efetuados pela CPRM/SGB, estando assim distribuídas:

- Reserva geológica do Polo Cerâmico de Iranduba-Manacapuru: 4.315.000.000 m<sup>3</sup> (D'ANTONA et al., 2007).

Reserva inferida: 320.945.000 m<sup>3</sup>. Argila quantificada nos municípios de Autazes, Boa Vista do Ramos, Careiro da Várzea, Itacoatiara, Itapiranga, Maués, Nova Olinda do Norte, Silves, Uruará e Urucurituba (RIKER et al., 2008).

O Polo Cerâmico de Iranduba-Manacapuru é o mais importante na produção de tijolos e telhas (Figura 10.1). Ele representa 92% da produção de cerâmica estadual, movimenta

cerca de 80% da construção civil no estado do Amazonas e produz cerca de 13 milhões de peças/mês (em torno de 90% de tijolos e 10% de telhas). O Polo Cerâmico de Parintins é o segundo mais importante na produção de tijolos e telhas e é seguido pelo de Itacoatiara, onde a empresa

**Tabela 10.1** - Reservas oficiais de argila do estado do Amazonas.

Substância	Empresa	Município	Reservas (t)
Argila (cerâmica vermelha)	Cerama	Irlanduba	35.877.339
	Litiara	Itacoatiara	5.595.700
Argila (cimento)	CBE	Manaus	3.546.766

Fonte: Reis et al. (2006).



**Figura 10.1** - (A) Lavra de argila dos depósitos de terraços aluvionares da região do rio Manacapuru (fabrico de tijolos). (B) Forno tipo "abóbada" para fabricação de tijolos de oito furos (Manacapuru, AM). Fonte: Teixeira et al. (2009).

Litiara Indústria Cerâmica da Amazônia Ltda. vem produzindo cerca de 1,2 milhões de peças/mês de tijolos, blocos estruturais e blocos aparentes (Figura 10.2). A produção bruta de argila no estado do Amazonas no ano de 2005 foi de 131.355 t (BRASIL, 2006).

Além da aplicação das argilas na indústria da cerâmica vermelha, onde os ensaios tecnológicos indicam aplicabilidade ao fabrico de tijolos e telhas, necessário se faz fomentar projetos e incentivar empresas a produzir cerâmica artesanal decorativa, lajotas para revestimento e pisos cerâmicos. Além disso, deve-se efetuar o estudo das argilas expansivas (montmoriloníticas) para produção de agregado leve a ser empregado em concretos estruturais na indústria da construção civil e estimular a criação de laboratório, para ensaios tecnológicos de argila, para dar suporte aos polos cerâmicos.



**Figura 10.2 - (A)** Lavra em depósitos aluvionares de planície aluvial da empresa Litiara Indústria Cerâmica da Amazônia Ltda. **(B)** Produção de tijolos na olaria dessa empresa (Itacoatiara, AM). Fonte: Riker et al. (2008).

## Areia

A areia é abundante no estado do Amazonas. Composta essencialmente por grãos de quartzo, é amplamente usada na indústria da construção civil. Ocorre nos seguintes tipos de depósitos:

- Depósitos aluvionares representativos de barras de canais fluviais e de dunas subaquosas, comum nos municípios de Japurá, Maraã, Tefé, Coari, Codajás, Anori, Anamá (derivados do desmantelamento da Formação Içá), Novo Airão, Nhamundá, São Sebastião do Uatumã, Itapiranga, Maués, Humaitá, Manicoré, São Gabriel da Cachoeira, Barcelos, Apuí e Lábrea.

- Espodosolos derivados dos arenitos da Formação Novo Remanso (municípios de Careiro da Várzea e Boa Vista do Ramos).

- Espodosolos derivados dos arenitos da Formação Alter do Chão (municípios de Manaus, Itacoatiara, Rio Preto da Eva, Iranduba, Manacapuru, Novo Airão, Itapiranga, Silves e Urucurituba).

- Espodosolos derivados dos arenitos da Formação Nhamundá do Grupo Trombetas (município de Presidente Figueiredo).

Para atendimento à grande demanda de areia que se prevê para a cidade de Manaus até o ano da Copa do Mundo (2014), bem como para o consumo que a Região Metropolitana de Manaus terá daqui para frente, sugere-se o aproveitamento dos depósitos a seguir relacionados, por apresentarem melhor condicionamento geológico e maior potencial, já devidamente conhecido, conforme Riker (2009):

- Região compreendida entre Manaus, Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva; nesse setor, a CPRM/SGB cadastrou mais de 150 areais, cuja reserva está estimada em cerca de 80 milhões de m<sup>3</sup>.

- Bacia do igarapé Tapaiuna, afluente esquerdo do rio Preto da Eva, município de Itacoatiara; nessa região se localiza a maior mina de areia do município (Areal do Prefeito), que abastece a sede e seus arredores (Figura 10.3).

- Região compreendida por parte dos municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão, cortada pelas rodovias AM-070 e AM-352; nesse setor, a CPRM/SGB já cadastrou vários areais.

- Leito de igarapés afluentes da margem esquerda do rio Manacapuru, na porção compreendida entre os igarapés Mundurucus e Macumiri, bem como o leito do próprio rio Manacapuru; nesse último ocorre a extração de areia com draga de sucção de 6 polegadas nas proximidades da foz do igarapé Mundurucus (Figura 10.4).



**Figura 10.3** - Mina de areia representada por espodossolos derivados da formação Alter do Chão, localizada na bacia do rio Preto da Eva (Areal do Prefeito, Itacoatiara, AM). Fonte: Riker et al. (2008).

rio Preto da Eva e rio Urubu (RIKER et al., 2008) e no município de Manacapuru, na bacia do rio homônimo (TEIXEIRA et al., 2009).

- Rochas vulcânicas do Grupo Iricoumé (Figura 10.6) e granitoides das suítes Água Branca e Mapuera, que ocorrem no setor setentrional do município de Presidente Figueiredo, cujos afloramentos são alcançados pela Rodovia BR-174. Nesse município existem seis minas em atividade, com produção de brita proveniente tanto de rochas vulcânicas como de granitoides. Porém, a produção encontra-se aquém da demanda atual do setor da construção civil da Grande Manaus.

- Gnaisses e metagranitos do Complexo Jauaperi, com frente de lavra na localidade de Moura, no município de Barcelos.

A produção registrada de brita no estado do Amazonas no ano de 2005 foi de 1.218.946 m<sup>3</sup> (BRASIL, 2006).



**Figura 10.4** - Lavra de areia com draga de sucção no leito do rio Manacapuru. Fonte: Teixeira et al. (2009).



**Figura 10.5** - Pedreira do Alúisio: brita de “arenito Manaus”, próximo à rodovia AM-010 (Itacoatiara, AM).

- Leito do rio Negro, na parte compreendida entre a cidade de Novo Airão e 1,0 km a montante da ponte Manaus-Iranduba.

## Brita

A brita usada no estado do Amazonas provém de três fontes distintas:

- Arenito silicificado da Formação Alter do Chão, conhecido como “Arenito Manaus”. Esse tipo rochoso tem sido amplamente extraído nos arredores da cidade de Manaus e nos municípios de Itacoatiara e Rio Preto da Eva, nas proximidades da Rodovia AM-010 (Figura 10.5). A CPRM/SGB cadastrou novas ocorrências desse arenito, localizadas nos municípios de Manaus, na bacia dos rios Preto da Eva e Paraná da Eva; no município de Itacoatiara, nas bacias do



**Figura 10.6** - Pedreira Manaus (brita de rocha vulcânica na propriedade do Sr. Sérgio “Mineiro”) (Presidente Figueiredo, AM).

## Seixo

O seixo produzido no estado do Amazonas, com aplicação na indústria da construção civil, provém de leitos ativos de rios, é extraído por dragas de sucção e sua composição é basicamente de quartzo leitoso e, secundariamente, de sílex. A lavra desse bem mineral ocorre nos seguintes rios (REIS et al., 2006):

- Japurá, abrangendo parte dos municípios de Japurá e Marauá.
- Solimões (parte dos municípios de Tefé, Coari, Coarijás, Anori e Anamá).
- Negro, nos paranás Bacaba e Canta Galo (Novo Airão); na proximidade de Moura (Barcelos); na proximidade de São Gabriel da Cachoeira e de Santa Isabel do Rio Negro.
- Nhamundá, em atendimento às cidades de Faro, Nhamundá e Parintins.
- Uatumã, englobando parte dos municípios de São Sebastião do Uatumã e Itapiranga.
- Aripuanã, que é o principal fornecedor de seixo do estado do Amazonas.

## Rochas Ornamentais

No estado do Amazonas, existem alguns tipos rochosos, distribuídos em quatro regiões, que apresentam potencialidade para produção de rochas ornamentais (REIS et al., 2006):

- Tipos gnáissicos e metagraníticos acinzentados a avermelhados, que ocorrem na região de Moura, município de Barcelos.

- Tipos graníticos acinzentados a róseos, que ocorrem no setor setentrional do município de Presidente Figueiredo.

- Tipos graníticos e gnáissicos, que ocorrem no município de São Gabriel da Cachoeira.

- Tipos escuros (negros) relacionados às rochas máfico-ultramáficas da Suíte Intrusiva Tapuruquara, que ocorrem a noroeste da sede municipal de Santa Isabel do Rio Negro.

## Calcário

As reservas de calcário quantificadas no estado alcançam o total de 437.644.518 t. As principais áreas de ocorrência localizam-se nos municípios de Uruará (mina do rio Jatapu, do Grupo João Santos), Maués (jazida do rio Parauari, pertencente à Cia. Agro Industrial Amazonense) e Nhamundá (jazida do rio homônimo), todas hospedadas na Formação Itaituba, além do calcário dolomítico, ainda não quantificado, que ocorre no município de Apuí, na região de Terra Preta, no rio Sucunduri (Figura 10.7). Esse último foi revelado por sondagem efetuada pela Cia. Morro Vermelho na década de 1980, bem como pelos estudos da CPRM (2001) e se encontra hospedado na Formação Terra Preta, do Grupo Alto Tapajós (REIS et al., 2006) (Tabelas 10.2 e 10.3).



**Figura 10.7 - (A)** Mina de calcário do rio Jatapu (município de Uruará), empregado para o fabrico de cimento portland em Manaus; **(B)** calcário calcítico do rio Parauari (município de Maués); **(C)** calcário estromatolítico/dolomítico da região de Terra Preta, rio Sucunduri (município de Apuí).

**Tabela 10.2 -** Potencial de calcário no estado do Amazonas.

Status	Município	Coordenadas	Reservas (10 <sup>6</sup> t)			Teor (%)	PRNT (%)
			Medida	Indicada	Inferida		
Mina	Uruará	01° 42' 24" S 58° 32' 17" W	25,5038	17,84533	-	CaO: 36,04-65,38 MgO: 0,43-5,14	64,00-93,89
Jazida	Maués	04° 54' 24" S 57° 59' 44" W	43,882	87,785	44,000	CaO: 38-53,91 MgO: 0,25-0,49	72,27-89,55
Jazida	Nhamundá	01° 26' 18" S 57° 49' 22" W	48,92592	169,702468	-	CaO: 48,49-52,77 MgO: 0,70-3,22	88,26-95,68
Depósito	Apuí	07° 47' 50" S 58° 51' 21" W	-	-	-	CaO: 13,11-46,60 MgO: 16,14-22,44	70,42-99,91

Fonte: Riker (1999); Reis et al. (2006).

**Tabela 10.3** - Análises químicas do calcário atravessado pelo furo TP-F4 da Cia. Morro Vermelho, na região de Terra Preta, rio Sucunduri (AM).

Intervalo (m)	CaO (%)	MgO (%)	PRNT (%)
17,0 – 18,5	40,16	16,29	99,52
18,5 – 21,5	22,69	22,44	77,72
21,5 – 23,9	40,01	18,93	96,88
23,9 – 26,9	13,11	22,44	70,42
26,9 – 29,9	32,60	18,21	95,38
29,9 – 34,5	38,75	16,14	99,91
34,5 – 37,7	41,23	18,88	98,48
37,7 – 41,7	46,60	17,96	94,28

Fonte: CPRM (2001).

A mina do rio Jatapu produziu 413.056 t de calcário em 2005 (BRASIL, 2006), insumo utilizado na fabricação de cimento *portland* em Manaus.

Apesar do grande potencial existente, verifica-se que esse bem mineral não vem sendo utilizado para o desenvolvimento da agricultura do estado do Amazonas. Todo o calcário empregado como corretivo de solo é importado dos estados de Mato Grosso e Rondônia.

### Caulim

Caulim é o nome genérico para o argilo-mineral "caulinita", que integra, na geologia do estado do Amazonas, uma fácies da Formação Alter do Chão. Sua ocorrência principal no estado está situada entre os municípios de Manaus e Rio Preto da Eva, onde já foi bloqueado um jazimento com reservas totais de cerca de 3,4 bilhões de toneladas de minério, as quais se encontram distribuídas por uma área de 30.000 ha, cortada pela Rodovia BR-174 (CPRM, 2005) (Tabela 10.4; Figura 10.8). As pesquisas realizadas mostram que a principal aplicação desse caulim é na indústria de papel de alta qualidade (*coating*). Objetivando viabilizar a implantação de um projeto nessa região, já foram feitos alguns contatos na busca de parceiros em nível internacional, inclusive no Canadá. Apesar de o caulim do estado do Amazonas representar cerca de 70% das reservas nacionais conhecidas, o grande desafio até o momento é o de

produzi-lo na região a um custo competitivo com o explorado no Pará. Enquanto o projeto não se materializa, deve-se incentivar empresas nacionais e internacionais de mineração a se instalar na região, posto que outras aplicações podem ser dadas ao caulim, tais como:

- Fabricação de azulejos, ladrilhos, materiais sanitários, revestimentos e pisos cerâmicos (indústria da cerâmica branca).
- Fabricação de tintas e vernizes (indústria química).
- Fabricação de remédios e cosméticos (indústrias farmacêutica e de cosméticos).



**Figura 10.8** - Exposição de caulim no km 45 da rodovia BR-174 (Igarapé Cabeça Branca).

**Tabela 10.4** - Potencial de caulim do estado do Amazonas.

Substância	Reservas (t)			
	Medida	Indicada	Inferida	Lavrável
Caulim	1.924.282.431	1.218.157.624	263.406.700	1.924.282.431

Fonte: Brasil (2006).

Além disso, recomenda-se o desenvolvimento de estudos para verificar sua aplicação como material pozolânico (meta-caulim de alta reatividade), com fim à aplicação na indústria da construção civil, em concretos especiais de alta resistência.

Os jazimentos de caulim de Manaus e Rio Preto da Eva têm como subproduto o quartzo de alta pureza, para o qual devem ser conduzidos estudos para verificar sua aplicação nas indústrias de vidro, óptica e eletroeletrônicas do Polo Industrial de Manaus (PIM).

Outras ocorrências de caulim no Amazonas, cadastradas pela CPRM/SGB, encontram-se no município de Itacoatiara, ao longo da Rodovia AM-010 (RIKER et al, 2008), e na zona fronteira entre Manacapuru, Iranduba e Novo Airão, ao longo da Rodovia AM-352 (D'ANTONA et al., 2006).

### Gipsita

A gipsita ocorre nos municípios de Uruará (bacia do rio Jatapu) e Nhamundá (bacia do rio homônimo) e encontra-se hospedada na Formação Nova Olinda, da Bacia Paleozoica do Amazonas (Tabela 10.5).

Há uma mina de gipsita localizada na bacia do rio Jatapu, pertencente ao Grupo João Santos, que produziu 17.800 t de minério no ano de 2005 (BRASIL, 2006). A gipsita explorada nessa mina é empregada na composição do cimento *portland* que é fabricado em Manaus.

Recomenda-se o uso da gipsita como gesso na indústria da construção civil do estado, a fim de evitar a importação desse produto, como vem ocorrendo atualmente.

### Fosfato

A ocorrência de fosfato no estado do Amazonas é verificada na porção sudoeste do município de Apuí, onde tal bem mineral se apresenta sob a forma de colofana, associada às glauconitas nos arenitos e siltitos escuros da Formação

Juma, Grupo Alto Tapajós. Essa região vem sendo pesquisada pela empresa Redstone, de capital australiano. Informações não-oficiais dão conta da presença de arenitos fosfáticos com teores entre 5% e 10% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Esses teores demonstram que a Formação Juma é um excelente metalotecto para se prospectar fosfato sedimentogênico no Amazonas e pode hospedar importantes depósitos desse bem mineral.

### Silvinita

A silvinita (mistura de halita e silvita), principal fonte de potássio empregada na indústria de fertilizantes, é abundante nos municípios de Nova Olinda do Norte e Itacoatiara. Esse bem mineral está hospedado na Formação Nova Olinda, da Bacia Paleozoica do Amazonas. Apresenta reservas totais da ordem de 1,5 bilhões de toneladas, espessura variando de 0,65 m a 4,38 m e ocorre em profundidades de 980 a 1.130 m (Tabela 10.6).

A silvinita do Amazonas é estratégica para o Brasil, visto que existem apenas duas jazidas de potássio em nosso país: Taquari/Vassouras, em Sergipe (em exploração), e Fazendinha/Arari, no Amazonas; a Petrobras é a detentora dos direitos minerários de ambas. Recentemente, as negociações para transferência dos direitos da jazida de Fazendinha/Arari à empresa Falcon Metais, do Grupo Forbes & Manhattan, foram suspensas.

Os principais fatores que justificam a implantação, em médio prazo, de um projeto para o aproveitamento da silvinita de Nova Olinda/Itacoatiara são os seguintes:

- Existência de minério de boa qualidade com reservas expressivas.
- O Brasil importa do exterior cerca de 91% de suas necessidades de potássio, tendo como implicação a evasão de divisas em mais de 1,0 bilhão de dólares/ano.
- Suprimento de energia elétrica provinda do Pará (Tucuruí) em curto prazo.

Tabela 10.5 - Potencial de gipsita do estado do Amazonas.

Status	Município	Localização	Reservas (t)		
			Medida	Indicada	Lavrável
Mina	Uruará	01° 46' 28,6'' S 58° 31' 1,6'' W	247.430	1.365.120	247.430
Jazida	Nhamundá	-	344.400	-	-

Fonte: Brasil (1981, 2006).

Tabela 10.6 - Reservas de silvinita do estado do Amazonas.

Município	Depósito	Reservas (toneladas x 10 <sup>6</sup> )								
		Medida	KCl (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Indicada	KCl (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Inferida	KCl (%)	K <sub>2</sub> O (%)
Nova Olinda do Norte	Fazendinha	493,005	26,57	16,79	-	-	-	-	-	-
Itacoatiara	Arari	446,300	29,00 <sup>a</sup> 34,14	18,32 <sup>a</sup> 21,57	63,02	32,41 <sup>a</sup> 32,42	20,47 <sup>a</sup> 20,48	150,22	25,97 <sup>a</sup> 31,96	16,41 <sup>a</sup> 20,19

Fonte: Reis et al. (2006).

- Fácil escoamento fluvial.
- Um projeto de aproveitamento integrado desse bem mineral tem expectativa de gerar 2.200 empregos diretos e 11.000 indiretos na região.
- O sal-gema, rejeito da mineração, poderá ser aproveitado para o consumo doméstico (sal de cozinha), para a pecuária e também para produção de cloro (indústria cloroquímica). O restante deverá ser reintroduzido na mina para evitar qualquer contaminação ao meio ambiente.

## Água Subterrânea

À exceção de Presidente Figueiredo, que tem seus aquíferos relacionados à Formação Nhamundá do Grupo Trombetas, todas as sedes municipais amazonenses localizadas na Bacia do Médio Amazonas fazem aproveitamento de águas subterrâneas provenientes do aquífero Alter do Chão. Já a maior parte das sedes situadas na Bacia do Solimões aproveita o aquífero Içá e, secundariamente, os depósitos aluvionares.

A empresa “Águas do Amazonas” é a maior produtora de água subterrânea em Manaus. Sua produção está em torno de 20% de toda a água fornecida para consumo humano na capital, sendo ela detentora de cerca de 150 poços profundos (aquífero Alter do Chão) que abastecem parte da população das zonas norte e leste da cidade. Em seguida, vêm as indústrias do Polo Industrial de Manaus (PIM) e empresas que engarrafam água mineral (ou potável de mesa), como Santa Cláudia, Minalar, J. Cruz, Ocrim e Gelocrim.

As empresas que exploram comercialmente a água subterrânea no Amazonas produziram no ano de 2005 cerca de 84.899.000 litros de água mineral (ou potável de mesa), o que correspondeu a um faturamento de R\$16.202.132,00 (BRASIL, 2006).

## Linhito

O linhito é um material fóssil que se encontra em um estágio entre a turfa e o carvão mineral. Essa substância, que tem ampla ocorrência no setor ocidental do estado, está associada às litologias da Formação Solimões. Ocorre sob forma de delgadas lentes, de espessura milimétrica até o máximo de 1,5 m e sua reserva geológica é de 46,4 bilhões de toneladas (MAIA et al., 1977). Por apresentar baixo poder calorífico, baixo teor de carbono fixo, elevados teores de cinza e reduzidas espessuras dos leitos individuais, forma depósitos minerais sem perspectiva de aproveitamento econômico em curto prazo.

## Turfa

A turfa corresponde a material vegetal decomposto, representativo do primeiro está-

gio na evolução da formação do carvão mineral. Pode ser utilizada como fonte de energia, condicionador de solos na agricultura, material filtrante, carga de enchimento de concreto leve etc.

As turfeiras, que ocorrem sob forma de delgadas lentes ou cunhas intercaladas em argilas ou entre siltes e argilas, normalmente são imaturas, com cores indo de preto a marrom, e apresentam caráter alóctone. São formadas por fragmentos decompostos de madeira, folhas e troncos, hospedando-se principalmente nos depósitos aluvionares de planície aluvial, seguidos dos depósitos aluvionares (menos maduras) e terraços aluvionares (mais maduras) (RIKER et al., 2008) (Figura 10.9).

O maior potencial de turfa conhecido no estado do Amazonas está no arquipélago de Tupinambarana, na região compreendida pelos paranás Urariá e Ramos e rio Amazonas, abrangendo parte dos municípios de Nova Olinda do Norte, Maués, Urucurituba e Boa Vista do Ramos, onde foi estimada uma reserva da ordem de 350.000 m<sup>3</sup>. Porém, a turfa dessa região apresenta, na grande maioria das amostras analisadas, baixo poder calorífico e altos teores de cinza, o que inviabiliza seu uso para fins energéticos, podendo, contudo, ter aplicação como condicionador de solos (REIS e FIGUEIREDO, 1983) (Tabela 10.7).

Outras ocorrências de turfa no estado do Amazonas são as seguintes: baixo curso dos rios Sucunduri e Canumã (RIKER, 1979); rios Demeni e Cauarés (MAIA e SANTOS, 1980); rios Purus e Madeira (AMARAL e SANTOS, 1980); municípios de Urucará, Itacoatiara e Careiro da Várzea (RIKER et al., 2008); paraná Autaz-Mirim, município de Careiro (TEIXEIRA et al., 2009).

## Petróleo e Gás

A Bacia Sedimentar do Solimões é a mais promissora para prospecção de hidrocarbonetos no estado do Amazo-



**Figura 10.9** - Ocorrência de turfa no paraná Autaz-Mirim (Careiro da Várzea, AM). Fonte: Riker et al. (2008).

nas. Nela existem campos de petróleo e gás em parte dos municípios de Coari, Tefé e Carauari. Já a Bacia do Médio Amazonas apresenta gás na região de Silves. Os folhelhos da Formação Jandiatuba são os geradores de hidrocarboneto na Bacia do Solimões, enquanto os arenitos da Formação Juruá constituem os reservatórios.

As reservas totais de petróleo no estado do Amazonas são da ordem de 25 milhões de metros cúbicos e as de gás, 70 milhões de metros cúbicos (Tabela 10.8).

O Polo Petrolífero de Urucu, no município de Coari, produziu, no ano de 2008, 11.657.205 barris de petróleo, os quais foram integralmente processados na refinaria de Manaus (Tabela 10.9), enquanto a produção

de gás natural nesse mesmo ano foi de 3.732.624.000 m<sup>3</sup> (Tabela 10.10).

### Bauxita (Alumínio)

As principais ocorrências de bauxita no estado do Amazonas situam-se nos municípios de Nhamundá e Presidente Figueiredo. Os jazimentos apresentam 151,78 milhões de toneladas de reservas totais (Tabela 10.11).

O jazimento de Nhamundá relaciona-se à lateritização sobre rochas da Formação Alter do Chão; os direitos mineiros pertencem à Mineração Rio do Norte. Já as ocorrências da Província Mineral do Pitinga estão relacionadas aos

**Tabela 10.7** - Características das turfas da região do arquipélago de Tupinambarana.

Nº de Amostras Estudadas	Umidade Higroscópica (%)	Cinzas (b.s. %)	Voláteis (b.s. %)	Poder Calorífico (b.s. Kcal/kg)	Carbono Fixo (%)
47	4,21 a 69,65	14,14 a 89,90	10,19 a 48,11	766 a 3.425	0,34 a 23,08
3	60,65 a 78,50	18,57 a 28,70	46,50 a 58,51	3.551 a 4.571	20,52 a 24,80

Fonte: Reis e Figueiredo (1983).

**Tabela 10.8** - Potencial de hidrocarbonetos no estado do Amazonas.

Bacia	Reservas Provadas		Reservas Totais	
	Petróleo (milhões de m <sup>3</sup> )	Gás (milhões de m <sup>3</sup> )	Petróleo (milhões de m <sup>3</sup> )	Gás (milhões de m <sup>3</sup> )
Bacia do Médio Amazonas	0,00	0,00	0,38	4.921,11
Bacia do Solimões	17,11	52.143,39	24,64	64.897,86

Fonte: ANP (reservas consideradas até 31.12.2008).

**Tabela 10.9** - Produção de petróleo de Urucu e seus derivados (2008).

Produção	11.657.205 barris	
Derivados processados na Refinaria de Manaus (REMAN)	Asfalto	81.395 m <sup>3</sup>
	Gasolina A	216.729 m <sup>3</sup>
	GLP	109.137 m <sup>3</sup>
	Nafta	727.030 m <sup>3</sup>
	Óleo combustível	351.757 m <sup>3</sup>
	Óleo diesel	609.355 m <sup>3</sup>
	Querosene de aviação	146.836 m <sup>3</sup>
	Querosene iluminante	170 m <sup>3</sup>

Fonte: ANP.

**Tabela 10.10** - Produção de gás natural no polo de Urucu (2008).

Produção de gás natural	3.732.624.000 m <sup>3</sup>
Reinjeção de gás	2.999.875.000 m <sup>3</sup>
Queima e perda	173.491.000 m <sup>3</sup>
Consumo próprio	149.398.000 m <sup>3</sup>
Gás disponível	409.860.000 m <sup>3</sup>

Fonte: ANP.

**Tabela 10.11** - Potencial de bauxita no estado do Amazonas.

Status	Município	Reservas (t)		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
		Medida	Indicada	
Jazida	Nhamundá	131.785.316	-	47,96
Depósito	Presidente Figueiredo (Província do Pitinga)	-	20.000.000	41,70

Fonte: Brasil (1980); Reis et al. (2006).

processos de lateritização atuantes sobre rochas vulcânicas do Grupo Iricoumé e granitos da Suíte Madeira; os direitos minerários pertencem à Companhia Vale do Rio Doce.

### Cromo, Níquel, Cobalto, Cobre e Platinoides

As rochas máfico-ultramáficas da Suíte Intrusiva Tapuruquara, que ocorrem a noroeste da cidade de Santa Isabel do Rio Negro e que foram estudadas por Araújo Neto et al. (1977) e Araújo Neto e Costi (1979), apresentam diferenciação litológica que se assemelha, em parte, a alguns corpos estratiformes portadores de mineralizações importantes, como Bushveld, Sudbury, Skaergaard e Stillwater. No entanto, nas rochas dessa suíte ainda não foram descobertas quaisquer ocorrências significativas de bens minerais metálicos. Desse modo, recomenda-se a realização de estudos de detalhe nesses corpos, haja vista se constituírem em metalotectos para cromo, níquel, cobalto, cobre e platinoides.

### Ferro

O minério de ferro, no estado do Amazonas, ocorre no município de Uruará, no interflúvio dos rios Jatapu e Nhamundá. A mina em exploração tem 65.710.318 t de reservas totais, sendo que o ferro foi formado a partir de lateritização dos arenitos e siltitos da Formação Nhamundá. Atualmente, a mina está sendo lavrada pela Companhia Brasileira de Equipamentos (CBE), do grupo João Santos, que emprega o ferro na mistura do fabrico de cimento *portland* em Manaus (Tabela 10.12; Figura 10.10). No ano de 2005, foram extraídas 10.000 t de minério com teor de 70% de ferro.

### Manganês

No estado do Amazonas, o manganês foi extraído nas décadas de 1950 e 1960, pela Mineração Bomfim S/A, das



**Figura 10.10** - Mina de ferro do rio Jatapu (Uruará, AM).

Fonte: Reis et al. (2006).

minas Beneficente e Cotovelo, localizadas na calha do rio Aripuanã, em áreas lindeiras dos municípios de Manicoré, Novo Aripuanã e Apuí. No momento, a região é palco de novas pesquisas para esse bem mineral. O minério, hospedado em arenitos da Formação Beneficente do Grupo Alto Tapajós (REIS, 2006), é formado por pirolusita e psilomelana, com teores na faixa de 45% de manganês. A mineralização está associada a enriquecimento supergênico.

Outras ocorrências de manganês cadastradas no estado são:

- Serras Palhal e Caracaxá, região do rio Sucunduri.
- Rochas areníticas na Bacia do Alto Tapajós, no interflúvio dos rios Manicorezinho e Aripuanã e região dos rios Branco e Camaiú.
- Região de Seis Lagos, no município de São Gabriel da Cachoeira, onde o manganês ocorre associado às crostas lateríticas de ferro e nióbio.
- Município de Iranduba, ocorrendo sob forma de concreções associadas aos arenitos da Formação Alter do Chão.

**Tabela 10.12** - Potencial de minério de ferro no estado do Amazonas.

Status	Município	Reservas (t)			Produção (t) ROM (2005)
		Medida	Indicada	Lavrável	
Mina	Uruará	6.625.943	59.084.375	5.495.855	10.000

Fonte: Brasil (2006).

## Metais Básicos

A calcopirita (minério de cobre), em associação com galena (minério de chumbo), prata e vanádio, foi registrada na região de Terra Preta e na cachoeira Fortaleza, no rio Sucunduri (LIBERATORE et al., 1972). A Mineração Morro Vermelho, do grupo Camargo Correa, identificou na região, nas décadas de 1970-80, mineralização de cobre associada a unidades clásticas e clastoquímicas, cujo teor médio é de 0,35% de Cu em horizonte mineralizado descontínuo com 7,0 m de espessura (CARVALHO e FIGUEIREDO, 1982). O grupo Anglo American, pesquisando essa mesma região entre 1997 e 2001, detectou *gossans* com teores dispersos para cobre e cobalto.

Apesar do reconhecido potencial mineral existente, na região foram criadas duas unidades de conservação: a Floresta Nacional Jatuarana e o Parque Estadual Camaiú.

## Magnesita

A magnesita (carbonato de magnésio) foi cadastrada na região de Terra Preta, rio Sucunduri (LIBERATORE et al., 1972). Ela se encontra associada aos calcários estromatolíticos da Formação Terra Preta do Grupo Alto Tapajós, ocorrendo sob forma de veios e estreitas vênulas (REIS, 2006).

## Barita

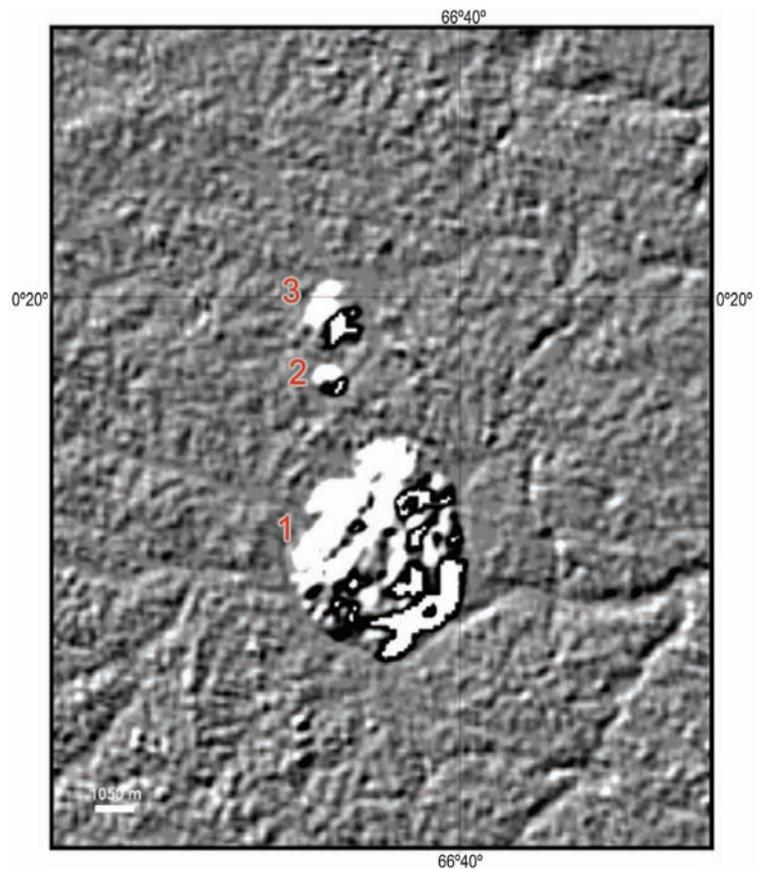
Do mesmo modo que a magnesita e a calcopirita, a barita ocorre na região de Terra Preta, no rio Sucunduri (LIBERATORE et al., 1972). No entorno dessa localidade, ela está associada a calcários estromatolíticos como veios esbranquiçados e sob forma cristalizada e amorfa (REIS, 2006).

## Nióbio

As maiores ocorrências de nióbio no estado do Amazonas estão localizadas na região de

Seis Lagos, município de São Gabriel da Cachoeira (JUSTO, 1983), na Província Mineral do Pitinga, município de Presidente Figueiredo, e na região da Serra do Aracá, município de Barcelos (BORGES, 1987) (Tabela 10.13).

O nióbio de Seis Lagos está associado às rochas carbonatíticas da unidade Alcalinas Seis Lagos, de idade atribuída ao Mesozoico (Figura 10.11); na Província do Pitinga, o nióbio encontra-se associado a columbita-tantalita e cassiterita, que se hospedam nos granitos da Suíte Madeira, enquanto que aquele da serra do Aracá (columbita) corresponde a depósitos aluvionares.



**Figura 10.11** - Estruturas do Morro Seis Lagos (1), Meio (2) e Norte (3) relacionadas ao nióbio ocorrente no município de São Gabriel da Cachoeira. Fonte: Reis et al. (2006).

**Tabela 10.13** - Potencial de nióbio no estado do Amazonas.

Status	Município	Reservas	Minério (t)	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> contido (t)
Jazida	São Gabriel da Cachoeira	Medida	38.376.000	2,85	1.093.716
		Indicada	200.640.000	2,40	4.815.360
		Inferida	2.658.892.800	2,84	75.512.555
		Total	2.897.908.800	2,81	81.431.237
Mina	Presidente Figueiredo	Total	-	-	781.080
Depósito	Barcelos	Inferida	330		

Fontes: Justo (1983); Borges (1987); Reis et al. (2006).

A única mina de nióbio em operação no estado do Amazonas localiza-se na Província Mineral do Pitinga e sua produção, a partir da columbita-tantalita, foi de 1.755 t de  $Nb_2O_5$  no ano de 2008, segundo informações do 8º Distrito do DNPM.

### Estanho (Cassiterita)

A produção de cassiterita (minério de estanho) no estado do Amazonas ocorre na Província Mineral do Pitinga, entre os municípios de Presidente Figueiredo e Urucará, a qual é caracterizada por jazimento primário poliminerar de classe mundial de estanho, nióbio e tântalo, associados a criolita (minério de flúor), tório, urânio, xenotima (minério de ítrio) e zirconita, além de conter expressivos depósitos de bauxita formados por processo de lateritização (Tabela 10.14; Figura 10.12). Os depósitos aluvionares de cassiterita nessa região, que apresentavam grandes reservas de estanho, já foram quase todos explorados.

Excluindo-se a bauxita, cujos direitos minerários pertencem à Companhia Vale do Rio Doce, os demais jazimentos dessa província pertencem à Mineração Taboca, que está sob controle do grupo empresarial peruano MINSUR.

Segundo Costi et al. (1997), na Província do Pitinga ocorrem três tipos de mineralização primária de cassiterita:

- associada à fácies albíta-granito do maciço Madeira;
- relacionada a *greisens* do maciço Água Boa;
- em epissienitos do maciço Água Boa.

No ano de 2008, a produção bruta na mina do Pitinga, segundo dados do 8º Distrito do DNPM, foi de 6.285 t de estanho e de 1.755 t de  $Nb_2O_5$  contido em columbita-tantalita.

Outras ocorrências de estanho aluvionar no estado do Amazonas são relatadas nos seguintes locais:

- região das serras Marié-Mirim e Imeri e médio curso do rio Preto, no município de Santa Isabel do Rio Negro;

**Tabela 10.14** - Recursos minerais da província mineral do Pitinga.

Bem Mineral	Reservas Totais (t)
Estanho	486.040
Criolita ( $Na_3AlF_6$ )	8.824.357
Nióbio ( $Nb_2O_5$ )	781.080
Tântalo ( $Ta_2O_5$ )	88.760
Tório ( $ThO_2$ )	289.000
Urânio ( $U_3O_8$ )	144.000
Xenotima ( $Y_2O_3$ )	102.160
Zirconita ( $ZrO_2$ )	3.388.040
Bauxita (*)	20.000.000

Fonte: Reis et al. (2006).

(\*) Dados não-oficiais.



**Figura 10.12** - Mina do Pitinga, localizada no município de Presidente Figueiredo (AM). Fonte: Reis et al. (2006).

- região do igarapé Preto e bacia dos rios Madeirinha e Manicoré, no município de Lábrea.

### Ouro

No estado do Amazonas, há uma ampla distribuição de ouro, conforme descrito a seguir, por municípios.

- **Município de Maués:** as ocorrências se verificam no prolongamento da Província Aurífera do Tapajós, cuja maior extensão encontra-se no vizinho estado do Pará. O metal ocorre associado às rochas metassedimentares do Grupo Jacareacanga, aos granitóides da Suíte Parauari e às rochas vulcânicas Bom Jardim e Salustiano (ALMEIDA et al., 2000). No garimpo Abacaxis, a empresa Matapi Exploração Ltda. quantificou um jazimento na zona de alteração e na rocha sã com cerca de 23.700 kg de ouro contido (Tabela 10.15).

- **Municípios de Humaitá e Manicoré:** nas aluviões ativas do rio Madeira, a extração de ouro é feita pelo regime de permissão de lavra garimpeira concedida à Cooperativa dos Extrativistas Minerais Familiares de Manicoré e Humaitá. Atualmente, na região há em torno de 380 balsas lavrando ouro, com produção semanal variando de 60 gramas a 260 gramas de ouro/balsa.

- **Município de Apuí:** ouro aluvionar foi explorado nos garimpos Gavião e Dez Dias na década de 1980, na região sudeste de Apuí, na fronteira com o estado de Mato Grosso. Já na vila Sucunduri, na margem esquerda do rio homônimo, há registro de garimpagem de ouro primário em rochas vulcânicas, possivelmente da Suíte Colíder.

- **Município de Novo Aripuanã:** nesse município há um garimpo, denominado "Eldorado do Juma", em atividade desde o ano de 2006, na bacia do rio Juma, afluente direito do rio Aripuanã (Figura 10.13). Nesse local, o ouro primário está associado a uma sequência vulcanoclástica e hospeda-se em zonas de deformação rúptil afetadas

**Tabela 10.15** - Potencial de ouro no garimpo Abacaxis, município de Maués.

Status	Reservas							
	Medida			Indicada			Geológica	
Jazida	Minério (t)	Teor (g/t)	Au Contido (g)	Minério (t)	Teor (g/t)	Au contido (g)	Teor (g/t)	Au contido (g)
	2.812.702	1,53	4.309.099	1.406.351	1,53	2.151.717	25,83	17.239.000

Fonte: Reis et al. (2006).

por hidrotermalismo e dominadas localmente por silicificação, caolinização, carbonatação e sericitização (BRITO et al., 2008). Também em Novo Aripuanã, na região que faz fronteira com Apuí, na margem esquerda do rio Branco, interflúvio dos rios Acari e Camaiú, houve atividade garimpeira em aluviões nas décadas de 1980 e 1990 (CPRM, 2001), sendo que a mineralização primária de ouro parece estar associada à sequência vulcanossedimentar da Suíte Colíder.

- **Município de Japurá:** na década de 1990, garimpagem com draga de sucção foi registrada na bacia do rio Puruê, afluente direito do rio Japurá, nas proximidades da fronteira com a República da Colômbia (Figura 10.14). Já na serra Traíra, também próximo à fronteira com a Colômbia, houve garimpagem na década de 1980, em locais onde o ouro está associado a metassedimentos do Grupo Tunuí.

- **Município de Barcelos:** há registro de garimpagem de ouro aluvionar a sudeste da serra Aracá (ACHÃO, 1974; BORGES, 1987).



**Figura 10.14** - Draga garimpando ouro na margem do rio Puruê, no ano de 1997 (Japurá, AM).

- **Município de Santa Isabel do Rio Negro:** os metassedimentos da serra Daraá constituem-se em importantes metalotectos para ouro (ALMEIDA et al., 2000b).

- **Município de São Gabriel da Cachoeira:** garimpagem de ouro aluvionar tem sido registrada nas aluviões que drenam a serra da Neblina (MELO e VILLAS BOAS, 1993; ALMEIDA et al., 2000b). Nas serras Tunuí e Caparro, o ouro ocorre associado a metassedimentos (MELO e VILLAS BOAS, 1993).

### Monazita e Topázio

Borges (1987) quantificou reservas geológicas de 21 t de topázio e 33 t de monazita em aluviões localizadas a oeste da serra do Aracá, município de Barcelos (AM).

### REFERÊNCIAS

ACHÃO, S. M. **Reconhecimento geológico e prospecção aluvionar na porção sudeste da serra do Aracá:** relatório interno. Manaus: CPRM, 1974. 5 p.



**Figura 10.13** - Vista parcial da grota Rica, objeto de extração de ouro no garimpo Eldorado do Juma no ano de 2007 (Novo Aripuanã, AM).

- ALMEIDA, M. E.; BRITO, M. F. L.; FERREIRA, A. L. **Projeto Tapajós**: geologia da folha SB.21-V-D – Mamãe Anã. Rio de Janeiro: CPRM, 2000a. CD-ROM.
- ALMEIDA, M. E. et al. **Projeto serra Imeri**: geologia e recursos minerais das folhas NA.20-Y, SA.20-V-A e SA.20-V-B. Manaus: CPRM, 2000b. 1 CD-ROM. [Nota explicativa].
- AMARAL J. E.; SANTOS, J. O. S. **Ocorrência de turfa e linhito nos rios Purus e Madeira**: relatório interno. Manaus: CPRM, 1980. 4 p. il.
- ARAÚJO NETO, H. de. **Projeto Tapuruquara**: relatório final. Manaus: DNPM/CPRM, 1977. 2 v.
- ARAÚJO NETO, H. de; COSTI, H. T. **Projeto Tapuruquara II**: relatório final. Manaus: DNPM/CPRM, 1979, 2 v.
- ARAÚJO NETO, H. de; BONOW, C. de W.; AMARAL J. A. F. do; CARVALHO, V. G. D. **Projeto Tapuruquara**: relatório final. Manaus. DNPM/CPRM, 1977. v. I, il.
- BORGES, F. R. **Projeto serra do Aracá**. Manaus: CPRM, 1987. 51 p. il.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário mineral brasileiro 1980**. Brasília: DNPM, 1981.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário mineral brasileiro 1981**. Brasília: DNPM, 1982.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário mineral brasileiro 2004**. Brasília: DNPM. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=305>>. Acesso em: jan. 2010.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário mineral brasileiro 2006**. Brasília: DNPM. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=789>>. Acesso em: jan. 2010.
- BRITO, R. S. C.; SILVEIRA, F. V.; LARIZZATTI, J. **O garimpo do rio Juma, Novo Aripuanã, SE do estado do Amazonas, Brasil**. Brasília: CPRM, 30 p. il. + mapa.
- CARVALHO, M. S.; FIGUEIREDO, A. J. A. Caracterização litoestratigráfica da bacia de sedimentação do grupo Beneficente no alto rio Sucunduri-AM. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1., 1982, Belém. **Anais...** Belém: SBG-Núcleo Norte, 1982. p. 26-44.
- COSTI, H.T., BORGES, R.M.K., DALL'AGNOL, R. Primary mineralizations of the Pitinga tin province, Amazonian craton, north Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRANITES AND ASSOCIATED MINERALIZATIONS, 2, 1997, Salvador. **Extended Abstract and Program**, 999. p. 44-45.
- CPRM. **Zoneamento ecológico-econômico do distrito agropecuário da SUFRAMA**: meio físico (geologia e recursos minerais). Manaus: CPRM, 2005. 45 p. [Tomo II].
- CPRM. **Projeto de gestão ambiental integrada do Amazonas**: zoneamento ecológico-econômico do vale do rio Madeira, área sudeste-sul. Manaus: CPRM, 2001. 92 p. [Relatório interno].
- D'ANTONA, R. J. G. et al. **Projeto materiais de construção da área Manacapuru-Iranduba-Careiro (domínio baixo Solimões)**. Manaus: CPRM, 2007. 161 p. CD-ROM.
- JUSTO, L. J. E. C. **Projeto Uaupés**: relatório final de pesquisa. Manaus: CPRM, 1983. 2 v.
- LIBERATORE, G. et al. **Projeto Aripuanã-Sucunduri**: relatório final. Manaus: DNPM; CPRM, 1972. 8 v. il.
- MAIA, R. G. N.; SANTOS, A. N. **Prospecção geológica visando turfa na bacia hidrográfica do baixo rio Negro**. Manaus: CPRM/DIVPES, 1980. 13 p. il.
- MAIA, R.G.N. et al. **Projeto carvão no alto Solimões**. Manaus: DNPM/CPRM, 1977. 11 v.
- MELO, A. F. F.; VILLAS BOAS, P. F. **Projeto alto rio Negro**: relatório preliminar. Manaus: DNPM/CPRM, 1993. 3 v.
- REIS, N. J. **Rochas carbonáticas da região de Apuí, Amazonas**. Manaus: CPRM, 2006. 60 p. (Série Insumos Minerais para Agricultura n. 12).
- REIS, N. J.; FIGUEIREDO, E. S. **Projeto turfa do médio Amazonas**: relatório de progresso. Manaus: DNPM/CPRM, 1983. 69 p. il.
- REIS, Nelson Joaquim; ALMEIDA, Marcelo Esteves; RIKER, Sílvio Lopes; FERREIRA, Amaro Luiz (Orgs.). **Geologia e recursos minerais do estado do Amazonas**: texto explicativo. Escala 1:1. 000.000. Manaus: CPRM, 2006. 144 p. CD-ROM. Programa Geologia do Brasil (PGB). Convênio CPRM/CIAMA-AM. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel\\_amazonas.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_amazonas.pdf)>; <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa\\_amazonas.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_amazonas.pdf)>. Acesso em: jan. 2010.

RIKER, S. R. L. **Bases para elaboração do plano diretor mineral da região metropolitana de Manaus.** Manaus: CPRM, 2009. 15 p.

RIKER, S.R.L. Insumos minerais para agricultura nos estados do Amazonas e Roraima. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6., 1999. Manaus. **Resumos Expandidos...** Manaus: SBG – Núcleo Norte, 1999. p. 180-183.

RIKER, S. R. L. **Prospecção geológica no rio Canumã e seus afluentes, baixo curso dos rios Sucunduri,**

**Camaiú, Acari e Paraná Madeirinha.** Manaus. CPRM/DIVPES, 1979. 146 p. il.

RIKER, S.R.L. et al. **Projeto materiais de construção no domínio médio Amazonas.** Manaus: CPRM, 2008. 168 p. CD-ROM.

TEIXEIRA, S. G.; RIKER, S. R. L.; D'ANTONA, R. J. G. **Relatório de viagem às regiões da bacia do rio Castanho – BR-319, bacia do baixo Solimões e baixo/médio curso do rio Manacapuru.** Manaus: CPRM, 2009. 84 p.

# 11

## PANORAMA DA PESQUISA E DO POTENCIAL PETROLÍFERO

Kátia da Silva Duarte (*ksduarte@anp.gov.br*)  
Bernardo Faria de Almeida (*bfalmeida@anp.gov.br*)  
Antenor de Faria Muricy Filho (*amuricy@anp.gov.br*)  
Cintia Itokazu Coutinho (*ccoutinho@anp.gov.br*)

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

### SUMÁRIO

Potencial petrolífero nas bacias sedimentares do estado do Amazonas .....	143
Bacia do Solimões .....	143
Bacia do Amazonas .....	147
Bacias do Acre e Alto Tapajós .....	149
Referências .....	149



## POTENCIAL PETROLÍFERO NAS BACIAS SEDIMENTARES DO ESTADO DO AMAZONAS

O potencial petrolífero de uma região está primariamente relacionado à existência, extensão e espessura de seu pacote sedimentar. Nesse aspecto, o estado do Amazonas é privilegiado pela existência de quatro bacias sedimentares que cobrem quase todo o seu território, representadas por uma pequena parte das bacias do Acre e do Alto Tapajós, pela parte oeste e centro-oeste da Bacia do Amazonas e pela quase totalidade da Bacia do Solimões (Figura 11.1).

Em observância à lei vigente que regula a concessão de áreas para pesquisa e produção de petróleo e gás, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) fiscalizava no estado do Amazonas, em dezembro de 2009, 30 concessões exploratórias e 9 concessões de produção. Dessas últimas, seis estão em fase de desenvolvimento e três em produção (campos de Urucu) (Quadro 11.1; Figura 11.2).

Ao longo da história de exploração de hidrocarbonetos na região, foi coletado grande volume de dados geológicos e geofísicos (Figuras 11.3 e 11.4).

A ANP atua na busca pelo aumento das reservas petrolíferas brasileiras, não apenas por meio das concessões,

mas também com seus planos plurianuais de estudos e projetos de geologia e geofísica. O plano atual (ANP, 2009), que compreende os anos de 2007 a 2011, já possibilitou a aquisição de novos dados, obtidos de aerolevantamentos gravimétricos e magnetométricos, levantamentos geoquímicos e reprocessamento de dados sísmicos, tendo também planejado a aquisição de novos dados sísmicos de dimensões regionais (Figura 11.5).

## BACIA DO SOLIMÕES

A Bacia Paleozoica do Solimões tem área total aproximada de 600.000 km<sup>2</sup>, dos quais apenas 350.000 km<sup>2</sup> são considerados prospectáveis para hidrocarbonetos, enquanto os restantes 250.000 km<sup>2</sup> são negligenciados em função da pequena espessura sedimentar aí presente.

Segundo relatório de integração elaborado por Sampaio et al. (1998), a bacia é limitada a sul e a norte pelos escudos Brasileiro e das Guianas, respectivamente. O limite a oeste, com a Bacia do Acre, dá-se pelo Arco de Iquitos, e, a leste, com a Bacia do Amazonas, pelo Arco de Purus. Na Bacia do Solimões distinguem-se as sub-bacias do Jandiutuba (oeste) e do Juruá (leste), separadas pelo Arco de Carauari, de orientação N-S, que exerceu forte

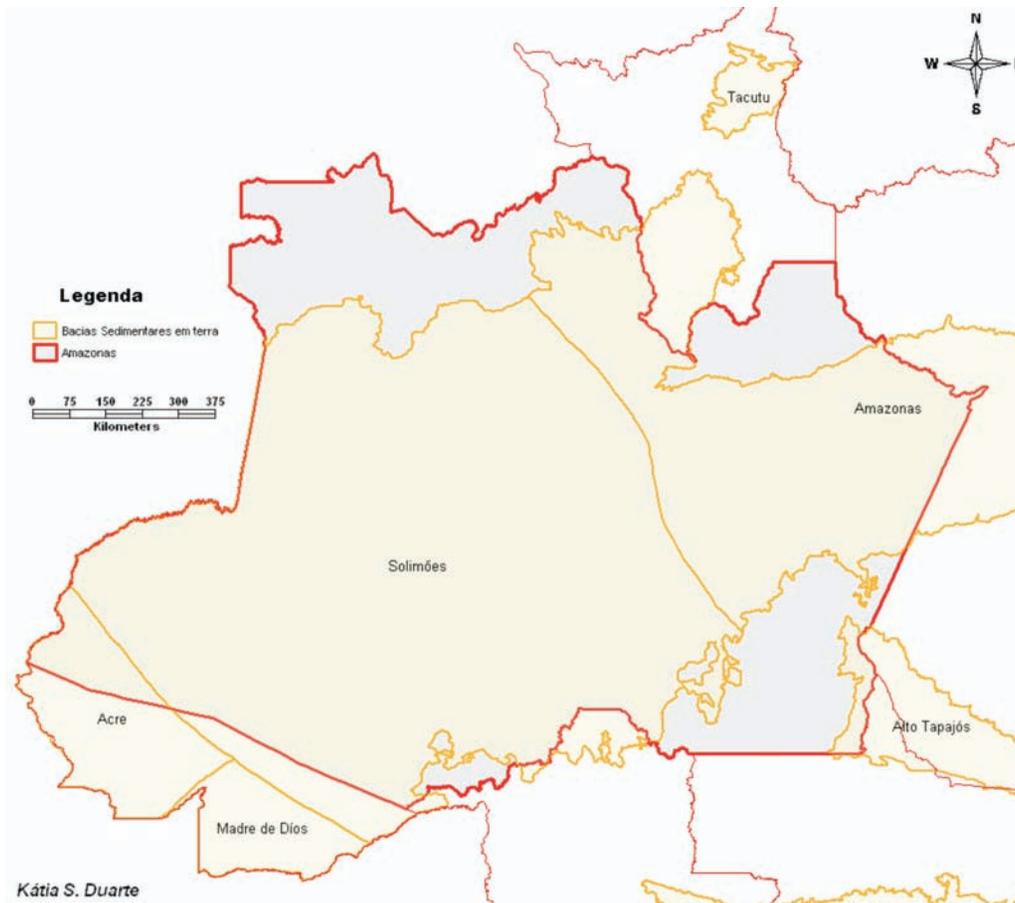


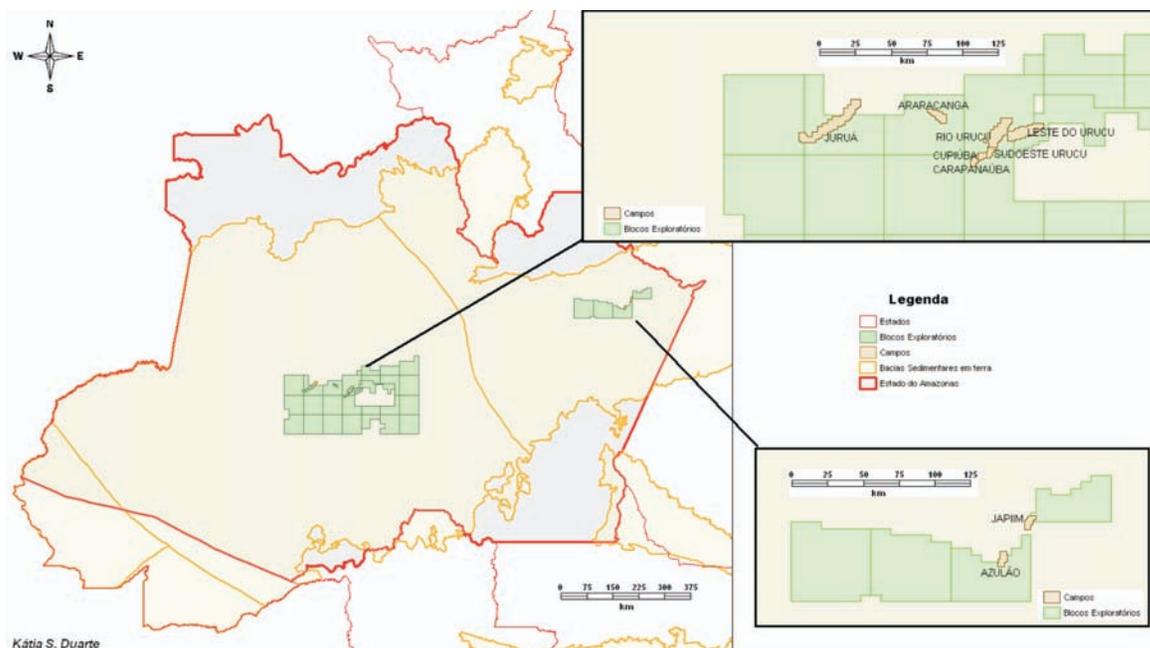
Figura 11.1 - Bacias sedimentares existentes no estado do Amazonas.

**Quadro 11.1** - Áreas concedidas para produção e exploração de petróleo e gás em dezembro de 2009 no estado do Amazonas.  
Fonte: ANP-SIGEP

Blocos Exploratórios					
Contrato	Bacia	Nº de Blocos	Licitação	Assinatura	Operador
BT-SOL-1	Solimões	1	BID 4	02/09/2002	PETROBRAS
BT-SOL-3	Solimões	4	BID 7	12/01/2006	PETROBRAS
BT-SOL-4	Solimões	10	BID 7	12/01/2006	M&S
BT-SOL-4A	Solimões	11	BID 7	12/01/2006	Petra Energia
AM-T-62_R10	Amazonas	1	BID 10	30/04/2009	PETROBRAS
AM-T-83_R10	Amazonas	1	BID 10	30/06/2009	STR
AM-T-84_R10	Amazonas	1	BID 10	30/04/2009	PETROBRAS
AM-T-85_R10	Amazonas	1	BID 10	30/04/2009	PETROBRAS
		<b>30</b>			

\* Em fase de cessão

Campos					
Nome	Bacia	Fluido Principal	Situação	Descoberta	Operador Contrato
SUDOESTE URUCU	Solimões	ÓLEO	Produção	16/06/1988	PETROBRAS
JURUÁ	Solimões	GÁS	Desenvolvimento	24/05/1978	PETROBRAS
CUPIÚBA	Solimões	GÁS	Desenvolvimento	16/06/1989	PETROBRAS
CARAPANAÚBA	Solimões	GÁS	Desenvolvimento	22/02/1989	PETROBRAS
RIO URUCU	Solimões	ÓLEO	Produção	15/09/1986	PETROBRAS
LESTE DO URUCU	Solimões	ÓLEO	Produção	15/03/1987	PETROBRAS
ARARACANGA	Solimões	GÁS	Desenvolvimento	14/02/2001	PETROBRAS
AZULÃO	Solimões	GÁS	Desenvolvimento	02/02/1999	PETROBRAS
JAPIIM	Solimões	GÁS	Desenvolvimento	10/09/2001	PETROBRAS



**Figura 11.2** - Áreas concedidas como blocos exploratórios e campos de produção de óleo e gás no estado do Amazonas (dezembro de 2009).

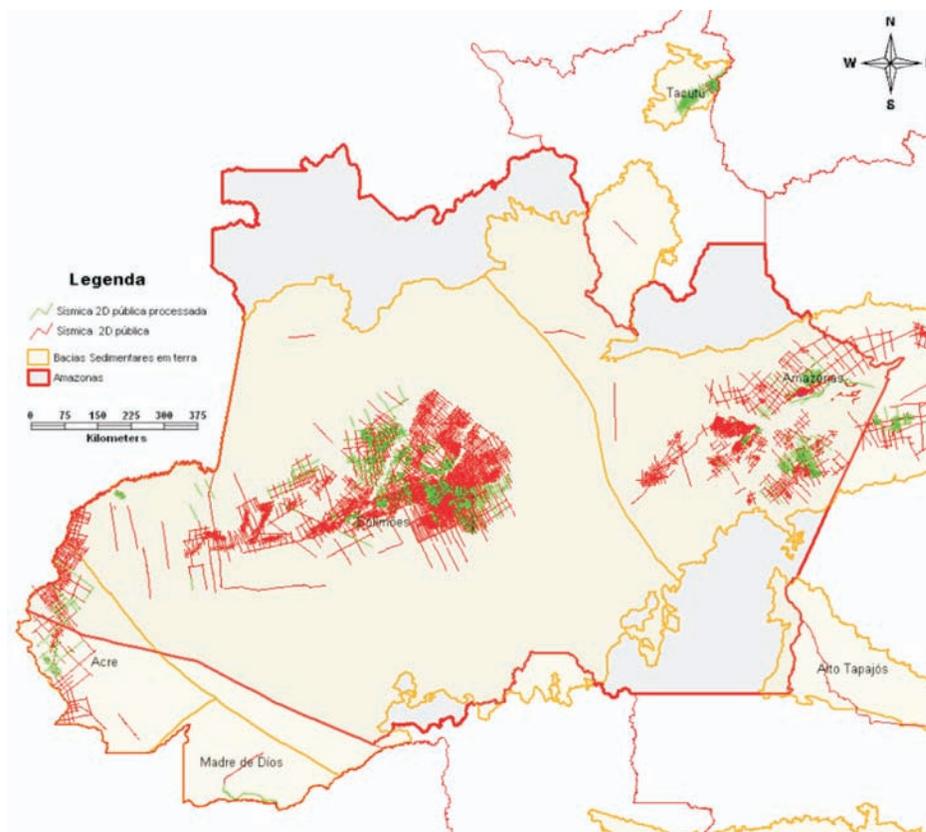


Figura 11.3 - Levantamentos sísmicos no estado do Amazonas realizados para exploração de hidrocarbonetos.

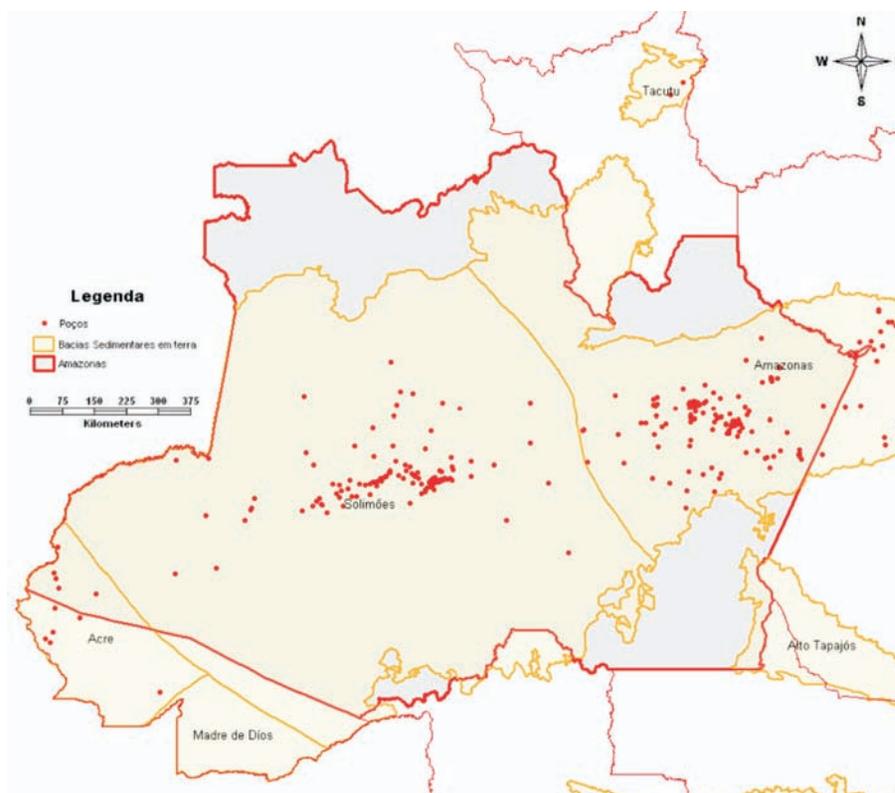


Figura 11.4 - Poços perfurados no estado do Amazonas para exploração de hidrocarbonetos.

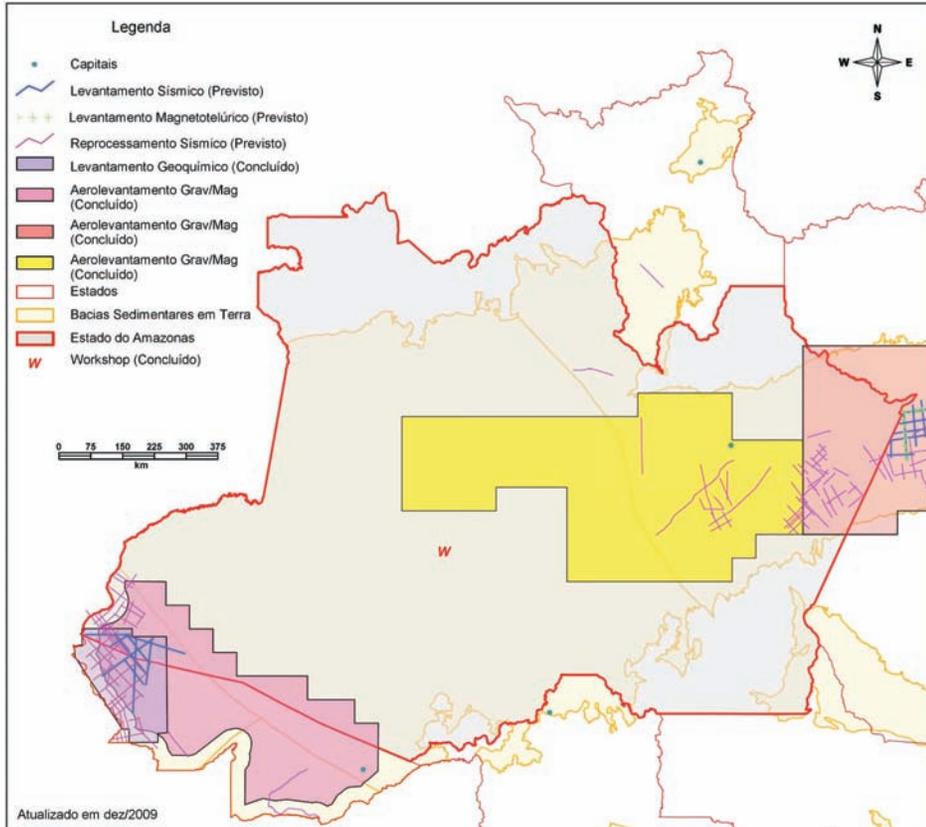


Figura 11.5 - Projetos do plano plurianual de geologia e geofísica da ANP. Fonte: ANP (2009).

controle sobre a sedimentação. A sub-bacia do Juruá tem a estratigrafia bem mais conhecida, em função da pesquisa para petróleo desenvolvida, principalmente pela Petrobras, a partir de 1952. Segundo Eiras et al. (1994), o pouco conhecimento geológico sobre a sub-bacia de Jandiatuba deve-se às restrições legais impostas à prospecção mineral em terras indígenas.

Ainda segundo o relatório de Sampaio et al. (1998), a atividade exploratória na Bacia do Solimões teve início com os trabalhos do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil (SGMB), prosseguindo com estudos do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e com o Conselho Nacional do Petróleo (CNP), instituído em 1938.

Contudo, somente a partir da criação da Petrobras, em 1953, é que a bacia passou a ser mais intensamente explorada, por meio de duas campanhas exploratórias de grandes proporções (Figura 11.6).

Na primeira campanha, entre os anos de 1958 a 1963, foram perfurados 18 poços (17 estratigráficos e apenas um pioneiro), em geral localizados nas margens dos principais rios da região e posicionados principalmente com base em dados gravimétricos.

A segunda campanha exploratória foi iniciada em 1976, com a aquisição de uma linha sísmica regional de reconhecimento, que mostrou uma importante inversão em seu final. Segundo Campos e Teixeira (1988), a linha teve por finalidade testar a hipótese de que os esforços

compressivos da tectônica andina teriam atingido também a Bacia do Solimões. O detalhamento sísmico da inversão vista na linha regional confirmou a hipótese aventada, ao mostrar, no bloco alto, a existência de falha reversa e de estrutura dômica associada. Perfurada em 1978, essa estrutura denominada “Juruá” mostrou-se produtora de gás, sendo a primeira descoberta comercial de hidrocarbonetos na bacia, depois de cerca de 60 anos de exploração na Região Amazônica. Tais resultados foram possíveis devido

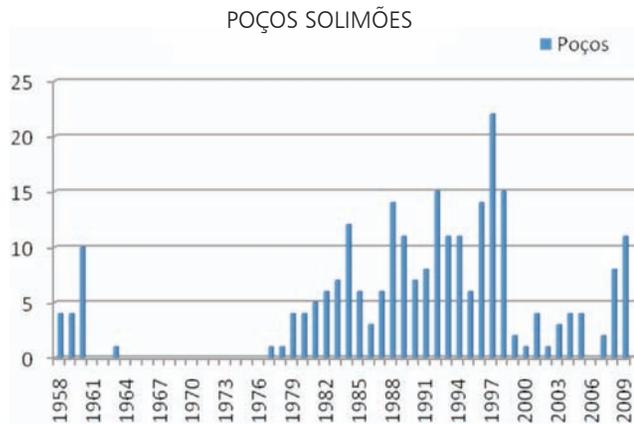


Figura 11.6 - Histórico dos poços perfurados na bacia do Solimões para exploração de hidrocarbonetos. Fonte: ANP-SIGEP (em 28.07.2009).

à reavaliação geológica favorável da bacia e à melhoria na qualidade das linhas sísmicas, além da evolução dos meios de transporte e de comunicação. Nessa segunda fase, que se estende até hoje, foram perfurados 73 poços pioneiros (um deles por contrato de risco e 72 pela Petrobras), dos quais 21 foram considerados descobridores de ocorrências de hidrocarbonetos e um poço estratigráfico (Figura 11.6).

Em 1996, novas descobertas aconteceram, em lineamentos estruturais de orientação diferente dos alinhamentos NE de Urucu e Juruá, porém associados ao mesmo estilo estrutural (tectônica transpressiva).

Como resultado da atividade exploratória, que até 1998 correspondeu a investimentos de mais de 1,2 bilhões de dólares, foram descobertas 11 ocorrências de gás, que integram a Província Gaseífera do Juruá, e três ocorrências de óleo e gás, que formam a Província Petrolífera do Urucu (Figura 11.2). As reservas totais foram então estimadas em 119 milhões de metros cúbicos de óleo-equivalente.

Atualmente, a Bacia do Solimões conta com 35.809 km de linhas sísmicas 2D e 48.783 km<sup>2</sup> de sísmica 3D, além de uma parcial cobertura aérea gravimétrica e magnetométrica.

## BACIA DO AMAZONAS

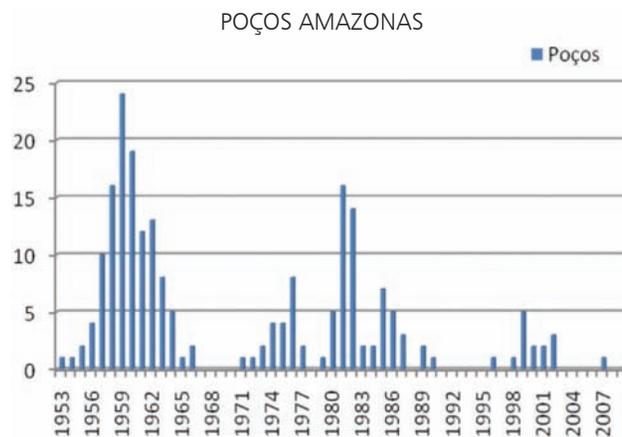
A Bacia Paleozoica do Amazonas, objeto do segundo relatório de integração elaborado por Sampaio et al. (1998), é alongada na direção EW e tem uma área total de 606.000 km<sup>2</sup>. É uma bacia intracratônica, limitada a norte pelo Escudo das Guianas, a sul pelo Escudo Brasileiro, a oeste, com a Bacia do Solimões, pelo Arco de Purus, e a leste, com a Bacia de Marajó, pelo Arco de Gurupá. Tem cerca de 5.000 m de preenchimento sedimentar reconhecido, sendo uma sequência paleozoica (que sofreu intrusão por diques de diabásio) e outra mesozoico-cenozoica.

A exploração de petróleo na Bacia do Amazonas teve início com os trabalhos do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil (SGMB) e prosseguiu com o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e com o Conselho Nacional do Petróleo (CNP).

Com a criação da Petrobras, em 1953, a exploração de petróleo nessa bacia teve um grande impulso, podendo ser subdividida nas fases a seguir descritas.

Na primeira fase, de 1953 a 1967, foram perfurados 53 poços estratigráficos e 58 poços pioneiros (Figura 11.7). A exploração foi bastante intensificada após a descoberta de petróleo, logo no início dos trabalhos, nos poços 1-NO-1, 1-NO-3 e 1-NO-4-AM (Nova Olinda). Essas descobertas se revelaram subcomerciais, em virtude de a 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)



**Figura 11.7** - Histórico dos poços perfurados na bacia do Amazonas para exploração de hidrocarbonetos. Fonte: ANP-SIGEP (em 28.07.2009).

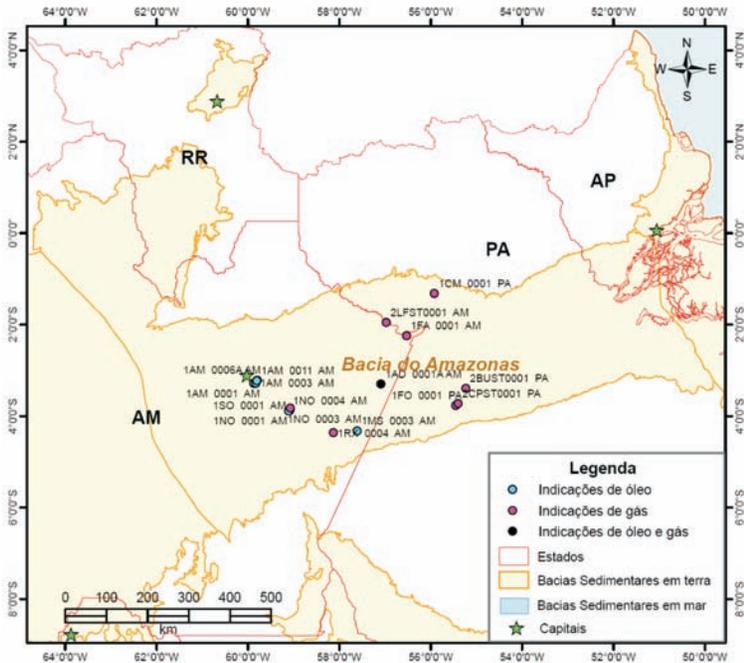
e indicações de óleo/gás no poço 1-AD-1A-AM (Andirá) (Figura 11.8).

De acordo com a 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 e de controle sísmico, sendo localados principalmente às margens dos rios, para aproveitar as facilidades do deslocamento via fluvial.

Em uma segunda fase, entre 1971 e 1990, após levantamentos sísmicos sistemáticos, foram perfurados quatro poços estratigráficos e 34 poços pioneiros, dois deles perfurados pelas empresas Pecten e Elf-Aquitaine, sob regime de contrato de risco, além de cinco poços de extensão (Figura 11.7). As indicações mais significativas de hidrocarbonetos ocorreram em 1985, nos poços 1-LT-1-AM (Lago Tucunaré) e 1-ICA-1-AM (Igarapé Cuia), 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, ocorrida em 1999, no poço 1-RUT-1-AM (Rio Uatumã), situado no bloco BA-3 da Petrobras (Figura 11.7). 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. Tais descobertas, juntamente com as boas indicações de óleo observadas no poço 1-LIT-1-AM (Lago Itaúba), perfurado em 1996, abriram novas perspectivas para a descoberta de uma nova província produtora, em uma bacia de nova fronteira com vastas dimensões (Figura 11.2).

Em suma, toda a Bacia do Amazonas está amplamente recoberta com levantamentos gravimétricos e magnetométricos terrestres e aéreos (mais recentes adquiridos pela ANP). Foram ainda realizados 78.065 km de levantamento



**Figura 11.8** - Indicações de hidrocarbonetos obtidas na primeira fase exploratória da bacia sedimentar do Amazonas, após a criação da Petrobras. Fonte: ANP-SIGEP.

diagnosticar quatro áreas de interesse para intensificação das pesquisas, devido à espessura sedimentar esperada (aproximadamente 4.000 m), o que poderia indicar regiões com condições favoráveis para geração de petróleo e gás natural. Além disso, o estudo de geoquímica terrestre diagnosticou algumas anomalias favoráveis à ocorrência de acumulações de hidrocarbonetos. Em 2010, a ANP prevê a contratação de um levantamento sísmico de escala regional na porção oeste da bacia.

A sequência sedimentar da Bacia do Alto Tapajós foi estudada apenas por trabalhos de reconhecimento de superfície. Apesar de o caráter incipiente do conhecimento geológico dessa bacia, ela é considerada potencialmente prospectável, principalmente dada a ocorrência de calcário e fosfato. No entanto, a grande porcentagem de área não-explorável (reservas ambientais, militares e indígenas) compromete a priorização da bacia em termos de investimentos exploratórios. Dessa forma, o Plano Plurianual de Geologia e Geofísica da ANP prevê apenas a realização de levantamento geoquímico, previsto para 2011.

sísmico 2D e 210 km<sup>2</sup> de sísmica 3D. A disponibilidade de dados mostra-se mais adensada na porção central da bacia.

Das diversas descobertas durante a história de exploração dessa bacia, atualmente estão sendo desenvolvidos os campos de Azulão e Japiim que, de acordo com o Boletim Anual de Reservas da ANP, são classificados como campos de pequeno porte de gás não-associado. Apesar do porte ainda pequeno das descobertas até então realizadas na Bacia do Amazonas, os estudos mais recentes apontam para um expressivo potencial petrolífero na região.

### BACIAS DO ACRE E DO ALTO TAPAJÓS

Pequenas áreas das bacias do Acre e do Alto Tapajós estão presentes no estado do Amazonas. No entanto, alguns comentários devem ser feitos sobre elas.

A atividade exploratória nessas bacias foi de pequena expressão, porém, na Bacia do Acre a pesquisa foi retomada pela ANP, estando concluído um aerolevante gravimétrico e magnetométrico, como também um levantamento geoquímico.

Esses investimentos apresentaram resultados satisfatórios, a exemplo do aerolevante, que possibilitou

### REFERÊNCIAS

ANP. **Plano plurianual de geologia e geofísica**. Brasília: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2009. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=4745>>. Acesso em: 2009.

CAMPOS, J. N. P.; TEIXEIRA, L. B. Estilo tectônico do baixo Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988, Belém. **Anais...** Belém: SBG, 1988. v. 5, p. 2161-2172.

EIRAS, J. F. et al. Bacia do Solimões. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 17-45, jan./mar. 1994.

SAMPAIO, E. E. S. et al. **Relatórios de integração: análise de blocos requisitados pela Petrobras (bacias sedimentares brasileiras)**. [S.l.]: ANP/UFBA, 1998. CD-ROM.

UFRJ. **Sistema de apoio gerencial: bacias brasileiras de interesse petrolífero**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ; ANP, 2001.

# 12

## METODOLOGIA E ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS 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 (*antonio.theodorovicz@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>

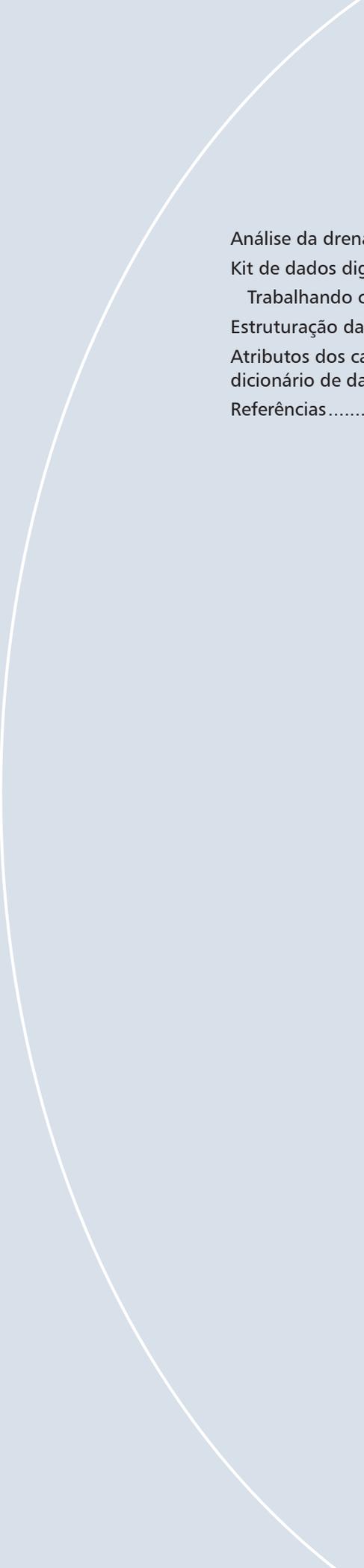
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraft (*pedro.augusto@cprm.gov.br*)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CPRM – Serviço Geológico do Brasil

<sup>2</sup>Consultor

### SUMÁRIO

Introdução .....	151
Procedimentos metodológicos .....	151
Definição dos domínios e unidades geológico-ambientais .....	151
Atributos da geologia .....	151
Deformação .....	152
Tectônica: dobramentos .....	152
Tectônica: fraturamento (juntas e falhas)/cisalhamento .....	152
Estruturas.....	152
Resistência ao intemperismo físico .....	152
Resistência ao intemperismo químico .....	152
Grau de coerência .....	153
Características do manto de alteração potencial (solo residual) .....	153
Porosidade primária .....	154
Característica da unidade lito-hidrogeológica .....	154
Atributos do relevo .....	155
Modelo digital de terreno – shuttle radar topography mission (SRTM).....	155
Mosaico geocover 2000 .....	156



Análise da drenagem.....	157
Kit de dados digitais.....	157
Trabalhando com o kit de dados digitais.....	157
Estruturação da base de dados: geobank.....	158
Atributos dos campos do arquivo das unidades geológico-ambientais: dicionário de dados.....	161
Referências.....	161

## INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as diversas etapas que envolveram o tratamento digital dos dados no desenvolvimento do SIG Mapa Geodiversidade do Estado do Amazonas, 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 (CPRM, 2004; RAMOS et al., 2005; 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 Amazonas, 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 Amazonas insere-se 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 Amazonas, 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 (ígneas, 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 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. Procede-se à 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:** seqüências sedimentares, vulcanossedimentares e rochas ígneas não-dobradas e não-metamorfizadas.
- **Pouco a moderadamente dobrada:** a exemplo das seqüências sedimentares ou vulcanossedimentares.
- **Intensamente dobrada:** a exemplo das seqüências sedimentares ou vulcanossedimentares complexa e intensamente dobradas e das rochas granito-gnaiss migmatíticas.

Tectônica: fraturamento (juntas e falhas)/cisalhamento

- **Não-fraturada:** caso das coberturas sedimentares inconsolidadas.
- **Pouco a moderadamente fraturada:** seqüências sedimentares moderadamente consolidadas.
- **Intensamente fraturada:** caso das coberturas proterozoicas e vulcânicas mesozoicas.
- **Zonas de cisalhamento:** caso das faixas de concentração de deformação dúctil (cinturões de deformação).

Estruturas

De acordo com Oliveira e Brito (1998), as rochas podem apresentar as seguintes características reológicas (comportamento frente a esforços mecânicos):

- **Isotrópica:** aplica-se quando as propriedades das rochas são constantes, independentemente da direção observada.
- **Anisotrópica:** as propriedades variam de acordo com a direção considerada.

As bibliotecas para o atributo "Estruturas" são:

- **Isotrópica**
- **Anisotrópica Indefinida**
- **Anisotrópica Estratificada**
- **Anisotrópica Estratificada/Biogênica**
- **Anisotrópica Maciça/Vesicular**
- **Anisotrópica Maciça/Acamadada**
- **Anisotrópica Maciça/Laminada**
- **Anisotrópica Acamadada**
- **Anisotrópica Acamadada/Filitosa**
- **Anisotrópica Acamadada/Xistosa**
- **Anisotrópica Xistosa/Maciça**
- **Anisotrópica Filitosa/Xistosa**
- **Anisotrópica Acamadamento Magmático**

- **Anisotrópica Gnáissica**
- **Anisotrópica Bandada**
- **Anisotrópica Concrecional**
- **Anisotrópica Concrecional/Nodular**
- **Anisotrópica Biogênica**
- **Anisotrópica com Estruturas de Dissolução**
- **Anisotrópica com Estruturas de Colapso**

## 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 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, 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 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:** seqüências 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.

- **Não se aplica:** aluviões.

Entretanto, se forem várias litologias que sustentam a unidade, 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 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 12.1). Para o caso de complexos plutônicos com várias litologias, todas podem estar enquadradas em um único grau de coerência.

As classificações utilizadas neste 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 (Solo Residual)

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 e relevo, 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-alcálicos, terrenos em que predominam rochas calcárias etc.

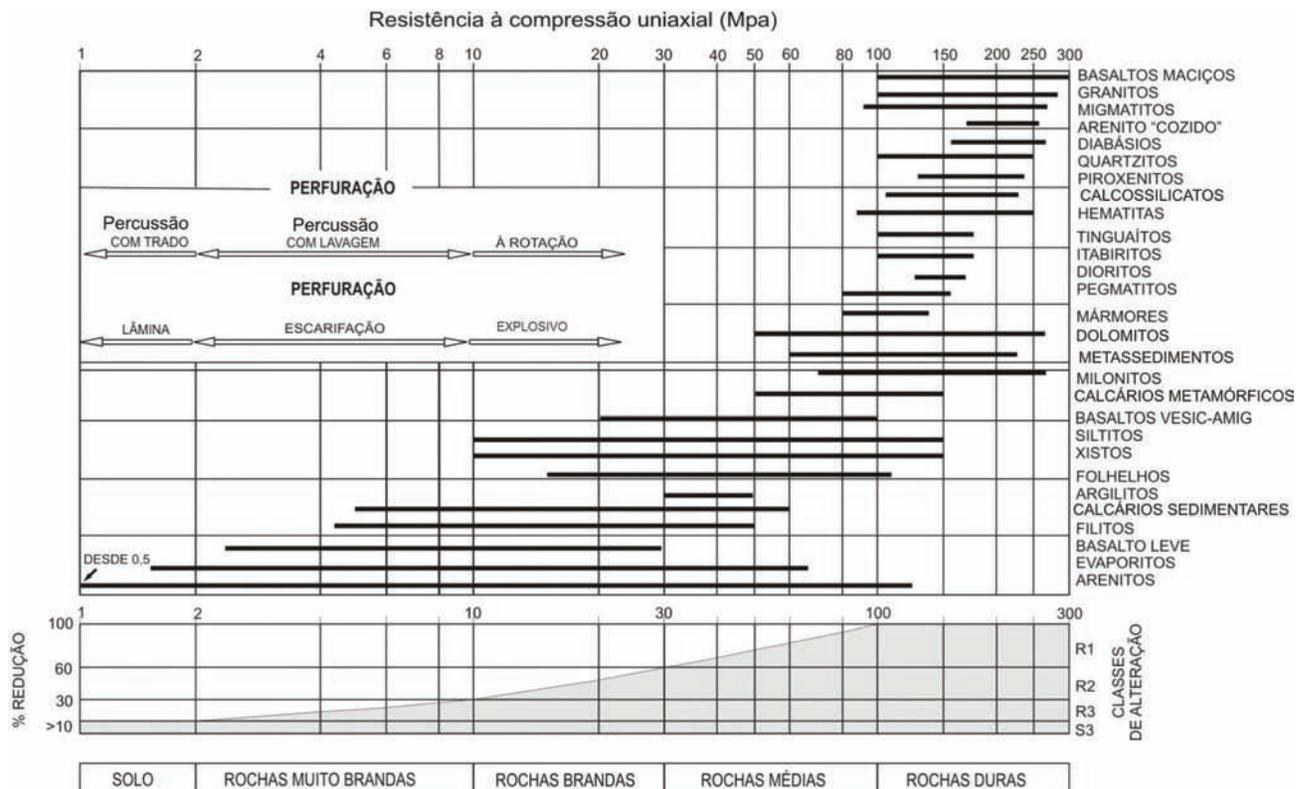


Figura 12.1 - Resistência à compressão uniaxial e classes de alteração para diferentes tipos de rochas. Fonte: Modificado de Vaz (1996).

- **Predominantemente argilossiltoso:** siltitos, folhelhos, filitos e xistos.

- **Predominantemente argilo-siltico-arenoso:** rochas granitoides e gnáissico-migmatíticas ortoderivadas.

- **Variável de arenoso a argilossiltoso:** seqüências sedimentares e vulcanossedimentares compostas por alternâncias irregulares de camadas pouco espessas, interdigitadas e de composição mineral muito contrastante, a exemplo das seqüências 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 12.1.

Caso seja apenas um tipo de litologia que sustenta a unidade geológico-ambiental, observar o campo “Descrição”, da Tabela 12.1. 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 12.1.

- **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:

**Tabela 12.1** - 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 <i>blanda</i>	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	
	Loes	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.

- **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 geodiversidade 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, patamares, 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).

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 27 padrões de relevo para os terrenos existentes no território brasileiro (Tabela 12.2), 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 sua 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 12.2 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 Amazonas, justifica-se por sua grande utilidade em estudos de análise ambiental.

Um Modelo Digital de Terreno (MDT) é um modelo contínuo da superfície terrestre, ao 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 encontram disponíveis para toda a América do Sul, com resolução espacial de aproximadamente 90 x 90 m, apresentando alta acurácia e confiabilidade, além da gratuidade (CCRS, 2004 apud BARROS et al., 2004).

**Tabela 12.2** - 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	<i>Inselbergs</i>	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

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 ortorretificado 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

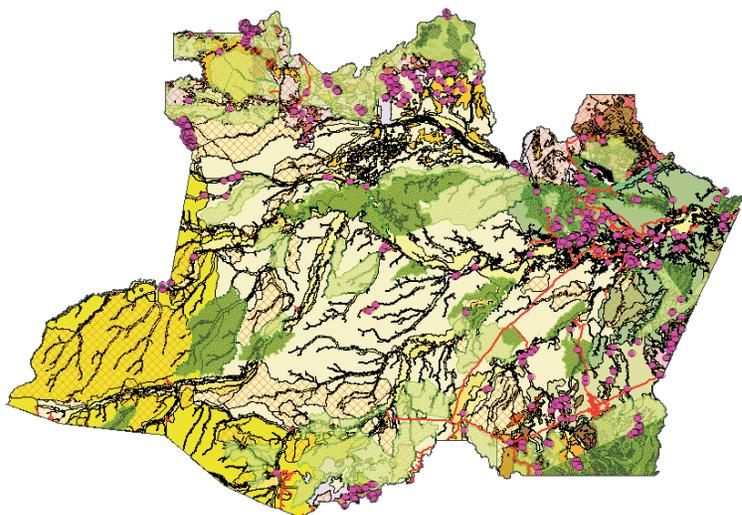
- **Assentamento:** arquivo das áreas de assentamento agrícola
- **Áreas de Desertificação:** arquivo das áreas de desertificação
- **Paleontologia:** dados de paleontologia
- **Poços:** dados de poços cadastrados pelo Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) criado pela CPRM/SGB
- **MDT\_SRTM:** 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 12.2 a 12.4 ilustram parte dos dados do *kit* digital para o Mapa Geodiversidade do Estado do Amazonas.

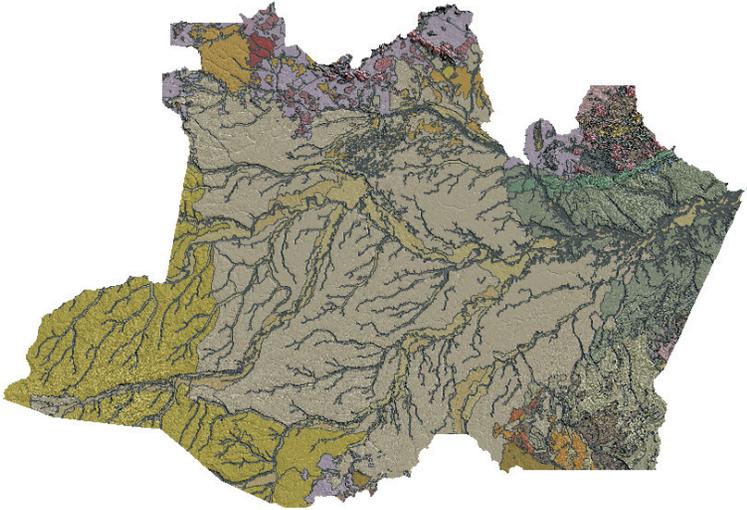
Os procedimentos de tratamento digital e processamento das imagens *geotiff* e *MrSid* (SRTM e GeoCover, respectivamente), dos *Grids* (declividade e hipsométrico), bem como dos recortes e *reclass* dos arquivos vetoriais (litologia, planimetria, curvas de nível, recursos minerais etc.) contidos no *kit* digital foram realizados em ambiente SIG, utilizando os *softwares* ArcGis9 e ENVI 4.4.

## Trabalhando com o Kit de Dados Digitais

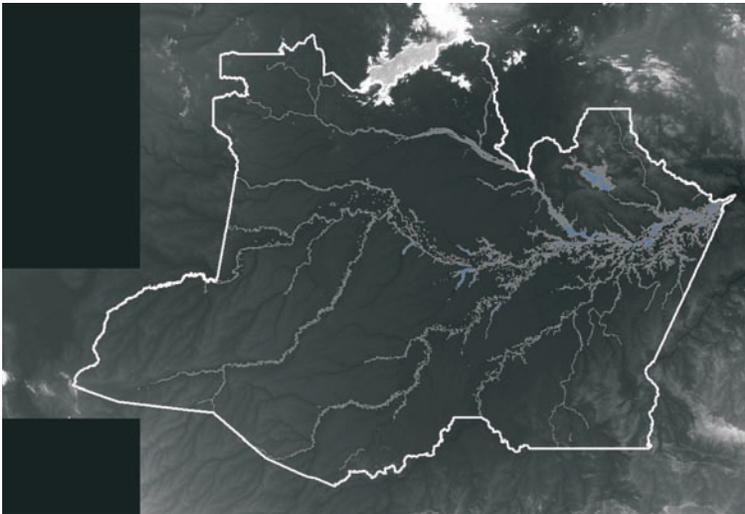
Na metodologia adotada, a unidade geológico-ambiental, fruto da reclassificação das unidades geológicas (*reclass*) presentes no Mapa Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas ao Milionésimo (CPRM, 2006), é a unidade fundamental de análise, na qual foram agregadas todas as informações da geologia possíveis de serem obtidas a partir dos produtos gerados pela atualização da cartografia geológica dos estados, pelo SRTM, mosaico GeoCover 2000 e drenagem.



**Figura 12.2** - Exemplo de dados do kit digital para o estado do Amazonas: unidades geológico-ambientais versus infraestrutura, recursos minerais e áreas de proteção ambiental.



**Figura 12.3** - Exemplo de dados do kit digital para o estado do Amazonas: unidades geológico-ambientais versus relevo sombreado (MDT\_SRTM).



**Figura 12.4** - Exemplo de dados do kit digital para o estado do Amazonas: modelo digital de elevação (SRTM) versus drenagem bifilar.

Com a utilização dos dados digitais contidos em cada DVD-ROM foram estruturados, 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 (CPRM, 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 12.5).

Posteriormente, de acordo com a escala adotada, o usuário cadastra todos os atributos da geologia de interesse para o planejamento (Figura 12.6).

Na última tela, o usuário cadastra os compartimentos de relevo (Figura 12.7).

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 12.8).

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 12.9).

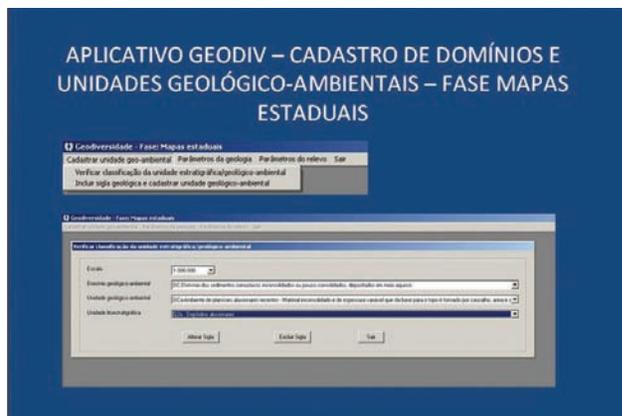


Figura 12.5 - Tela de cadastro das unidades geológico-ambientais para os mapas estaduais de geodiversidade (aplicativo GEODIV).

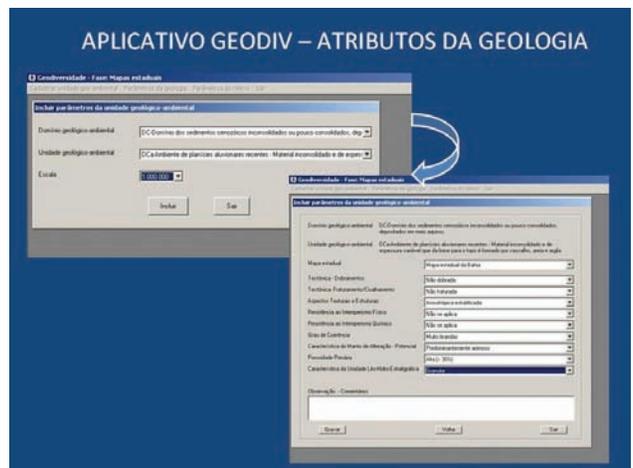


Figura 12.6 - Tela de cadastro dos atributos da geologia (aplicativo GEODIV).

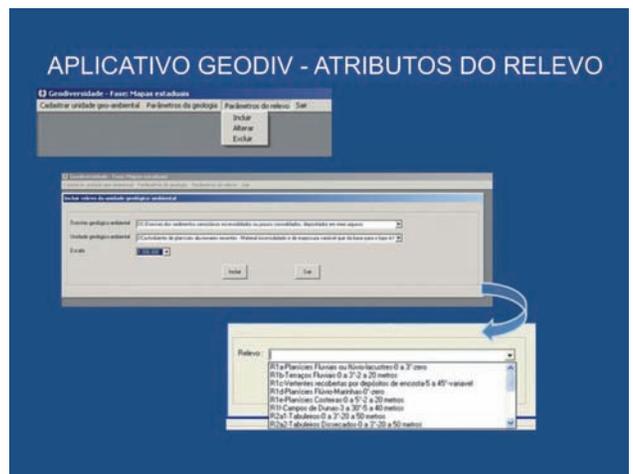


Figura 12.7 - Tela de cadastro dos atributos do relevo (aplicativo GEODIV).

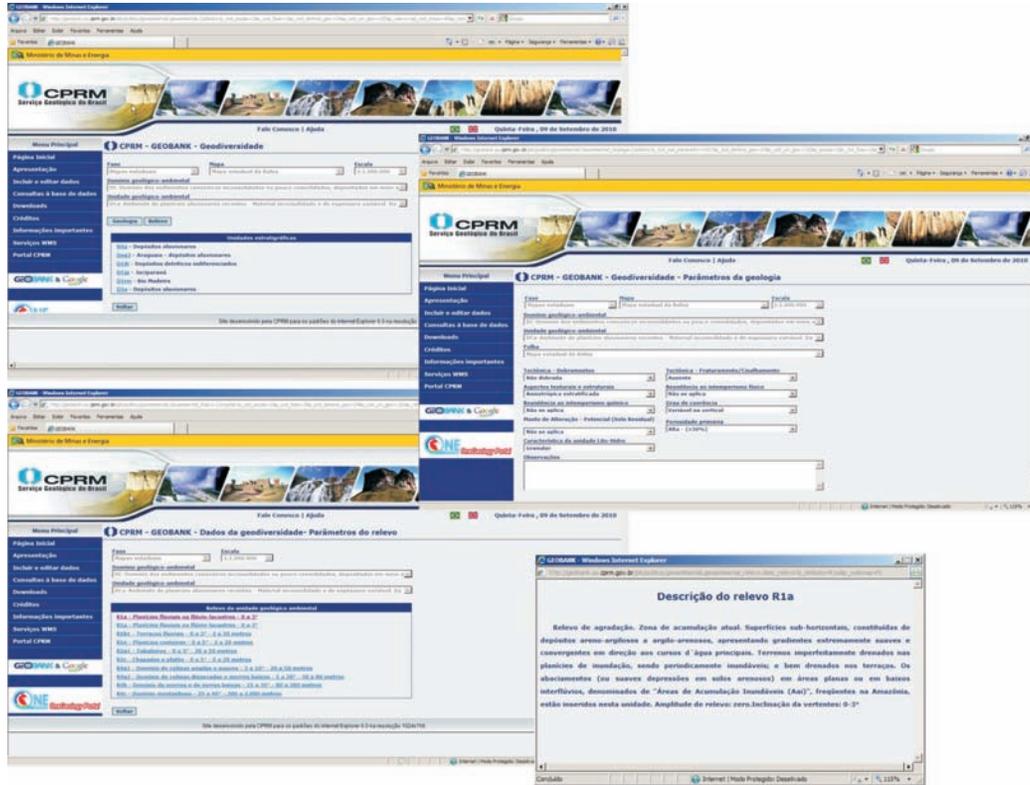


Figura 12.8 - Fluxograma simplificado da base Geodiversidade (GeoBank).



Figura 12.9 - Módulo Web Map de visualização dos arquivos vetoriais/base de dados (GeoBank).

## ATRIBUTOS DOS CAMPOS DO ARQUIVO DAS UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS: DICIONÁRIO DE DADOS

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.

**ASPECTO** (ASPECTOS TEXTURAIS E ESTRUTURAIS) – 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 ao 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.

## 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. et al. 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**. 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. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**: texto, mapas e SIG. Brasília: CPRM, 2003. 674 p. il. 1 DVD anexo.

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. **Geologia e recursos minerais do Estado do Amazonas**: Sistema de Informações Geográficas (SIG). Escala 1: 1.000.000. Rio de Janeiro: CPRM, 2006. CD-ROM. Programa Geologia do Brasil: integração, atualização e difusão de dados da geologia do Brasil. Mapas geológicos estaduais.

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.

CPRM. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**: sistema de informações geográficas (SIG). Brasília: CPRM, 2004. 41 CD-ROMs. Programa Geologia do Brasil.

CPRM. **Mapa geoambiental & mapa de domínios geoambientais/zonas homólogas [da] bacia do rio Gravataí**: escala 1:100.000. Porto Alegre: CPRM, 1998. 2 mapas. Programa PRÓ-GUAÍBA.

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.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: UNICAMP, 1992. 170p.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrologia subterrânea**. 2 ed. Corrigida. Barcelono: 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. 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. **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. Geoinicators 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.

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.; 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. color.

THEODOROVICZ, A. et al. **Projeto médio Pardo**. São Paulo: CPRM, 2001.

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, color.

TRAININI D. R. et al. **Carta geoambiental da região hidrográfica do Guaíba**. Porto Alegre: CPRM/FEPA/PRÓ-GUAÍBA, 2001.

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.

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.

# 13

## GEODIVERSIDADE: ADEQUABILIDADES/ POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES FRENTE AO USO E OCUPAÇÃO

Maria Adelaide Mansini Maia (*adelaide.maia@cprm.gov.br*)

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

José Luiz Marmos (*jose.marmos@cprm.gov.br*)

Carlos José Bezerra de Aguiar (*carlos.aguiar@cprm.gov.br*)

Edgar Shinzato (*edgar.shinzato@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Introdução .....	165
Leitura do mapa das unidades geológico-ambientais.....	165
Adequabilidades e limitações das unidades geológico-ambientais ao uso e à ocupação.....	165
Domínio dos sedimentos cenozóicos inconsolidados ou pouco consolidados depositados em meio aquoso (DC) .....	165
Domínio dos sedimentos indiferenciados cenozoicos relacionados a retrabalhamento de outras rochas, geralmente associados a superfícies de aplainamento (DCSR) .....	173
Domínio dos sedimentos cenozoicos eólicos (DCE) .....	174
Domínio das coberturas cenozoicas detrito-lateríticas (DCDL).....	175
Domínio dos sedimentos cenozoicos e mesozoicos pouco a moderadamente consolidados, associados a profundas e extensas bacias continentais (DCM).....	178
Domínio das coberturas sedimentares e vulcanossedimentares mesozoicas e paleozoicas, pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise (DSVMP) .....	180
Domínio dos complexos alcalinos intrusivos e extrusivos, diferenciados do terciário, mesozoico ou proterozoico (DCA) .....	192

Domínio das coberturas sedimentares proterozoicas, não ou muito pouco dobradas e metamorfizadas (DSP1) .....	194
Domínio das sequências vulcanossedimentares proterozoicas, não ou pouco dobradas e metamorfizadas (DSVP1) .....	195
Domínio das sequências sedimentares proterozoicas dobradas, metamorfizadas em baixo a médio grau (DSP2) .....	197
Domínio das sequências vulcanossedimentares proterozoicas dobradas, metamorfizadas em baixo a alto grau (DSVP2) .....	199
Domínio dos corpos máfico-ultramáficos (DCMU) .....	200
Domínio dos complexos granitoides não deformados (DCGR1) .....	201
Domínio dos complexos granitoides deformados (DCGR2) .....	205
Domínio dos complexos granitoides intensamente deformados: ortognaisses (DCGR3) .....	207
Domínio dos complexos granito-gnaiss-migmatíticos e granulitos (DCGMGL)....	208
Referências .....	210

## INTRODUÇÃO

O conceito de geodiversidade é relativamente recente. A CPRM (2006a) 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.*

Pela proposta da CPRM (2006a), a base de informação para o entendimento da geodiversidade está fundamentada na divisão do território em geossistemas ou domínios geológico-ambientais. Esses domínios são subdivididos em unidades geológico-ambientais, as quais buscam reunir unidades litológicas que apresentem características semelhantes frente ao uso e ocupação dos terrenos.

Para o estado do Amazonas, é proposta uma divisão do território em 16 domínios e 31 unidades geológico-ambientais, subdivididas, por sua vez, em função do padrão de relevo, em um total de 100 unidades, que são descritas com base em suas adequabilidades e limitações frente a atividades agrícolas, obras de engenharia, utilização dos recursos hídricos, fontes poluidoras, potencial mineral e geoturístico.

Com o objetivo de contribuir para a elaboração das macrodiretrizes do planejamento estadual, apresenta-se, a seguir, a origem dos geossistemas formadores do território amazonense (domínios geológico-ambientais) ao longo do tempo geológico (Figura 13.1) e seus aspectos relevantes sobre as potencialidades e limitações de cada unidade geológico-ambiental.

## LEITURA DA LEGENDA DO MAPA DA GEODIVERSIDADE

No Mapa Geodiversidade do Estado do Amazonas, cada unidade geológico-ambiental é representada por uma determinada composição de cor. Buscou-se utilizar variações de tonalidade para representar unidades que pertençam a um mesmo domínio geológico-ambiental. Por exemplo, variações na tonalidade de amarelo representam unidades pertencentes ao Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados Depositados em Meio Aquoso (DC).

Cada unidade geológico-ambiental foi dividida conforme seu padrão de relevo e está representada no mapa por numeração sequencial. Cada uma dessas unidades foi descrita em função de suas limitações e adequabilidades

Eon	Era	Período	Época	milhões anos	Principais eventos na evolução
FANEROZÓICO	CENOZÓICO	NEÓGENO	HOLOCENO	0,011	Dispersão da espécie humana
			PLEISTOCENO	1,8	Muitas extinções. Surgimento da espécie humana
		PALEÓGENO	PLIOCENO	5	◀ Hominídeos
			MIOCENO	23	
			OLIGOCENO	33,9	Modernas famílias de mamíferos evoluem e diversificam
	MESOZÓICO	CRETÁCEO	EOCENO	55,8	
			PALEOCENO	65	
		JURÁSSICO	145	Extinções dos dinossauros, pterossauros e répteis marinhos Diversificação de aves Evolução dos principais grupos de mamíferos	
		TRIÁSSICO	205	◀ Primeiras aves Diversificação de teleosteos Apogeu dos dinossauros	
		PERMIANO	250	◀ Primeiros dinossauros e mamíferos	
PALEOZÓICO	CARBONÍFERO	PERMIANO	300	Muitas extinções Primeiros répteis mamaliformes	
		CARBONÍFERO	359	Anfíbios e répteis diversificam ◀ Primeiros amniotas - répteis primitivos	
	DEVONIANO	DEVONIANO	416	◀ Muitas extinções ◀ Primeiros vertebrados terrestres - anfíbios ◀ Primeiros insetos ◀ Mais antigos peixes nad. Lobada-Sarcopterígios-dipnóicos Idade dos peixes - Peixes diversificam em diferentes grupos ◀ Mais antigos peixes ósseos - Osteictes (Actinoptérígios)	
		SILURIANO	443	◀ Mais antigas plantas vasculares e comunidades de artrópodes terrestres ◀ Primeiros peixes com mandíbulas - gnatostomados ◀ Mais antigas escamas de tubarão	
		ORDOVICIANO	488	Muitas extinções ◀ Surgimento dos agnatos (peixes sem mandíbulas)	
	PROTEROZÓICO	CAMBRIANO	CAMBRIANO	542	◀ Origem dos protovertebrados - criaturas com notocorda ◀ Abundantes organismos com carapaças
			PROTEROZÓICO	2500	◀ Primeiras associações de invertebrados (Ediacara)
ARQUEANO			4600	◀ Primeiras células com núcleo - 2.1 bilhões de anos ◀ Mais antiga vida na Terra 3.5 bilhões anos - antigos estromatólitos	

Figura 13.1- Quadro esquemático do tempo geológico. Fonte: Tabela do tempo geológico (modificado de Long, 1995).

frente ao uso e ocupação em relação às obras de engenharia, agricultura, recursos hídricos, fontes poluidoras, potencial mineral e geoturístico.

## ADEQUABILIDADES E LIMITAÇÕES DAS UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS AO USO E À OCUPAÇÃO

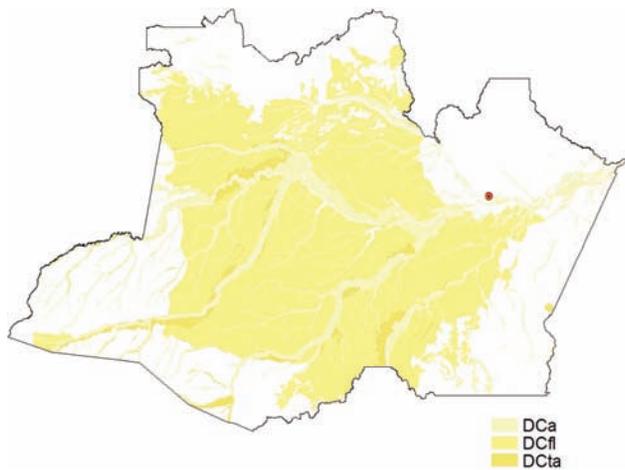
### DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS INCONSOLIDADOS OU POUCO CONSOLIDADOS DEPOSITADOS EM MEIO AQUOSO (DC)

Corresponde aos terrenos geologicamente mais novos do estado do Amazonas, representados por sedimentos

depositados pelos rios atuais, formando as várzeas, e em bacias de deposição fluviolacustre ao longo de todo o período quaternário.

Esse domínio está representado por três unidades geológico-ambientais: **planícies aluvionares (DCa), terraços aluvionares (DCta) e depósitos fluviolacustres (DCfl)**, as quais ocupam a maior parte do estado (Figura 13.2).

As planícies e terraços aluvionares são terrenos com grande extensão areal que se encontram em processo de construção, uma vez que correspondem às áreas baixas nas quais estão sendo depositados os detritos erodidos e transportados pelos rios. Seus depósitos chegam a atingir dezenas de quilômetros de largura e extensão, principalmente ao longo dos rios que integram as bacias do Solimões e do Amazonas. Especialmente nos terraços é possível observar os diferentes ciclos de erosão e deposição ocorridos ao longo do tempo geológico.



**Figura 13.2** - Localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DC.

Os depósitos fluviolacustres, representados pela Formação Içá, são mais antigos que as planícies e terraços aluvionares e ocorrem de forma expressiva na porção central do estado, correspondendo a sucessões sedimentares com espessura de dezenas de metros, de origem continental, depositados sob condições fluviais e lacustres de elevada energia em clima árido pretérito (CPRM, 2006b).

Em relação às adequabilidades e limitações de seu uso, são terrenos com dinâmicas peculiares, sobretudo nas unidades relacionadas a várzeas e terraços dos rios, onde há a transição de ecossistemas e a presença de boa parte das sedes municipais. Nesse domínio destacam-se as várzeas, com áreas bastante férteis para a agricultura, porém periodicamente inundáveis; bens minerais, com destaque para os insumos da construção civil (argila e areia); potencial hidrogeológico; inúmeros

trechos com problemas de risco geológico, como a queda dos barrancos dos rios (“terras caídas”) e alagamentos, que afetam grande número dos municípios amazonenses; além de inúmeras áreas de grande beleza cênica, com a formação de praias fluviais e arquipélagos. Guardam ainda importantes registros arqueológicos e áreas consideradas como de relevante interesse mineral.

### Planícies aluvionares recentes (Dca)

- Características geológicas

Depósitos de sedimentos inconsolidados, de espessura variável, periodicamente inundáveis, que, da base para o topo, são formados por cascalho, areia e argila, ocorrendo eventualmente níveis de matéria orgânica. Correspondem à unidade geológica Depósitos Aluvionares.

Os sedimentos dessa unidade podem constituir depósitos retilíneos, nas margens dos rios ou ao longo de canais meandantes, formar ilhas, lagos colmatados de conformação variada, barras de areia ou apresentar a forma de depósitos abandonados resultantes da migração lateral do canal (Figura 13.3).

- Formas de relevo associadas

Planícies fluviais ou fluviolacustres, identificadas no Mapa Geodiversidade do Estado do Amazonas pela numeração (1).

- Obras de engenharia

Terreno plano, constituído por materiais de baixa resistência ao corte e à penetração, de fácil remoção pelo maquinário. As camadas argilosas e orgânicas apresentam baixa capacidade de suporte de carga do solo, estando sujeitas ao adensamento, recalque e rupturas de fundações e pavimentos viários. Cuidados especiais devem ser tomados nas obras enterradas nas porções permanentemente



**Figura 13.3** - Planície de inundação típica desenvolvida no rio Amazonas, próximo à cidade de Parintins (AM). Fonte: Carlos Aguiar.

encharcadas, devido à eventual presença de sedimentos orgânicos que podem liberar ácidos corrosivos.

É comum o assoreamento dos canais de drenagem, em decorrência de processos erosivos naturais em encostas associados à obra de engenharia maldimensionada.

Em função da sazonalidade do nível das águas fluviais, entre os meses de fevereiro e julho essas áreas são geralmente alagadas. Em ocasiões de cheias excepcionais, as cotas dos rios ultrapassam a média dos anos anteriores, afetando várias moradias, conforme ocorreu em junho de 2009, na cidade de Manaus, onde foi registrada a elevação máxima do nível do rio Negro, que atingiu a marca histórica de 29,77 m (Figuras 13.4a, 13.4b, 13.4c).



**Figura 13.4c** - Inundação do centro comercial da cidade de Manaus provocada pela elevação do nível do rio Negro, que atingiu a marca histórica de 29,77 m em 2009.



**Figura 13.4a** - Risco geológico: área inundável no rio Solimões, próximo à cidade de Manacapuru (AM).



**Figura 13.4b** - Risco geológico: rio Negro durante a cheia de 2009, quando o rio atingiu sua cota histórica de 29,77 m. (Ponta Negra, Manaus, AM).

- Agricultura

Os solos desenvolvidos sobre essa unidade são periodicamente inundáveis e imperfeitamente maldrenados (Gleissolos e Neossolos Flúvicos), inadequados ao plantio de culturas perenes ou espécies de raízes profundas. Fora do período de inundação, as terras apresentam boa potencialidade para culturas de ciclo curto ou adaptadas ao encharcamento, pelo fato de receberem nutrientes trazidos na época das cheias.

- Recursos hídricos

Os aquíferos formados nessa unidade são superficiais, com capacidade hidrogeológica variável, constituindo reservatórios de importância para a região, por serem de fácil e barata exploração, com a população se valendo de cacimbas e poços escavados. Em geral, tais aquíferos apresentam pouca espessura, inferiores a 40 m, e vazões em torno de 10 a 15 m<sup>3</sup>/h, sendo capazes de atender a pequenas demandas. Algumas cidades amazonenses os utilizam como principal fonte de abastecimento hídrico; porém, é comum suas águas se apresentarem salobras, com alto conteúdo de matéria orgânica e alta concentração de sólidos totais dissolvidos, o que confere alteração no odor e sabor da água, tornando-a muitas vezes impróprias ao consumo humano.

- Fontes poluidoras

Por ser constituído por pacotes de sedimentos arenosos a arenossiltosos, com lençol

freático subafiorante, o terreno torna-se muito suscetível à contaminação microbológica dos mananciais hídricos superficiais e à infiltração de poluentes no lençol freático (Figura 13.5). As porções argilosas, presentes sob a forma de lentes e camadas, funcionam como excelente barreira à propagação dos contaminantes, impedindo, muitas vezes, a dispersão desses contaminantes no subsolo, protegendo o lençol freático da região.

- **Potencial mineral**

Forma ambiente favorável à acumulação de areia, seixo e argila, insumos amplamente utilizados na construção civil. A extração desses bens minerais ocorre nas planícies dos cursos d'água situados nos arredores das sedes municipais ou ao longo de rios como Japurá, Negro e Solimões.

Cita-se a existência de turfeiras de baixo poder calorífico e teor de cinza inviável para aproveitamento energético, porém de uso recomendado para agricultura. A principal ocorrência de turfa está localizada na ilha Tupinambarana (município de Parintins), com exposições pouco expressivas ao longo de alguns igarapés da região.

Ocorrem inúmeros indícios e ocorrências de acumulações de ouro, cassiterita, outros minerais pesados e algumas gemas (ametista, turmalina, água-marinha, diamante e topázio), cuja origem está associada a aluviões e paleoplácetes (depósitos fluviais antigos), como os depósitos de ouro ao longo do rio Madeira e os de cassiterita da mina do Pitinga (Figura 13.6). Os depósitos de ouro do rio Madeira foram selecionados como uma das áreas de relevante interesse mineral do Amazonas.



**Figura 13.6** - Potencial mineral: paleoplácer portador de cassiterita na mina do Pitinga (Presidente Figueiredo, AM).

As argilas presentes nessa unidade são muito plásticas, sendo amplamente empregadas na indústria da cerâmica vermelha para a confecção de telhas e tijolos, além de constituir matéria-prima para o artesanato local. Nos municípios de Manacapuru e Iranduba, está instalado o principal polo de cerâmica vermelha do Amazonas, caracterizado como uma das áreas de relevante interesse mineral para o estado (Figura 13.7).

- **Potencial geoturístico**

Unidade com belas paisagens fluviais, caracterizadas pelos ambientes dos arquipélagos, lagos, paranás, igarapés, furos e rios. Habitat de vários animais e aves e de transição entre ecossistemas aquáticos e terrestres.



**Figura 13.5** - Fontes poluidoras: disposição de lixo em área de baixada com lençol freático subafiorante (lixeria do município de Rio Preto da Eva, AM).



**Figura 13.7** - Potencial mineral: tijolos produzidos pela empresa Litiara, maior cerâmica da região do médio Amazonas, que utiliza a argila das planícies aluvionares como matéria-prima. Fonte: Projeto Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas (D'ANTONA et al., 2007).

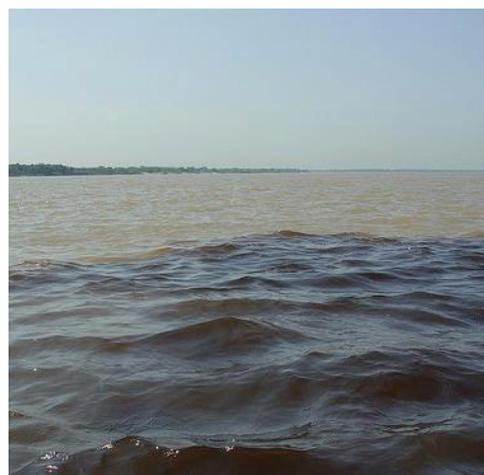
Na época de vazante, formam-se praias ao longo dos rios, como as localizadas nos municípios de Manaus, Maués, Nhamundá, São Gabriel da Cachoeira, Rio Preto da Eva, Parintins e, principalmente, na foz do rio Negro (Figuras 13.8a e 13.8b). Além das praias, destacam-se grandes arquipélagos, como o de Anavilhanas, com cerca de 400 ilhas, inseridas na Estação Ecológica de Anavilhanas, e o de Mariuá, no médio rio Negro, com cerca de 700 ilhas. Ressaltam-se, ainda, as áreas de confluência de grandes rios com águas de características físico-químicas distintas, como o encontro dos rios Negro e Solimões em Manaus, que forma uma extensa faixa onde os dois rios correm lado a lado sem que suas águas se misturem (Figuras 13.8c e 13.8d).



**Figura 13.8c** - Atrativo geoturístico: Arquipélago de Anavilhanas (Novo Airão, AM).



**Figura 13.8a** - Atrativo geoturístico: aproveitamento da planície aluvionar para lazer às margens do rio Preto da Eva, próximo à cidade homônima.



**Figura 13.8d** - Atrativo geoturístico: encontro das águas do rio Negro e Solimões formando o rio Amazonas. Fonte: Amazonastur.



**Figura 13.8b** - Atrativo geoturístico: aproveitamento da planície aluvionar, em época de vazante, para lazer às margens do rio Negro (Praia da Ponta Negra, Manaus, AM). Fonte: Amazonastur.

### Terraços aluvionares (Dcta)

- Características geológicas

Amplios e espessos depósitos sedimentares fluviais semiconsolidados, constituídos por areia, silte, argila e

cascalho. Correspondem à unidade geológica Depósitos de Terraços Fluviais.

Formam superfícies sub-horizontais, eventualmente atingidas pelas águas fluviais, que apresentam gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. Localmente, ressaltam-se rebordos abruptos no contato com a planície fluvial (Figura 13.9).

De maneira geral, são de difícil delimitação em escalas de trabalho menores, porém ocorrem de forma expressiva em diversas áreas das bacias hidrográficas dos rios Solimões, Japurá, Juruá, Purus e Madeira.

- Formas de relevo associadas

Terraços fluviais, identificados no Mapa Geodiversidade do Estado do Amazonas pela numeração (2).

- Obras de engenharia

Terreno plano, em nível topográfico mais elevado que as planícies aluvionares e com o lençol freático mais rebaixado. Comporta sedimentos semelhantes aos das planícies

aluvionares, porém os terrenos são mais elevados que o nível médio das enchentes anuais, estando menos sujeitos a sofrer alagamentos (Figura 13.10).

É comum a ocorrência de erosão e movimentos de massa com solapamento das margens dos rios, fenômeno conhecido como “terras caídas”, que atingem os municípios situados às margens dos grandes rios, como Parintins, Jutai e São Paulo de Olivença. Esses eventos erosivos estão ligados à própria dinâmica do rio e, possivelmente, à neotectônica atuante na região. Abrangem tanto a superfície dos terraços fluviais mais elevados quanto as rochas sedimentares adjacentes, sendo observados principalmente ao longo dos rios que cortam as formações Alter do Chão e Içá (Figura 13.11).



**Figura 13.11** - Risco geológico: solapamento de margem no rio Amazonas, envolvendo o terraço fluvial e rochas da formação Alter do Chão, próximo à cidade de Manaus (AM).



**Figura 13.9** - Terraços fluviais na margem esquerda do lago Anamã, a montante da vila Arixí, município de Anamã. Notar os vários patamares formados. Fonte: Sheila G. Teixeira.



**Figura 13.10** - Detalhe da intercalação de argila e silte, de coloração variegada, presente nos terraços fluviais (Anamã, AM). Fonte: Sheila G. Teixeira.

- Agricultura

Em relação às planícies aluvionares, os solos desenvolvidos sobre os terraços (Gleissolos, Neossolos Flúvicos e Argissolos) são mais bem drenados e mais profundos. Constituem terrenos mecanizáveis e aptos ao plantio de culturas adaptadas às condições de solos com textura arenosa.

Registra-se a ocorrência de manchas de Terra Preta de Índio (TPI) em terraços fluviais ou em terrenos próximo aos cursos d’água. Essas manchas de solos muito férteis possuem uma classificação específica no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, sendo caracterizadas como Latossolos, Argissolos e Espodossolos com horizonte A antrópico. A gênese do horizonte antrópico está associada ao descarte e acúmulo de resíduos orgânicos nos antigos assentamentos indígenas. As TPIs são observadas principalmente ao longo do rio Urubu (município de Rio Preto da Eva) e no lago do Limão (município de Iranduba) (TEIXEIRA et al., 2005).

- Recursos hídricos

Os terraços fluviais formam aquíferos porosos, em geral com alta favorabilidade hidrogeológica, com águas de pH algo ácido e com reduzido conteúdo de sais dissolvidos. Essas águas são de boa qualidade química, desde que não captadas nos níveis ricos em matéria orgânica ou ferro.

- Fontes poluidoras

Por estar em nível topográfico mais elevado, com lençol freático mais rebaixado,

apresenta um risco menor que as planícies aluvionares em relação à contaminação dos aquíferos.

- Potencial mineral

Apresenta potencial mineral semelhante ao relatado para as planícies aluvionares, associado principalmente aos depósitos mais antigos.

- Potencial geoturístico

Juntamente com as planícies aluvionares, formam belas paisagens. Nas margens de alguns rios e lagos, são observados sítios arqueológicos com objetos cerâmicos e Terra Preta de Índio, como no lago do Limão e no rio Urubu (Figura 13.12).



**Figura 13.12** - Patrimônio arqueológico: aspecto de uma ocorrência de terra preta de índio, com a presença de artefatos cerâmicos (rio Urubu, Rio Preto da Eva, AM). Fonte: Embrapa.

## Depósitos fluviolacustres (DCfl)

- Características geológicas

Camadas horizontalizadas de rochas sedimentares estratificadas, com até 120 m de espessura, compostas por arenitos amarelo-avermelhados, semiconsolidados, de granulação fina a conglomeráticos, extremamente friáveis, com níveis de siltitos e argilitos subordinados (Figuras 13.13a e 13.13b). Ocasionalmente, observam-se camadas e lentes de turfa. Corresponde à unidade geológica Formação Içá.

São raras as exposições de rocha sã, já que esta normalmente se encontra recoberta por espessos perfis de alteração laterítica, não mapeáveis na escala do trabalho.

- Obras de engenharia

Superfícies com alta capacidade de suporte de carga do solo, com materiais de baixa a moderada resistência ao corte e à penetração (solos espessos com fragmentos de crosta laterítica e piçarras), necessitando de uso de maquinário para a remoção. Cuidados devem ser tomados na presença de camadas de argilas plásticas, pois estas apresentam baixa resistência à compressão, podendo ocasionar problemas nas fundações das obras.

Quando expostos, os sedimentos tornam-se vulneráveis à instalação de sulcos e ravinas, com taludes de cortes instáveis e suscetíveis à erosão e a movimentos de massa, tais como solapamentos das margens dos rios (“terras caídas”), conforme pode ser observado nos municípios de Barcelos e Jutai (Figuras 13.14a, 13.14b e 13.14c).

- Formas de relevo associadas

Tabuleiros (3), tabuleiros dissecados (4) e colinas amplas e suaves (5).

- Agricultura

Os solos sobre essa unidade apresentam baixa fertilidade natural (Latosolos), com parcelas com drenagem imperfeita (Plintossolos), e sujeitos a inundações periódicas nas áreas de baixadas (Gleissolos e Neossolos Flúvicos). Apresentam baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas porções mais arenosas (Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos).

As terras são mecanizáveis nas áreas planas a suave onduladas, desde que não arenosas, consideradas aptas ao uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes. Destinam-se, principalmente, a culturas de ciclo curto ou adaptadas ao encharcamento, em terrenos previamente drenados.



**Figura 13.13a** - Aspecto de afloramento do substrato rochoso com alternância entre níveis arenosos e argilosos (formação Içá).



**Figura 13.14a** - Risco geológico: solapamento de margem do rio Negro em terreno sobre a formação Içá (Barcelos, AM).



**Figura 13.13b** - Afloramento da formação Içá, representado por arenitos avermelhados, com lentes de argila cinzenta, em barranco do rio Solimões, próximo à cidade de Fonte Boa (AM).



**Figura 13.14b** - Risco geológico: solapamento de margem do rio Negro, destruindo infraestrutura urbana (Barcelos, AM).



**Figura 13.14c** - Risco geológico: Vista frontal de talude subvertical do rio Solimões, na orla da cidade de Jutai, que sofreu recuo e ruptura planar ("terras caídas").

- Recursos hídricos

Corresponde ao Aquífero Içá, um dos principais do estado, que serve de fonte de abastecimento público para a maioria das cidades das calhas dos rios Solimões, Madeira e Purus. Apresenta alta favorabilidade hidrogeológica, com poços tubulares que dificilmente ultrapassam os 100 m de profundidade. Tais poços normalmente possuem boas vazões, por vezes superando 80 m<sup>3</sup>/h. Suas águas apresentam pH em torno de 4,5 a 5,8, quantidade mínima de sólidos dissolvidos e são do tipo sódicas, variando de sulfatadas/cloretadas a bicarbonatadas. Essas águas são de boa qualidade, desde que captadas em níveis mais profundos e com ausência de matéria orgânica ou ferro, contaminantes naturais que podem conferir alteração no odor e sabor da água.

- Fontes poluidoras

Por ser tratar de um aquífero poroso e subflorante, torna-se extremamente vulnerável à contaminação. Assim como nas planícies e terraços, há presença de camadas argilosas e espessa cobertura de solo que funcionam como barreiras à contaminação. Como exemplo, cita-se a cidade de Barcelos, onde, não obstante a carência de sistemas de esgotamento sanitário, não foi registrada contaminação das águas subterrâneas em locais com presença de camadas argilosas sobrepostas aos arenitos.

Nos terrenos ondulados (4 e 5), a taxa de infiltração tende a ser menos elevada, diminuindo a vulnerabilidade à contaminação em relação ao relevo plano.

- Potencial mineral

Existência de camadas e lentes de argila utilizadas na confecção de tijolos e com potencial para produção de cerâmica branca devido à reduzida quantidade de areia, conforme observado no município de Barcelos. É comum o desenvolvimento de crosta laterítica sobre os sedimentos da Formação Içá, utilizada como material de empréstimo (“piçarra”) para recuperação de estradas nos arredores das sedes municipais (Figura 13.15).



**Figura 13.15** - Potencial mineral: piçarreira abandonada, no município de Barcelos, proveniente da alteração laterítica sobre os sedimentos da formação Içá.

- Potencial geoturístico

Unidade que tipifica a diversidade do ecossistema amazônico, como vegetação do tipo floresta ombrófila aberta e densa, campinarana, formações pioneiras e savana, além da fauna típica da região.

### **DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS INDIFERENCIADOS CENOZOICOS RELACIONADOS A RETRABALHAMENTO DE OUTRAS ROCHAS, GERALMENTE ASSOCIADOS A SUPERFÍCIES DE APLAINAMENTO (DCSR)**

Representa depósitos ou campos de areia residual, relativamente recentes, provenientes de fase de retrabalhamento erosivo de outras rochas durante o Quaternário, que sofreram pequeno transporte fluvial.

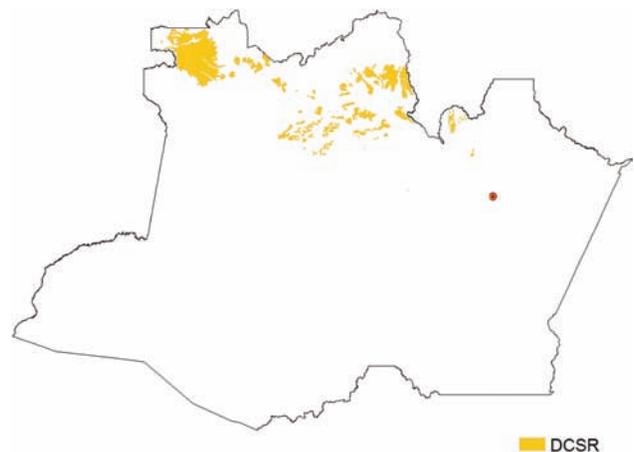
Corresponde a uma única unidade geológico-ambiental, denominada **Sedimentos retrabalhados de outras rochas (DCSR)**, que reúne os depósitos arenosos em áreas de embasamento, cuja principal ocorrência situa-se nas proximidades da região conhecida como “Cabeça do Cachorro”, no extremo noroeste do estado, fronteira com a Colômbia (Figura 13.16).

As potencialidades e limitações desse domínio ainda são pouco conhecidas, em virtude de ele estar situado em áreas ínvias, de difícil acesso. Destaca-se a exibição de uma paisagem bastante contrastante em termos de Amazônia: o relevo de formas residuais, em meio a superfícies planas recobertas por vegetação de savana, lembra o cerrado do centro-oeste do Brasil.

### **Sedimentos retrabalhados de outras rochas (DCSR)**

- Características geológicas

Representa depósitos arenosos, pouco espessos, desenvolvidos diretamente sobre o substrato rochoso, com



**Figura 13.16** - Localização da única unidade geológico-ambiental presente no domínio DCSR.

eventuais níveis de silte, argila e cascalho inconsolidado. Correspondem à unidade geológica Depósitos Arenosos em Áreas de Embasamento.

- Formas de relevo associadas  
Superfícies aplainadas conservadas (6).

- Obras de engenharia

Cobertura arenosa inconsolidada em superfícies planas a levemente onduladas, pouco espessa, que desmorona e erode com facilidade em taludes de corte e aterros. Apresenta baixa capacidade de suporte de carga do solo e baixa resistência ao corte e à penetração. Devido à pequena espessura, o topo rochoso é frequentemente encontrado próximo à superfície.

- Agricultura

Unidade sobre a qual se encontram terras inaptas para o uso agrícola devido à dominância da textura arenosa e à pequena espessura do solo, que impossibilitam o uso de maquinário. Os solos possuem baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas mais arenosas (Espodosolos e Neossolos Quartzarênicos). Em geral, apresentam baixa fertilidade natural, com drenagem imperfeita (Plintossolos) e locais sujeitos às inundações periódicas nas áreas baixas (Gleissolos e Neossolos Flúvicos).

Ocasionalmente, podem ocorrer parcelas de solo com textura mais argilosa; nesse caso, as terras podem ser tornar aptas para agricultura, condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

- Recursos hídricos

Apresenta baixo a médio potencial hidrogeológico, com o aquífero podendo ser utilizado em localidades onde não existem alternativas de abastecimento. Formam reservatórios do tipo poroso, com o lençol freático aflorante ou próximo da superfície.

- Fontes poluidoras

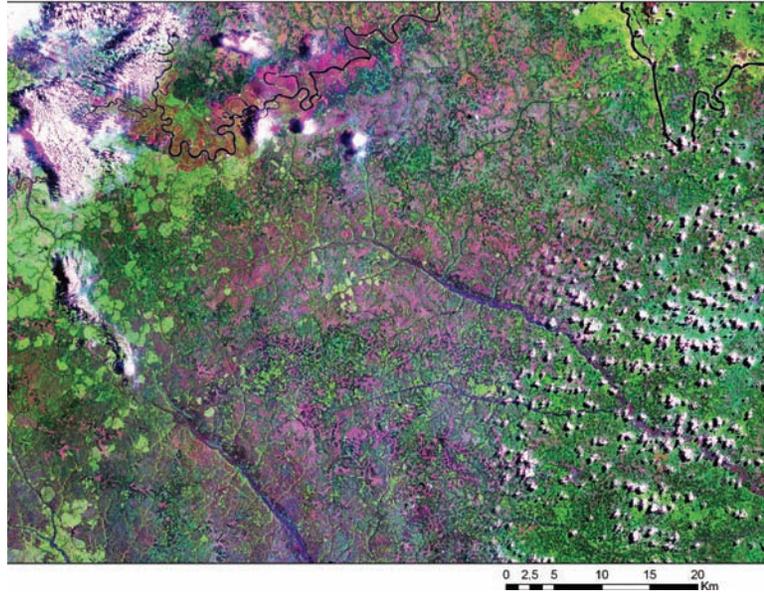
São aquíferos extremamente vulneráveis à contaminação, que necessitam de proteção por representarem importante área de armazenamento e recarga dos aquíferos subjacentes.

- Potencial mineral

Podem ser encontrados extensos areais, com utilização como fonte alternativa de areia para uso na construção civil.

- Potencial geoturístico

Essa unidade gera belas superfícies aplainadas recobertas por vegetação de campina, onde se destacam morros-testemunhos rochosos isolados (Figura 13.17).



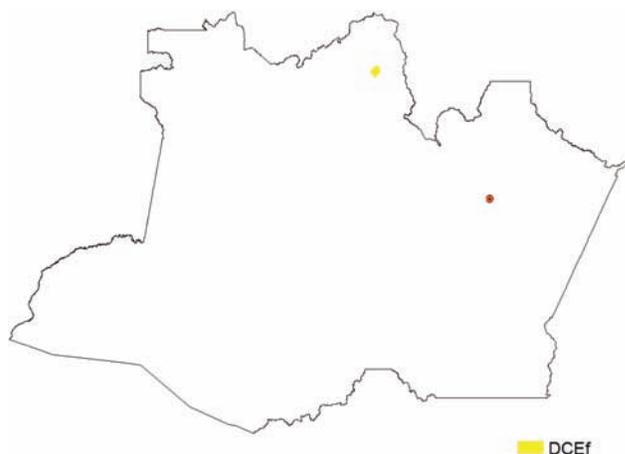
**Figura 13.17** - Imagem GeoCover da área de ocorrência da unidade "Sedimentos retrabalhados de outras rochas". Notar áreas de campina (rósea), com formas rochosas destacadas em meio a superfícies aplainadas (região da "Cabeça do Cachorro", São Gabriel da Cachoeira, AM).

## DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS EÓLICOS (DCE)

Corresponde a acumulações arenosas recentes, produzidas pela ação eólica durante o Quaternário, em um contexto de clima seco, diferente do atual, ao qual foi submetida a Amazônia por volta de 40 mil anos atrás. Nessa época, a região era desprovida de sua exuberante floresta, sendo a paisagem marcada por vegetação rala, semelhante à encontrada nas savanas, o que permitiu a mobilização do vento e a eventual acumulação das partículas que formaram os campos de dunas. Atualmente, esses campos de dunas encontram-se recobertos por vegetação (dunas fixas). Em alguns locais, porém, os campos estão desprovidos de vegetação, o que permite às dunas apresentar expressiva mobilidade.

No Mapa Geodiversidade do Estado do Amazonas, essa unidade geológico-ambiental foi denominada **Dunas fixas (DCEf)**, estando localizada no município de Barcelos, ao longo do médio curso do rio Aracá (Figura 13.18). As dunas formadas nessa região são conhecidas como "Campo de Dunas do Aracá". Outros campos de dunas são encontrados ao longo do rio Negro, entre as cidades de Barcelos e Santa Isabel, porém não são mapeáveis na escala deste trabalho.

São terrenos que possuem grande vulnerabilidade ambiental, sendo importantes como áreas de recargas de aquíferos. Estão sujeitos, em caso de retirada da vegetação, à mobilização da areia pelo vento e consequente movimentação das dunas já fixadas. A ocupação e a exploração indiscriminada das dunas devem ser evitadas, impedindo sua degradação. Formam áreas de grande interesse geoturístico, com o sítio geológico conhecido como "Dunas do Aracá".



**Figura 13.18** - Localização da unidade geológico-ambiental dunas fixas (DCEf).

### Dunas Fixas (DCEf)

- Características geológicas

Os campos de dunas encontram-se normalmente recobertos por vegetação de campina. As dunas, cujas areias foram retrabalhadas pela intensa migração fluvial, são predominantemente do tipo parabólicas. Correspondem à unidade litológica Depósitos Arenosos de Campos e Dunas.

- Formas de relevo associadas  
Campos de dunas (7).

- Obras de engenharia

Formam superfícies planas a onduladas, com acúmulos de material arenoso, inconsolidado, facilmente erodível e transportável, principalmente com a retirada da cobertura vegetal. São terrenos com baixa capacidade de suporte de carga do solo e baixa resistência ao corte e à penetração.

- Agricultura

As terras são inaptas para o uso agrícola devido à dominância da textura arenosa. Apresentam baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nos terrenos mais arenosos (Espodosolos e Neossolos Quartzarênicos) e baixa fertilidade natural, estando sujeitas a inundações periódicas nas áreas mais baixas (Gleissolos e Neossolos Flúvicos).

- Recursos hídricos

Apresenta alto potencial hidrogeológico, formando bons reservatórios do tipo poroso, com baixa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes. O lençol freático é aflorante ou muito próximo da superfície. Em geral, suas águas são de boa qualidade para o consumo.

- Fontes poluidoras

Configura-se como um importante local de armazenamento e recarga dos aquíferos subjacentes, sendo extremamente vulneráveis à erosão e à contaminação.

- Potencial mineral

As areias que ocorrem nessa unidade apresentam como peculiaridade a boa seleção e o bom arredondamento dos grãos, características importantes para utilização na indústria óptica.

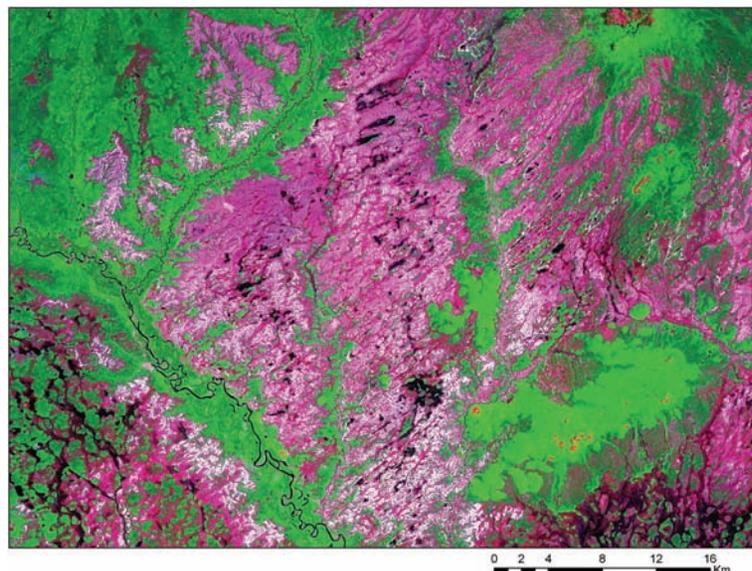
- Potencial geoturístico

Os campos de dunas de Barcelos formam belas paisagens, estando cadastrados no SIGEP (Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos) como um sítio paleo-ambiental, por constituir um importante registro geológico dos últimos 40 mil anos, em um contexto climático diferente do atual (Figura 13.19).

### DOMÍNIO DAS COBERTURAS CENOZOICAS DETRITO-LATERÍTICAS (DCDL)

São coberturas formadas em tempos geológicos não muito distantes (<60 Ma), como resultado do acentuado intemperismo químico ao qual toda a Região Amazônica foi submetida durante o Paleógeno e, menos intensamente, no Neógeno, quando houve grandes variações entre períodos de clima úmido e seco. Os processos intempéricos atuaram indiscriminadamente sobre rochas de gênese e idades distintas.

O resultado desses processos produziu nas rochas da região espessa cobertura detrito-laterítica, caracterizada pela intensa lixiviação dos elementos mais solúveis (sódio, potássio, cálcio e magnésio), concentração dos mais

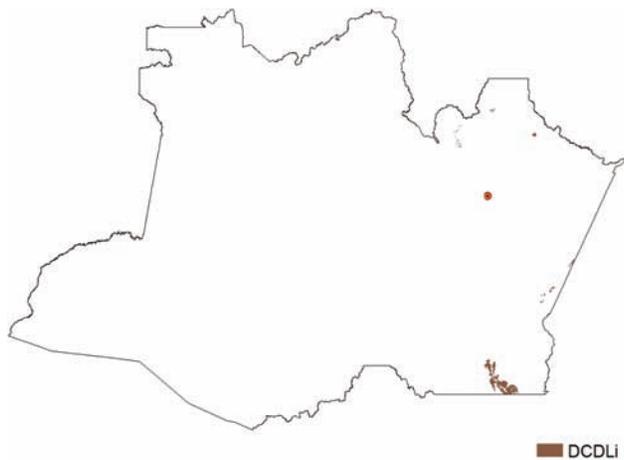


**Figura 13.19** - Imagem GeoCover mostrando as dunas do Aracá (em coloração rósea) (Barcelos, AM).

resistentes (ferro e alumínio) e produção de minerais secundários do grupo das argilas. Importantes jazidas de bauxita (alumínio), ferro, ouro, manganês, níquel e nióbio estão associadas mundialmente a esse tipo de cobertura laterítica.

As coberturas detrito-lateríticas ocorrem generalizadamente por todo o estado do Amazonas. Devido à grande extensão e variedade na forma de ocorrência, só os perfis lateríticos que não sofreram truncamento erosivo foram individualizados no mapa, sendo agrupados na unidade geológico-ambiental **Horizonte laterítico in situ (DCDLi)** (Figura 13.20). As exposições mais expressivas estão na porção nordeste do Amazonas, nos arredores da Usina Hidrelétrica de Balbina, onde os platôs apresentam cotas variando entre 100 e 160 m.

São terrenos importantes em relação ao uso e à ocupação, onde se localizam as principais áreas agricultáveis do estado, e por conterem uma série de materiais rochosos amplamente empregados na construção civil. Na Amazônia, é comum a presença de depósitos de bauxita associada a determinados tipos de crostas lateríticas que sustentam os platôs.



**Figura 13.20** - Localização da unidade geológico-ambiental Horizonte Laterítico *in situ*, presente no domínio DCDL.

### Horizonte Laterítico *in situ* (DCDLi)

- Características geológicas

Camadas pouco a moderadamente fraturadas, com materiais rochosos de variada forma, composição mineralógica, espessura, grau de consolidação e dureza, representadas, da base para o topo, pelos seguintes horizontes: saprolítico (rocha alterada), mosqueado, concrecionário e crosta laterítica ferruginosa (Figuras 13.21a, 13.21b, 13.21c, 13.21d). Corresponde à unidade litológica Cobertura Detrito-Laterítica.



**Figura 13.21a** - Aspecto do horizonte saprolítico de uma rocha gnáissica, onde ainda é possível observar algumas estruturas originais preservadas (foliação da rocha) (São Gabriel da Cachoeira, AM).



**Figura 13.21b** - Aspecto do horizonte mosqueado desenvolvido sobre saprolito dos arenitos da formação Alter do Chão (Itacoatiara, AM).



**Figura 13.21c** - Aspecto de horizonte concrecionário, com formação de pequenos nódulos de concreções ferruginosas (piçarras), em perfil laterítico da formação Alter do Chão (Rio Preto da Eva, AM).



**Figura 13.21d** - Aspecto de crosta laterítica maciça que ocorre no topo de perfil de alteração desenvolvido sobre a formação Alter do Chão (Itacoatiara, AM).

Por sobre esses horizontes é extremamente comum o desenvolvimento de espessa cobertura de solo e níveis centimétricos marcados por linhas de pedras, as quais são provenientes da desagregação de crosta ferruginosa subjacente devido a processos erosivos (Figura 13.21e).

Por efeito da neotectônica, muitos dos perfis lateríticos encontram-se movimentados, conforme pode ser observado, em cortes de estrada, pela inclinação das linhas de pedras e pelo contato lateral entre porções de rocha alterada e de solo. Tais linhas de pedras são consideradas marcos de uma paleosuperfície (Figura 13.21f).

- Formas de relevo associadas

Chapadas e platôs (8), colinas amplas e suaves (9) e colinas dissecadas e de morros baixos (10).

- Obras de engenharia

As coberturas detrito-lateríticas podem apresentar características geomecânicas, espessura, grau de consolidação e dureza variáveis. Podem ser bastante compactas, espessas e coesas, com alta resistência ao corte e à penetração, como no caso das crostas lateríticas, ou de fácil a moderada desagregação, como o horizonte concrecionário e as linhas de pedras. As espessas seções compostas pelos perfis lateríticos e solos conferem moderada a alta capacidade de suporte de carga dos terrenos.

A forma de exposição é bastante irregular (lajeados, blocos, matacões e camadas em subsuperfície irregularmente distribuídas), o que se torna problemático para escavações e sondagem rotativas.

A presença de crostas lateríticas preservadas tem se revelado um importante fator de proteção à instalação de processos erosivos, sendo observado, em taludes de cortes



**Figura 13.21e** - Aspecto das linhas de pedras provenientes da desagregação de material ferruginoso presente no perfil de alteração exposto por corte na rodovia BR-174 (Manaus, AM).



**Figura 13.21f** - Contato lateral entre solo e perfil laterítico, evidenciando inclinação de "blocos rochosos" por efeitos da neotectônica (corte de estrada na rodovia BR-174, Manaus, AM).

de estradas, o desenvolvimento esporádico (formas de relevo 8 e 9) a frequente (forma de relevo 10) de sulcos, ravinas e voçorocas.

- Agricultura

Em geral, as coberturas dessa unidade desenvolvem solos de baixa fertilidade natural (Latosolos), com drenagem imperfeita (Plintossolos), presença de solum (horizonte A+B) pouco espesso e ocorrência de concreções lateríticas (Plintossolo pétrico). Nas parcelas planas a suave onduladas, de solo espesso e mecanizável, o uso de corretivos e

fertilizantes torna o solo apto à agricultura (formas 8 e 9), sendo utilizado na região por pequenos produtores no cultivo de cana-de-açúcar, laranja e outras culturas, e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) para a plantação de dendê, na região do Distrito Agropecuário da Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA), entre os municípios de Manaus, Rio Preto da Eva e Presidente Figueiredo (Figura 13.22).

- Recursos hídricos

Apresenta baixo potencial hidrogeológico, só utilizado em locais onde não há alternativas de abastecimento. As águas subterrâneas não são boas para consumo humano, estando geralmente enriquecidas em ferro e alumínio, o que lhes confere alterações no sabor e oferece riscos à saúde.

- Fontes poluidoras

Moderada vulnerabilidade à contaminação. Nas porções mais consolidadas, menos permeáveis, a vulnerabilidade é menor, porém há maior dificuldade na dispersão dos eventuais poluentes (forma de relevo 8).

- Potencial mineral

As concreções ferruginosas são amplamente utilizadas na construção civil e pavimentação de estradas (piçarreiras), enquanto os horizontes argilosos (mosqueados) podem ser utilizados na confecção de tijolos, no preparo de argamassa e na produção de cimento do tipo *portland* (Figura 13.23).

Apresenta vocação geológica para a formação de mineralizações de ferro, ouro, alumínio, manganês, níquel e nióbio, necessitando de maiores estudos na região.



**Figura 13.23** - Antiga área de exploração de piçarra desenvolvida em rochas gnáissicas (São Gabriel da Cachoeira, AM).

- Potencial geoturístico

Quando presentes, as coberturas lateríticas preservam e sustentam o relevo, que é recoberto por floresta ombrófila densa ou aberta. Formam belos platôs que se sobressaem no relevo, como na região de Seis Lagos, município de São Gabriel da Cachoeira.

### **DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS A MESOZOICOS, POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A PROFUNDAS E EXTENSAS BACIAS CONTINENTAIS (DCM)**

Durante o Fanerozoico, que compreende as eras geológicas Paleozoico, Mesozoico e Cenozoico, boa parte do substrato rochoso do Brasil foi submetida a processos de ruptura e abaciamento (formação de grandes depressões). Essas depressões, aliadas aos movimentos intrínsecos da crosta terrestre (distensão, ruptura, isostasia, alteração do estado térmico da litosfera e tectônica de placas), configuraram, ao longo de vários períodos geológicos, extensas bacias sedimentares, que serviram de depositários de grande quantidade de sedimentos gerados nos mais diversos ambientes (rios, lagos, geleiras, oceanos etc.). Com o aumento da pressão e temperatura promovido pelo peso dos sedimentos, ocorreu gradativamente o processo de litificação, que transformou os sedimentos em rochas.

No Amazonas, durante o Paleozoico foram geradas as bacias sedimentares do Alto Tapajós, do Amazonas, do Solimões e do Acre. As rochas sedimentares presentes nessas bacias foram depositadas em ambientes continentais, marinhos e de transição (deltaico).



**Figura 13.22** - Área plana de topo de platô, sobre perfil laterítico, utilizada para agricultura. Canavial Jayoro, ramal da rodovia BR-174 (Presidente Figueiredo, AM).

Nesse contexto geológico, as rochas associadas ao Cenozoico no estado, mais especificamente ao período Neógeno, apresentam ampla distribuição nas bacias sedimentares do Solimões e do Acre, estando representadas pela Formação Solimões, cujos sedimentos foram depositados em ambiente fluvial e lacustre.

Esse domínio é representado por uma única unidade geológico-ambiental, denominada **Predomínio de sedimentos arenoargilosos e/ou siltico-argilosos de deposição continental lacustrina deltaica, ocasionalmente com presença de linhito (DCMId)**.

Constituem terrenos com comportamento relativamente homogêneo no que diz respeito a suas adequabilidades e limitações ao uso e ocupação. Destaca-se a possibilidade de utilização de parte de seus recursos minerais como material energético, o que depende de uma melhor avaliação (Figura 13.24).

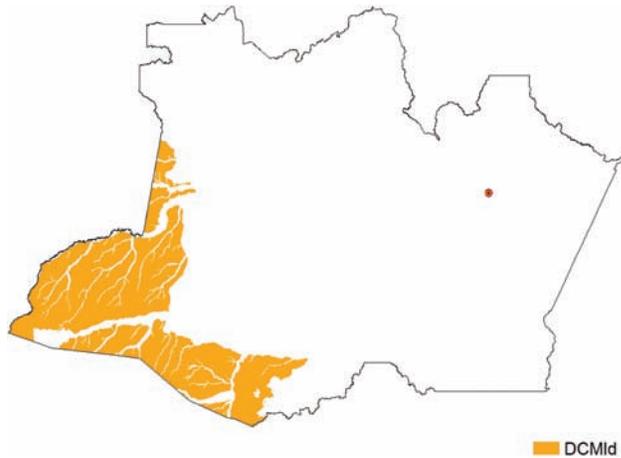


Figura 13.24 - Localização da única unidade geológico-ambiental presente no domínio DCML.

### **Predomínio de sedimentos arenoargilosos e/ou siltico-argilosos de deposição continental lacustrina deltaica, ocasionalmente com presença de linhito (DCMId)**

- Características geológicas

Espesso pacote de rocha semiconsolidada, com fraturas por efeitos de neotectônica, composta por camadas horizontalizadas de argilitos e siltitos estratificados, com intercalações de arenitos de granulação fina a grossa e níveis de linhito (Figura 13.25). Corresponde à unidade litológica Formação Solimões.

- Formas de relevo associadas

Tabuleiros (11) e colinas dissecadas e de morros baixos (12).



Figura 13.25 - Linhito da formação Solimões, aflorante no porto da cidade de Tabatinga (AM).

- Obras de engenharia

Quando aflorante, observam-se espessas camadas horizontalizadas com baixo grau de consolidação, que se desestabilizam e erodem com facilidade em taludes de corte (Figura 13.26). Em geral, encontram-se recobertas por solo espesso. A superfície possui moderada a alta capacidade de suporte de carga do solo e baixa resistência ao corte e à penetração (solos e perfis lateríticos).

Maior suscetibilidade à erosão quando ocorrem superfícies fortemente onduladas e desprovidas de vegetação (forma de relevo 12). Na presença de camadas de linhito, a resistência à escavação e à compressão torna-se menor, dificultando a instalação das fundações das construções.

- Agricultura

De modo geral, apresenta solos com baixa fertilidade natural, com relevo acidentado nas encostas (Latosolos e Argissolos), e solos com drenagem imperfeita (Plintossolos),



Figura 13.26 - Camadas de argilitos e siltitos da formação Solimões, de fácil desagregação, aflorantes em talude do rio Solimões (São Paulo de Olivença, AM).

sujeitos a inundações periódicas nas áreas baixas (Gleissolos e Neossolos Flúvicos). Nas parcelas arenosas, possui baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes (Espodosolos e Neossolos Quartzarênicos). Solos mais suscetíveis aos processos erosivos devido ao elevado gradiente textural, principalmente nas encostas (Argissolos).

Nas áreas mais planas, as terras são mecanizáveis (forma de relevo 11), em geral com solos mais profundos, com exceção das áreas arenosas, e aptas para o uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

- Recursos hídricos

Muito baixa a média favorabilidade hidrogeológica. Corresponde ao "Aquífero Solimões", situado no extremo oeste do estado do Amazonas, caracterizado por pequenas vazões, devido à sua constituição siltico-argilosa. De modo geral, suas águas possuem baixa qualidade, devido a fatores naturais, como elevados teores de matéria orgânica, sódio e enxofre. Utilizado em locais onde ocorrem lentes arenosas e onde existem poucas alternativas de abastecimento.

- Fontes poluidoras

Baixa vulnerabilidade à contaminação: aquíferos protegidos por espessas camadas de sedimentos argilosos de baixa permeabilidade e alta capacidade de reter poluentes. Já as camadas arenosas pouco consolidadas são permeáveis e com moderada capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

- Potencial mineral

Presença de delgadas lentes de linhoto de baixo poder calorífico, baixo teor de carbono fixo e elevado teor de cinzas. Principal ocorrência localizada na região do Alto Solimões. Sua utilização como fonte energética carece de maiores estudos de viabilidade técnico-econômica.

- Potencial geoturístico

Área recoberta predominantemente por floresta ombrófila aberta, com algumas porções de floresta ombrófila densa.

### 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 extremo-ocidental do estado do Amazonas. Sua origem está associada a vários tipos de detritos gerados nos mais diversos ambientes geológicos, como rios, desertos, geleiras, mares e vulcões, cujo processo de acumulação e transformação em rocha perdurou por mais de 400 milhões de anos. Tais rochas contam o processo evolutivo da Bacia Sedimentar do Amazonas, marcada por várias incursões

marinhas sobre o território que hoje constitui o estado do Amazonas.

Em decorrência da história geológica, essas bacias são sustentadas por um empilhamento sub-horizontalizado de camadas de rochas não dobradas, pouco a moderadamente fraturadas, das mais variadas composições. Localmente, devido a eventos tectônicos e intrusão de corpos graníticos, há o arqueamento das camadas e inclinação dos estratos. É comum a presença de arenitos, siltitos, argilitos, matéria orgânica e, mais restritamente, de lavas vulcânicas e precipitados químicos, depositados nas extensas e profundas bacias sedimentares fanerozoicas.

No Mapa Geodiversidade do Estado do Amazonas, esse domínio é representado pelas seguintes unidades geológico-ambientais (Figura 13.27):

- Predomínio de arenitos e arenitos caulíníticos (DSVMPac)

- Intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos (DSVMPasaf)

- Intercalações irregulares de sedimentos arenosos e siltico-argilosos, com finas camadas de evaporitos e calcários (DSVMPasaec) e Predomínio de rochas calcárias intercaladas com finas camadas siltico-argilosas (DSVMPcsc)

- Arenitos, conglomerados, tilitos e folhelhos (DSVMPactf)

- Arenitos, conglomerados, siltitos, folhelhos e calcário (DSVMPacscf)

O domínio contempla unidades importantes sob o ponto de vista do uso e da ocupação, incluindo o principal polo de turismo da região, com inúmeros atrativos geoturísticos, com possibilidade de implantação de geoparques e estabelecimento de patrimônios geomineiros. Ressalta-se a elevada favorabilidade hidrogeológica de algumas de suas unidades, que constituem importantes aquíferos, além do potencial para minerais empregados como insumos na construção civil, na agricultura e nas indústrias de minerais

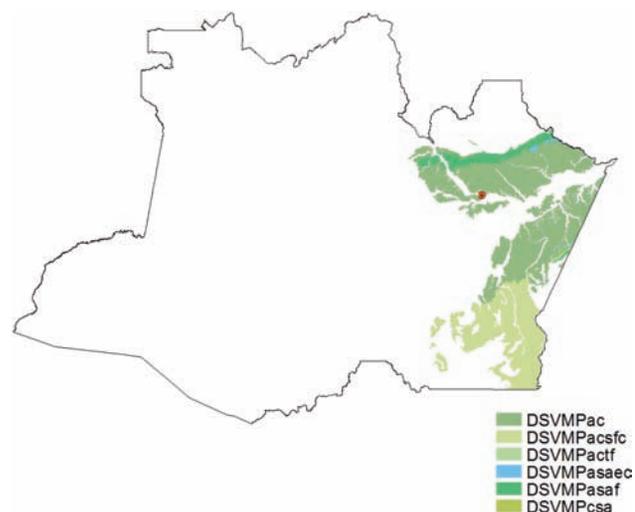


Figura 13.27 - Localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DSVMP.

não-metálicos. Ainda com relação ao potencial mineral, em subsuperfície encontram-se importantes unidades geológico-ambientais, representadas por arenitos portadores de óleo e gás, e sais de potássio, que, junto com os depósitos de caulim da BR-174 e do calcário do rio Jatapu, representam uma das áreas de relevante interesse mineral do estado. Processos erosivos, como ravinas e voçorocas, são bastante comuns em cortes de estrada, provocando com frequência danos à infraestrutura viária.

### Predomínio de arenitos e arenitos caulínicos (DSVMPac)

- Características geológicas

Espessos pacotes de rochas sedimentares pouco a moderadamente fraturadas, geradas em ambientes fluviais, compostas por quartzarenitos maciços, arenitos arcoseanos e arenitos caulínicos brancos a avermelhados, estratificados, de granulação fina a grossa, com subordinada fração conglomerática (Figuras 13.28a, 13.28b, 13.28c). Compreendem as unidades litológicas das formações Alter do Chão e Prosperança.



**Figura 13.28a** - Afloramento de arenitos caulínicos estratificados da formação Alter do Chão. Notar a espessa camada de solo que se forma sobre a rocha (rodovia BR-174, Manaus, AM).



**Figura 13.28b** - Detalhe das bolas de argila que se formam nos arenitos caulínicos da formação Alter do Chão.



**Figura 13.28c** - Arenitos caulínicos avermelhados estratificados da formação Prosperança, em afloramento no município de Presidente Figueiredo (AM).

- Formas de relevo associadas

Tabuleiros (13), tabuleiros dissecados (14), baixos platôs dissecados (15), superfícies aplainadas conservadas (16), colinas amplas e suaves (17), colinas dissecadas e de morros baixos (18) e degraus estruturais e rebordos erosivos (19).

- Obras de engenharia

Em geral, as rochas dessa unidade se encontram intensamente alteradas por processos de lateritização, com desenvolvimento de espessos perfis de solos contendo horizontes compostos por crostas e concreções ferruginosas. Quando aflorantes, as rochas são extremamente vulneráveis à erosão, com exceção das porções endurecidas, conhecidas na região como "Arenito Manaus" (Figuras 13.29a e 13.29b).

Os espessos perfis de solo e a alteração laterítica conferem à unidade uma alta capacidade de suporte de carga e baixa a moderada resistência ao corte e à penetração (solos e perfis de alteração espessos). Há porções extremamente endurecidas que necessitam do uso de maquinário e explosivos para remoção.



**Figura 13.29a** - Arenito caulínico extremamente friável da formação Alter do Chão (Manaus, AM).



**Figura 13.29b** - Arenitos avermelhados extremamente endurecidos da formação Alter do Chão, conhecidos como "arenito Manaus", formando corredeiras e cachoeiras no rio Urubu (Rio Preto da Eva, AM).

Ravinas, voçorocas e escorregamentos são abundantes às margens das rodovias, como resultado de processos naturais, potencializados por obras de engenharia de drenagem superficial inexistente, maldimensionada ou inacabada e, nas áreas de empréstimo, abandonadas, configurando um sério problema geotécnico da região. As principais ocorrências erosivas são observadas nos trechos mais declivosos das principais rodovias do estado, como a federal BR-174 e as estaduais AM-240, AM-010 e AM-363.

Desaconselha-se a ocupação em terrenos com vertentes íngremes e desmatadas, onde há maior favorabilidade à instalação de feições erosivas e movimentos de massa. A presença de crostas lateríticas tem se revelado um importante fator de proteção à instalação dos processos erosivos (Figuras 13.30a, 13.30b, 13.30c).



**Figura 13.30a** - Risco geológico: processos de voçorocamentos e ravinamentos em corte da rodovia BR-174 (Presidente Figueiredo, AM).



**Figura 13.30b** - Risco geológico: processo de voçorocamento ameaçando o pavimento da rodovia BR-174 (Manaus, AM).



**Figura 13.30c** - Risco geológico: estabilização de processos de ravinamento e movimentos de massa em corte de estrada em arenito da formação Alter do Chão (Silves, AM).

- Agricultura

Em geral, ocorrem solos com baixa fertilidade natural (Latosolos e Argissolos) nas encostas acidentadas (formas de relevo 14, 18 e 19) e solos com drenagem imperfeita (Plintossolos), sujeitos a inundação periódica nas áreas baixas (Gleissolos e Neossolos Flúvicos). Nas porções mais arenosas, o solo apresenta baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes (Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos). Podem vir a se tornar aptos ao uso agrícola, desde que condicionados à aplicação de corretivos e fertilizantes e à possibilidade de mecanização, sobretudo em áreas mais planas, como os topos de platôs (formas de relevo 13, 14, 15, 16 e 17), onde os solos tendem a ser mais profundos.

- Recursos hídricos

Compreende o principal reservatório da região, o “Aquífero Alter do Chão”, caracterizado por alta favorabilidade hidrogeológica, devido à textura arenosa de seus sedimentos e a sua grande extensão areal e volume. Armazena um volume de água aproximado de 12 km<sup>3</sup> apenas sob a cidade de Manaus, onde são observadas, em poços tubulares, vazões superiores a 100 m<sup>3</sup>/h. A presença de argilas e litofácies mais endurecidas podem vir a diminuir a sua permeabilidade.

As águas normalmente apresentam boa qualidade química, são ligeiramente ácidas, com pH variando de 4,3 a

5,5, e são pouco salinizadas, com sólidos totais dissolvidos de no máximo 30 mg/l. Pode ocorrer a presença de níveis enriquecidos em ferro que alteram, raramente, a qualidade de suas águas.

- Fontes poluidoras

Em geral, apresenta baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação, devido à presença de espesso manto depurador formado pelo solo e camadas contendo porções de rocha compacta e porções caulíníticas de baixa permeabilidade e alta capacidade de reter e/ou eliminar poluentes. Nas porções mais arenosas, entretanto, a vulnerabilidade do aquífero é alta.

Nas superfícies planas (formas de relevo 13 e 16), a taxa de infiltração é maior e o lençol freático, na maioria dos casos, encontra-se mais afastado da superfície. Nos terrenos mais fortemente ondulados (formas 13 a 18), o lençol freático, normalmente, é mais raso, e o poder de neutralização natural dos poluentes é menor.

A presença de falhas/fraturas pode conduzir mais rapidamente o poluente à água subterrânea. Nos topos das formas alçadas, a tendência é haver alta taxa de infiltração e em suas bordas, maior escoamento. Nas partes mais baixas das colinas, o lençol freático, normalmente, é mais raso, com menor poder de neutralização natural dos poluentes.

As áreas de cabeceira de drenagem, com inúmeras nascentes, e as áreas arenosas são altamente vulneráveis à poluição. Devem ser protegidas, monitoradas e fiscalizadas, para impedir ou minimizar as infiltrações de substâncias poluentes nos aquíferos e cursos d’água superficiais (forma de relevo 19).

- Potencial mineral

Os processos de lateritização produziram, sobretudo na Formação Alter do Chão, uma série de bens minerais amplamente utilizados na construção civil. No horizonte mosqueado do perfil de alteração há formação de argilas pouco plásticas utilizadas pelo Polo Cerâmico Manacapuru-Iranduba na produção de tijolos (Figura 13.31). Nódulos, piçarras e concreções lateríticas são amplamente utilizados na construção civil (aterros, argamassa e cimento *portland*).

As porções de rocha mais endurecida, conhecidas como “Arenito Manaus”, têm sido empregadas como brita e material de revestimento.

Ocorrem ainda inúmeros depósitos arenosos, decorrentes do processo de alteração atuante sobre as rochas arenosas e friáveis da Formação Alter do Chão (Espodossolos), de onde se extrai areia para construção civil (Figura 13.32). Esses areais possuem vegetação peculiar (campina), que, em muitos locais, constituem áreas de proteção ambiental.

Compreende uma das áreas de relevante interesse mineral do estado, relacionada a expressivas camadas e lentes de caulim de alta qualidade, com aplicação na indústria de papel (*coating*) e cerâmica branca. As reservas situadas entre os municípios de Manaus e Rio Preto da Eva foram estimadas em cerca de 3,4 bilhões de toneladas,



**Figura 13.31** - Potencial mineral: argila avermelhada do horizonte mosqueado utilizada na fabricação de tijolos na cidade de Nova Olinda do Norte (AM).



**Figura 13.33a** - Área de relevante interesse mineral: exposição de caulim da formação Alter do Chão no km 45 da rodovia BR-174, próximo a Manaus (AM).



**Figura 13.32** - Potencial mineral: depósitos de areia provenientes da alteração intempérica em arenitos caulíníficos da formação Alter do Chão (Manaus, AM).



**Figura 13.33b** - Área de relevante interesse mineral: vista geral da ocorrência de camadas de caulim relacionadas à formação Alter do Chão, ao longo da rodovia AM-363 (Silves, AM).

distribuídas por cerca de 30 mil hectares. Ocorrências de caulim são registradas ainda nos municípios de Presidente Figueiredo, Silves, Itacoatiara, Novo Airão e Manacapuru (Figuras 13.33a e 13.33b).

A unidade também possui potencial para água potável de mesa e/ou mineral. O Aquífero Alter do Chão é explorado por empresas de bebidas e água mineral no município de Manaus.

- Potencial geoturístico

Unidade com extensas áreas recobertas por floresta ombrófila densa e campinarana, onde os platôs sobressaem na paisagem. Nas rochas mais endurecidas (“Arenito Manaus”), há formação de inúmeras corredeiras e cachoeiras, como as do alto rio Preto da Eva e as do rio Urubu (Figura 13.34).



**Figura 13.34** - Atrativo geoturístico: cachoeira da Pedreira, esculpida em arenitos endurecidos (“arenito Manaus”) da formação Alter do Chão (Rio Preto da Eva, AM). Fonte: Prefeitura de Rio Preto da Eva.

## Intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos (DSVMPasaf)

- Características geológicas

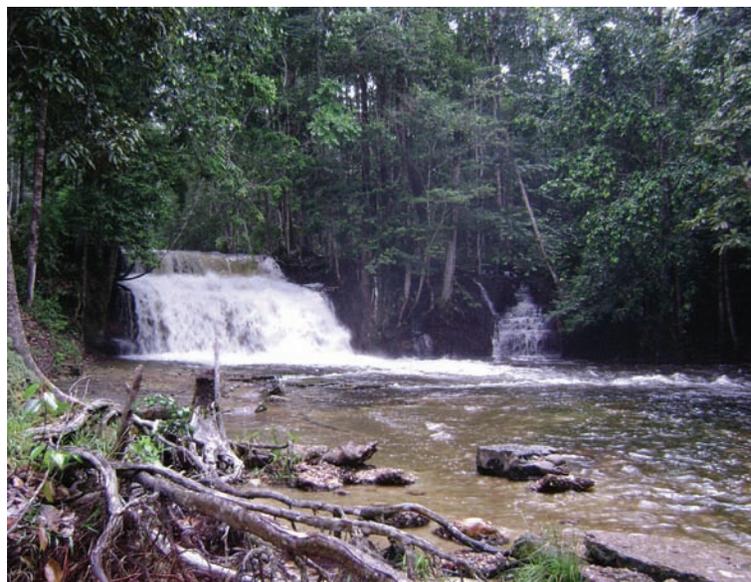
Espessos pacotes sub-horizontalizados, pouco a moderadamente fraturados, representados por grande variedade de arenitos de granulação fina a grossa, estratificados a maciços, siltitos e folhelhos laminados, podendo, eventualmente, ocorrer níveis de folhelhos carbonosos e piritosos, silexitos e lentes de diamictitos maciços gerados em ambiente marinho (Figuras 13.35a e 13.35b). Compreende as unidades litológicas das formações Curiri, Jatapu, Barreirinhas, Ererê, Monte Alegre, Lontra e do Grupo Trombetas.

- Formas de relevo associadas

Planaltos (20), superfícies aplainadas retocadas ou degradadas (21), colinas dissecadas e de morros baixos (22) e degraus estruturais e rebordos erosivos (23).

- Obras de engenharia

Camadas horizontalizadas em que, com a remoção do solo e da vegetação, há uma maior possibilidade de expor em taludes de corte materiais que, em profundidade, apresentam comportamentos geomecânico e hidráulico contrastantes e vulneráveis à erosão. Existência de sedimen-



**Figura 13.35b** - Aspecto dos folhelhos da formação Manacapuru formando a cachoeira da Asframa, no grupo Trombetas (Presidente Figueiredo, AM).

tos arenoquartzosos de baixa resistência ao cisalhamento, geralmente bastante fraturados e percolativos.

Localmente, apresentam extrema erodibilidade, desagregando-se com facilidade e promovendo o assoreamento dos igarapés (Rodovia AM-310). Nas porções com grau de cimentação maior, ocorrem blocos e camadas com alta resistência ao corte e à penetração (Figuras 13.36a e 13.36b). Os litotipos siltico-argilosos são finamente laminados ou



**Figura 13.35a** - Aspecto dos arenitos estratificados da formação Nhamundá, grupo Trombetas (Presidente Figueiredo, AM).



**Figura 13.36a** - Afloramento do arenito do grupo Trombetas em sua porção extremamente coesa (Presidente Figueiredo, AM).



**Figura 13.36b** - Desenvolvimento de processos erosivos em arenito friável do grupo Trombetas, na rodovia AM-240 (Presidente Figueiredo, AM).

maciços, por vezes difíceis de ser perfurados com sondas rotativas. Esses litotipos fendilham-se e soltam placas com facilidade em taludes de corte.

Voçorocas e escorregamentos são abundantes, observados nos cortes de estrada da Rodovia AM-240. Tais feições são inerentes às características da rocha, porém são potencializadas por obras de engenharia de drenagem superficial inexistente, maldimensionada ou inacabada e em cortes próximo às cabeceiras de drenagem. Nos relevos forte ondulados a íngremes (formas de relevo 22 e 23), há maior favorabilidade à instalação de feições erosivas e movimentos de massa.

- Agricultura

Solos com baixa fertilidade natural, com relevo acidentado nas encostas (Latosolos e Argissolos), e solos com drenagem imperfeita (Plintossolos), sujeitos a inundação periódica nas áreas baixas. Apresentam baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas mais arenosas (Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos); porém, podem se tornar aptos para o uso agrícola, desde que condicionados à aplicação de corretivos e fertilizantes. As terras mecanizáveis estão nas superfícies planas a suave onduladas (formas de relevo 20, 21 e 22) e não arenosas.

- Recursos hídricos

A favorabilidade hidrogeológica é variável, devido à presença de níveis arenosos com porosidade e permeabilidade variáveis e camadas com elevada razão areia/argila. Nas formações arenosas relacionadas ao Grupo Trombetas, o potencial é elevado, constituindo o chamado "Aquífero Trombetas". Fraturas e outras superfícies de descontinuidade propiciam ao sistema porosidade e permeabilidade secundária, permitindo acumulação de água em volumes consideráveis.

- Fontes poluidoras

Os aquíferos apresentam baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação, devido às porções com arenitos compactos e folhelhos que funcionam como barreira à infiltração de poluentes, em função de sua baixa permeabilidade e taxa de infiltração.

Em geral, o solo é espesso, comportando-se como um excelente manto depurador, com boa capacidade de reter e/ou eliminar poluentes (por exemplo, águas subterrâneas isentas de contaminação no Aquífero Trombetas na cidade de Presidente Figueiredo). Destaca-se a existência de litotipos de composição variada, que interferem na taxa de infiltração. A presença de falhas e fraturas pode conduzir rapidamente os poluentes ao aquífero. Nas superfícies onduladas a íngremes (formas 22 e 23), o lençol freático, normalmente, é mais raso, com menor poder de neutralização natural dos poluentes.

- Potencial mineral

Unidade potencial para água potável de mesa e/ou mineral. O Aquífero Trombetas é explorado por empresas de água mineral na região de Presidente Figueiredo (Figura 13.37).



**Figura 13.37** - Surgência de água, de grande vazão, em fonte natural situada nos arenitos do grupo Trombetas (Presidente Figueiredo, AM).

- Potencial geoturístico

Ambiente de grande beleza cênica, com estudo sendo desenvolvido pela CPRM/SGB com o objetivo de transformá-lo em geoparque, marcado por corredeiras, cachoeiras, grutas e cavernas esculpidas em arenitos. Registra-se, também, a ocorrência de material fossilífero nos folhelhos da Formação Manacapuru e icnofósseis em arenitos da Formação Nhamundá, ambas pertencentes ao Grupo Trombetas (Figura 13.38).



**Figura 13.38** - Patrimônio paleontológico: bioturbação (*Arthropycus*) em rocha sedimentar da formação Nhamundá, grupo Trombetas (Presidente Figueiredo, AM).

Na região de Presidente Figueiredo, são conhecidas mais de 30 cachoeiras e corredeiras, entre elas a corredeira do Urubuí e as cachoeiras de Iracema, Araras, Porteira, Onça Santuário, Orquídea, Sussuarana e Pedra Furada. Nessa mesma região também se observam inúmeras grutas e cavernas, como a caverna do Maroaga e as grutas da Judeia, Raio, Iracema e Batismo, na qual ocorrem inscrições rupestres (Figuras 13.39a, 13.39b, 13.39c).

### **Unidades intercalações irregulares de sedimentos arenosos e siltico-argilosos, com finas camadas de evaporitos e calcários (DSVMPasaec), e Predomínio de rochas calcárias intercaladas com finas camadas siltico-argilosas (DSVMPcsa)**

#### • Características geológicas

Espessa sucessão de sedimentos clastoquímicos (calcários, folhelhos, arenitos e siltitos) e evaporíticos (anidritas e halitas) de origem marinha, dispostos em camadas sub-horizontalizadas e lentes. As halitas e anidritas ocorrem em subsuperfície, sob a forma de camadas com até 100 m de espessura, enquanto o calcário ocorre de forma lenticular. Os folhelhos e siltitos são comumente laminados e os arenitos apresentam granulação muito fina a média, seleção regular, são argilosos, laminados e mostram estratificação cruzada.

Corresponde às unidades litológicas Formação Nova Olinda, onde há predomínio de evaporitos e calcários (DSVMPasaec), e Formação Itaituba (DSVMPcsa), com calcário, dolomito, arenito, siltito e folhelho.

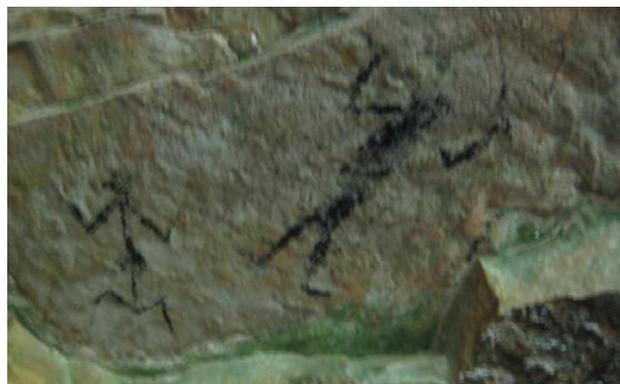
Essas duas unidades geológico-ambientais foram aqui agrupadas devido à sua restrita área de ocorrência e os terrenos sustentados por elas apresentarem comportamentos semelhantes frente ao uso e ocupação.



**Figura 13.39a** - Atrativo geoturístico: caverna do Maroaga, escavada em arenitos do grupo Trombetas (Presidente Figueiredo, AM).



**Figura 13.39b** - Atrativo geoturístico: cachoeira do Sussuarana, esculpida em arenitos do grupo Trombetas (Presidente Figueiredo, AM).



**Figura 13.39c** - Patrimônio arqueológico: inscrição rupestre na gruta do Batismo (Presidente Figueiredo, AM).

- Formas de relevo associadas

Colinas dissecadas e de morros baixos (**24** – DSVMPa-saec e **25** – DSVMPcsa).

- Obras de engenharia

Empilhamento de camadas horizontalizadas de sedimentos com características geomecânicas e hidráulicas que variam em profundidade e mudam bruscamente de uma camada para outra. As mudanças bruscas de litologias se constituem em descontinuidades geomecânicas que facilitam as desestabilizações em taludes de corte.

Em geral, prevê-se baixa a moderada capacidade de suporte de carga do solo e resistência ao corte e à penetração (solos e perfis de alteração espessos). Onde as camadas calcárias são mais espessas, pode haver maior suscetibilidade ao desenvolvimento de processos de dissolução, com a formação de dolinas e sumidouros de drenagem, o que pode gerar colapsos e subsidências do terreno. Nesse tipo de terreno é importante que, antes do início de qualquer obra civil, sejam executados estudos geotécnicos envolvendo métodos geofísicos que possam constatar a presença de cavidades subterrâneas.

A alteração das rochas dessas duas unidades gera solos argilosos pouco permeáveis e plásticos, bastante aderentes e escorregadios quando molhados, que se compactam e impermeabilizam excessivamente se forem continuamente mecanizados com equipamentos pesados e/ou intensamente pisoteados pelo gado, favorecendo a erosão laminar.

- Agricultura

Solos normalmente com baixa fertilidade natural (Latosolos e Argissolos), sobretudo nas encostas, e suscetíveis à compactação nas parcelas mais argilosas. Podem se tornar aptos para o uso agrícola, desde que condicionados à aplicação de corretivos e fertilizantes. As terras podem ser mecanizáveis nas áreas mais planas das superfícies colinosas. Boa fertilidade nos solos derivados de rochas calcárias.

- Recursos hídricos

A favorabilidade hidrogeológica é variável, sendo comum, nos calcários e evaporitos, a dissolução química dos minerais, formando cavernas, sumidouros e dolinas. As fraturas e outras superfícies de descontinuidade, alargadas por dissolução, podem proporcionar ao reservatório porosidade e permeabilidade secundária, permitindo a circulação de água em volumes consideráveis. Em geral, os reservatórios aquíferos são descontínuos e as águas são do tipo carbonatada, com dureza elevada.

- Fontes poluidoras

Em geral, as duas unidades apresentam baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos, devido à presença de

siltitos, que possuem baixa permeabilidade. As porções formadas por rochas calcárias são altamente suscetíveis à existência de ligação direta entre os fluxos d'água superficial e subterrâneo (dolinas e sumidouros de drenagem). Nesses locais, os poluentes podem chegar rapidamente às águas subterrâneas sem sofrer depuração. Entretanto, a cobertura espessa de solos pode apresentar boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes, funcionando como um excelente manto depurador.

- Potencial mineral

Compreende uma das áreas de relevante interesse mineral para o estado, com jazimento de calcário e gipsita associado às camadas das formações Itaituba e Nova Olinda (Grupo Tapajós). As reservas identificadas até o momento alcançam o patamar de 437.644.518 t (calcário) e 26.600 t (gipsita) (CPRM, 2006b). As principais ocorrências desses bens minerais estão nos municípios de Nhamundá, Uruará e Maués. A única mina ativa está localizada no município de Uruará, no rio Jatapu (Figura 13.40).

Na Formação Nova Olinda, destacam-se expressivos depósitos de silvinita (cloreto de potássio), situados em profundidade que varia de 980 a 1.130 m, nos municípios de Nova Olinda do Norte e Itacoatiara, também indicados como área de relevante interesse mineral (Depósito de Sais de Potássio de Nova Olinda do Norte e Itacoatiara). A reserva total está estimada na ordem de 1,5 bilhões de toneladas. A principal aplicação da silvinita, pelo seu conteúdo de potássio, está na agricultura. A exploração dessa jazida eliminaria a necessidade de importação de potássio, um dos principais entraves do desenvolvimento do setor agrícola no Amazonas.

- Potencial geoturístico

Região recoberta por floresta ombrófila densa e cujo potencial precisa ser mais bem estudado. As minas de



**Figura 13.40** - Área de relevante interesse mineral e patrimônio geomineiro: mina de calcário no rio Jatapu, contida na formação Itaituba do grupo Tapajós. Fonte: Silvio Riker.

calcário e gipsita do rio Jatapu, norte do estado, podem vir a se tornar um ponto de interesse geoturístico, com a delimitação de áreas para visitação, por serem as únicas minas de exploração de calcário da região, constituindo, assim, uma área potencial para a formação do patrimônio geomineiro do estado (Figura 13.40).

### **Arenitos, conglomerados, tilitos e folhelhos (DSVMPactf)**

- Características geológicas

Espessos pacotes sub-horizontalizados, pouco a moderadamente fraturados, compostos por camadas de folhelhos e arenitos, com ocorrências subordinadas de diamictitos e siltitos. Os folhelhos são cinza-escuros, laminados, micáceos, por vezes carbonosos e piritosos, enquanto os arenitos são maciços e apresentam, em geral, granulação fina. Correspondem à unidade litológica Grupo Curuá.

- Formas de relevo associadas

Colinas dissecadas e de morros baixos (26).

- Obras de engenharia

Rochas de composição variada, com características geomecânicas e hidráulicas contrastantes em profundidade, que apresentam moderada a alta capacidade de suporte de carga do solo e baixa resistência ao corte e à penetração (solos e perfis de alteração espessos). Nas vertentes íngremes há maior possibilidade de expor, em taludes de corte, mudanças bruscas de litologias que facilitam as desestabilizações das encostas.

- Agricultura

A unidade apresenta solos com baixa fertilidade natural e relevo acidentado nas encostas (Latosolos). Os solos das porções menos íngremes dos terrenos podem ser considerados aptos para o uso agrícola, desde que condicionados à aplicação de corretivos e fertilizantes. Necessária preservação das áreas mais íngremes.

- Recursos hídricos

Baixa a média favorabilidade hidrogeológica: nos locais com predomínio de camadas arenosas e/ou zonas fraturadas o potencial hidrogeológico será bem mais significativo.

- Fontes poluidoras

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos, devido ao predomínio de folhelhos, que possuem baixa permeabilidade e que se alteram para solos profundos, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes. Possibilidade da existência de águas sulfurosas, com restrições ao consumo humano.

- Potencial mineral

Possibilidade da ocorrência de arenitos silicificados, que podem ser usados como pedra de revestimento, e de folhelhos carbonosos.

- Potencial geoturístico

Local de difícil acesso, recoberto por floresta ombrófila densa, cujo potencial ainda não foi estudado.

### **Arenitos, conglomerados, siltitos, folhelhos e calcário (DSVMPacsf)**

- Características geológicas

Espessas camadas horizontalizadas, pouco a moderadamente fraturadas, localmente inclinadas por efeitos de intrusões de corpos ígneos, compostas por grande variedade de arenitos, intercalados ou não com siltitos e folhelhos, e calcários subordinados.

Corresponde às unidades litológicas do Grupo Alto Tapajós, ou seja, os arenitos líticos com fragmentos de tufo, quartzarenitos, arenitos conglomeráticos e restritos conglomerados e *cherts* da Formação Beneficente; os siltitos e arenitos finos intercalados da Formação Juma; os quartzarenitos sílticos da Formação Prainha e os calcários estromatolíticos, arenitos e siltitos finos intercalados da Formação Terra Preta (Figuras 13.41a, 13.41b, 13.41c).

Estruturas sedimentares preservadas, tais como estratificações e marcas de ondas, são comuns nas rochas dessa unidade. Os arenitos apresentam granulação variável e podem ser friáveis ou extremamente compactos.

Localmente, devido a eventos tectônicos ou intrusão de corpos ígneos, há o arqueamento das camadas e inclinação dos estratos, o que potencializa o risco do surgimento de



**Figura 13.41a** - Megaestratificação cruzada acanalada em arenito da formação Prainha, no rio Manicoré. Fonte: Projeto de Mapeamento Geológico da Folha Sumaúma (AM), em execução pela CPRM/SGB.



**Figura 13.41b** - Arenitos da formação Prainha, em afloramento no rio Aripuanã. Fonte: Projeto de Mapeamento Geológico da Folha Sumaúma (AM), em execução pela CPRM/SGB.



**Figura 13.41d** - Reprodução de imagem SRTM da região do domo do Sucunduri, no alto curso do rio homônimo. Notar o arqueamento das camadas, provavelmente produzido por uma intrusão ígnea não-aflorante.



**Figura 13.41c** - Chert da formação Beneficente aflorante no rio Jatuarana. Fonte: Projeto de Mapeamento Geológico da Folha Sumaúma (AM), em execução pela CPRM/SGB.

com rochas de características geomecânicas e hidráulicas contrastantes em profundidade. Ocorrem desde rochas extremamente compactas, laminadas, a extremamente friáveis. Localmente, há espessa cobertura de solo com perfil laterítico, conferindo ao terreno moderada a alta capacidade de suporte de carga do solo e baixa a moderada resistência ao corte e à penetração.

Nas camadas de siltitos e folhelhos finamente laminados e de sedimentos com argilominerais, há maior suscetibilidade à desestabilização em taludes de corte e aos fenômenos de colapsividade, por expansão e contração dos argilominerais.

Nas superfícies de topografia acentuada (formas de relevo 33 a 36), a ocupação é desaconselhada, já que são terrenos que necessitam de grande intervenção para a estabilização dos taludes de cortes.

problemas geotécnicos (por exemplo, região do Domo do Sucunduri e rio Aripuanã, nas imediações da Rodovia Transamazônica) (Figura 13.41d).

- Formas de relevo associadas

Planaltos (27), chapadas e platôs (28), superfícies aplainadas retocadas ou degradadas (29), *inselbergs* e outros relevos residuais (30), colinas amplas e suaves (31), colinas dissecadas e de morros baixos (32), morros e serras baixas (33), montanhas (34), escarpas serranas (35) e degraus estruturais e rebordos erosivos (36).

- Obras de engenharia

Empilhamento de espessas camadas horizontalizadas, localmente inclinadas, pouco a moderadamente fraturadas,

- Agricultura

Boa fertilidade nos solos derivados de rochas calcárias. Em geral, porém, os solos dessa unidade apresentam baixa fertilidade natural, com relevo acidentado nas encostas (Latosolos e Argissolos); comuns, também, solos com drenagem imperfeita (Plintossolos) e sujeitos a inundações periódicas nas áreas rebaixadas. Baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas mais arenosas (Espodosolos e Neossolos Quartzarênicos). Presença de solos mais suscetíveis aos processos erosivos devido ao elevado gradiente textural, principalmente nas encostas (Argissolos). Podem vir a se tornar aptos para o uso agrícola, desde que condicionados à aplicação de corretivos e fertilizantes. Preservação das áreas mais declivosas e das áreas planas arenosas são recomendáveis.

Terras mecanizáveis nas áreas mais planas e com solos mais profundos, à exceção das porções arenosas (formas de relevo 27, 28, 29, 31 e 32).

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios ainda pouco conhecidos. Nas porções arenosas, o potencial hidrogeológico deverá ser elevado. Fraturas e outras superfícies de descontinuidade propiciam ao sistema porosidade e permeabilidade secundária, que permitem acumulação de água em volumes consideráveis.

- Fontes poluidoras

Por haver rochas com comportamentos contrastantes em relação a porosidade, permeabilidade e capacidade de reter poluentes, a vulnerabilidade à contaminação é extremamente variável na unidade. A migração dos poluentes dependerá essencialmente da natureza do aquífero, do gradiente hidráulico do lençol freático e da intensidade da contaminação, sendo comum a presença de falhas e fraturas profundas que podem conduzir contaminantes aos aquíferos.

Nos relevos residuais e íngremes (formas de relevo 33 a 36), a tendência é haver baixa taxa de infiltração e alta taxa de escoamento superficial. Nesses tipos de relevo, em caso de contaminação, as substâncias nocivas se infiltram pouco, porém são conduzidas rapidamente aos igarapés. As áreas de cabeceira de drenagem, com inúmeras nascentes, altamente vulneráveis à poluição, devem ser protegidas e monitoradas. Nos relevos planos a ondulados (formas 27, 28, 29, 31 e 32), o lençol freático, normalmente, é mais profundo e há maior poder de neutralização natural dos contaminantes.

- Potencial mineral

Compreende uma área de relevante interesse mineral para o estado, com expressiva camada de calcário dolomítico na região do alto curso do rio Sucunduri, no município de Apuí. Estudos revelaram excelente qualificação desse calcário para uso na agricultura, devido aos elevados teores de  $\text{CaCO}_3$ , MgO e PRNT, porém com reservas ainda não qualificadas. Nessa mesma região, conhecida como Terra Preta, há ainda ocorrências de veios e vênulas de magnetita (carbonato de manganês) e barita (sulfato de bário), fosfato e sulfetos.

Depósitos de manganês, sob a forma de psilomelana e/ou pirolusita, associados a concreções e a lentes descontínuas em arenitos, nos municípios de Manicoré, Novo Aripuanã e Apuí. Destacam-se as minas Beneficente e do Cotovelo, exploradas nas décadas de 1950 e 1960.

Unidade potencial para a exploração de água potável de mesa e/ou mineral.

- Potencial geoturístico

Área recoberta predominantemente por floresta ombrófila densa, resguardada por unidades de conservação nacionais, como o Parque Nacional Juarena e a Floresta Nacional Jatuarana, e estaduais, como o Parque Estadual do Sucunduri.

Região com fortes atrativos geoturísticos e grande beleza cênica, com corredeiras, cachoeiras e serras. No rio Juma, no trecho que atravessa as proximidades da cidade de Apuí, ocorrem diversas cachoeiras, como Paredão, Apuí e Morena. No rio Sucunduri observa-se, dentre outras, a cachoeira de Monte Cristo. No rio Camaiú, registram-se as cachoeiras do Fumação e do Tucunaré. No rio Aripuanã, há as cachoeiras do Periquito e Prainha (Figuras 13.42a e 13.42b).



**Figura 13.42a** - Potencial geoturístico: cachoeira do Apuí, esculpida em rochas areníticas do grupo Alto Tapajós, no rio Juma, próximo à sede municipal de Apuí (AM). Fonte: Projeto de Mapeamento Geológico da Folha Sumaúma (AM), em execução pela CPRM/SGB.



**Figura 13.42b** - Potencial geoturístico: cachoeira do Paredão, no rio Juma, em rochas areníticas do grupo Alto Tapajós. Fonte: Projeto de Mapeamento Geológico da Folha Sumaúma (AM), em execução pela CPRM/SGB.

## DOMÍNIO DOS COMPLEXOS ALCALINOS INTRUSIVOS E EXTRUSIVOS, DIFERENCIADOS DO TERCIÁRIO, MESOZOICO OU PROTEROZOICO (DCA)

Em épocas geológicas passadas, o território brasileiro foi palco de intensa atividade magmática de composição alcalina. Esse magmatismo ocorreu em vários períodos geológicos e as rochas alcalinas pertencentes a esses eventos são resultantes do resfriamento do magma do interior da Terra.

Registos de eventos magmáticos alcalinos datam desde o Proterozoico, sendo os mais recentes associados à era mesozoica, ou seja, há cerca de 250 milhões de anos.

No Amazonas, as rochas de associação alcalina estão representadas por dezenas de corpos, a maioria deles constituída por pequenos diques e plútons. Os corpos mais expressivos estão localizados nas proximidades da serra dos Seis Lagos, município de São Gabriel da Cachoeira, e constituem a fase final do plutonismo na região. A fase mais antiga é representada por corpos essencialmente alcalinos, seguida pela fase carbonatítica, com idade aproximada de 135 milhões de anos.

Dois unidades geológico-ambientais compõem esse domínio: **Série alcalina saturada e alcalina subsaturada (DCAalc)** e **Gabro, anortosito, carbonatito e dique de lamprófiro (DCAganc)** (Figura 13.43).

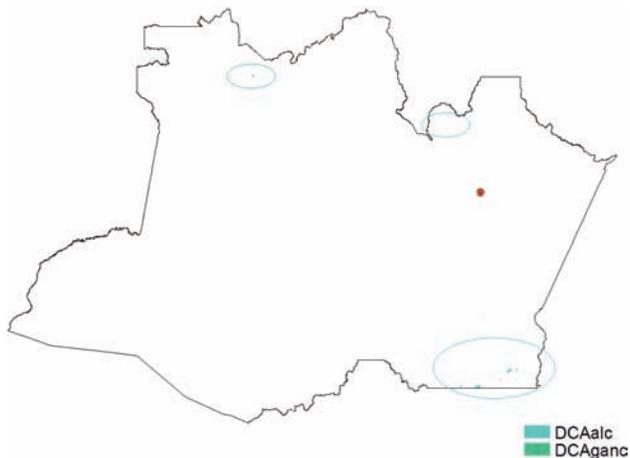


Figura 13.43 - Localização das unidades geológico-ambientais pertencentes ao domínio DCA.

### Série alcalina saturada e alcalina subsaturada (DCAalc)

#### • Características geológicas

São corpos de rochas ígneas maciças de composição alcalina, pouco a moderadamente fraturadas, representadas por grande variação mineralógica de rochas sieníticas (ricas em sódio e potássio). Sobre as superfícies, normalmente, há o desenvolvimento de cobertura laterítica na forma de espessa crosta. Compreende as unidades litológicas Alcalinas Canamã, Guariba e Alcalinas Indiferenciadas.

- Formas de relevo associadas  
*Inselbergs* e outros relevos residuais (37).

#### • Obras de engenharia

Predomínio de rochas maciças e crostas lateríticas de moderada a alta resistência ao corte e à penetração. Terreno com alta capacidade de suporte de carga do solo, sendo comum a presença de faces rochosas e lajeiros que necessitam do uso de explosivo para seu desmonte.

O intemperismo das rochas dessa unidade ocorre de forma homogênea, deixando como resíduos blocos arredondados e matacões em meio ao solo. Mesmo os solos profundos, por vezes, contêm blocos e matacões de rochas duras, que podem se desestabilizar em taludes de corte e afetar as obras caso as fundações fiquem parcialmente apoiadas sobre eles.

Nas áreas com vertentes íngremes, é desaconselhada a ocupação, já que estas necessitam de grandes intervenções para estabilização dos taludes de cortes.

#### • Agricultura

Em geral, os solos são rasos e pouco profundos, de baixa fertilidade natural (Neossolos Litólicos), associados a relevo íngreme com alta pedregosidade e rochosidade. Recomenda-se para preservação da flora e da fauna.

#### • Recursos hídricos

Apresenta favorabilidade hidrogeológica variável, formando reservatórios do tipo fissural. Na presença de falhas e fraturas interconectadas podem vir a se tornar bons aquíferos, porém irregulares.

Em função de o acúmulo de água estar relacionado à existência de estruturas geológicas favoráveis, é comum a formação de reservatórios bastante irregulares: em um determinado local, um poço pode ter boa vazão e, na vizinhança, um outro poço, de mesma profundidade, pode ser seco.

#### • Fontes poluidoras

Baixa vulnerabilidade à contaminação, devido à existência de rochas coesas, pouco permeáveis. Predomínio de rochas que se alteram para solos argilossiltosos, permeáveis e de alta capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes. Nas bordas dos corpos rochosos, é comum a presença de falhas e fraturas que facilitam a infiltração dos contaminantes até às águas subterrâneas.

#### • Potencial mineral

Possibilidade de utilização das rochas como brita. Entretanto, essa utilização está condicionada a diversos fatores: grau de fraturamento dos maciços, grau de intemperismo, cor, textura, forma de ocorrência, espessura de solo e infraestrutura local.

#### • Potencial geoturístico

Áreas serranas se sobressaem em meio às superfícies mais planas recobertas por floresta ombrófila densa. Porém, o potencial geoturístico precisa ser mais bem estudado.

## Gabro, anortosito, carbonatito e dique de lamprófiro (DCAganc)

- Características geológicas

São corpos maciços de rochas ígneas alcalinas, pouco a moderadamente fraturadas, com termos ultramáfico-carbonatíticos, recobertos por espessa cobertura laterítica formadora de canga nióbio-ferrífera. Correspondem à unidade litológica Alcalinas Seis Lagos.

- Formas de relevo associadas

*Inselbergs* e outros relevos residuais (38) (Figura 13.44).

- Obras de engenharia

Existência de material com alta resistência ao corte e à penetração, englobando desde rocha fresca até material ferruginoso proveniente de crosta laterítica (é provável a necessidade de uso de explosivo para remoção desses materiais). É comum a presença de campos de blocos e lajeiros expostos (Figura 13.45). As vertentes são íngremes e suscetíveis a problemas geotécnicos, como queda de blocos.

- Agricultura

Em geral, os solos são rasos e pouco profundos, de baixa fertilidade natural (Neossolos Litólicos), associados a relevo íngreme com alta pedregosidade e rochiosidade. Recomenda-se para preservação da flora e da fauna.

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural. Quando houver falhas e fraturas interconectadas, podem se tornar bons aquíferos, porém



**Figura 13.44** - Vista do morro dos Seis Lagos, representando forma de relevo residual (inselberg) destacado em meio à superfície plana adjacente (São Gabriel da Cachoeira, AM).



**Figura 13.45** - Aspecto da crosta laterítica desenvolvida sobre as rochas alcalinas presentes no morro dos Seis Lagos (São Gabriel da Cachoeira, AM). Fonte: não identificada.

irregulares. Possíveis carbonatos dissolvidos, que elevam a dureza das águas subterrâneas. Há relatos da existência de águas termais no morro dos Seis Lagos.

- Fontes poluidoras

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação, com rochas coesas de baixa permeabilidade. Quando presente, o solo costuma ser argiloso e profundo, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes. Localmente, a presença de falhas e fraturas pode conduzir rapidamente o contaminante ao aquífero.

- Potencial mineral

Compreende uma área de relevante interesse mineral (Jazida de Nióbio de Seis Lagos), com ocorrência de jazidas de nióbio associadas às crostas lateríticas desenvolvidas sobre os carbonatitos do morro dos Seis Lagos, município de São Gabriel da Cachoeira. As crostas também se mostram enriquecidas em ferro e manganês. Representa o maior jazimento de nióbio do mundo, com reserva medida de 38.376.000 t de minério, com teor médio de 2,85% de  $Nb_2O_5$ . No entanto, a exploração dessa enorme riqueza mineral será complexa: além das dificuldades de acesso, a área esta inserida em duas unidades de conservação de proteção integral – a Reserva Biológica Estadual do Morro dos Seis Lagos e o Parque Nacional do Pico da Neblina, criados após a descoberta das jazidas.

- Potencial geoturístico

Área de grande beleza cênica, com três estruturas rochosas circulares elevadas, capeadas por espessa cobertura laterítica ferruginosa, responsável pela preservação de relevo pseudocárstico. No topo da maior dessas estruturas,

conhecida como morro dos Seis Lagos, inserido no Parque Nacional do Pico da Neblina, observam-se lagos com fontes termais (Figuras 13.46a e 13.46b).

### DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU MUITO POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS (DSP1)

Esse domínio é representado por rochas muito antigas, formadas entre 2.500 e 540 milhões de anos, em bacias sedimentares proterozoicas. Reúne camadas de rochas horizontalizadas e sub-horizontalizadas de várias espessuras, constituídas por sedimentos clastoquímicos depositados em diversos ambientes de sedimentação. No estado do Amazonas, prevalecem as unidades depositadas em ambiente costeiro e de mar raso. Localmente, por efeitos tectônicos,



Figura 13.46a - Atrativo geoturístico: lagos formados no topo do morro dos Seis Lagos. Fonte: não identificada.



Figura 13.46b - Atrativo geoturístico: vista de um dos lagos que se formam no topo do morro dos Seis Lagos. Fonte: não identificada.

as camadas sedimentares se apresentam suavemente dobradas e metamorfizadas em baixo grau.

Nesse domínio, ocorre uma única unidade geológico-ambiental, denominada **Predomínio de sedimentos arenosos e conglomeráticos, com intercalações subordinadas de sedimentos siltico-argilosos (DS-P1acgsa)**, registrada, sob a forma de raras exposições, nas porções nordeste e sul do Amazonas (Figura 13.47). Essa unidade apresenta sérias restrições ao uso e ocupação, em virtude da elevada declividade de suas vertentes. Suas adequabilidades e limitações devem ser mais bem avaliadas, sobretudo em relação ao potencial mineral.

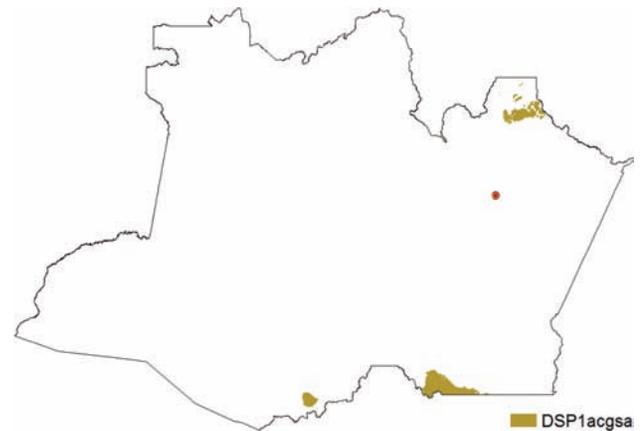


Figura 13.47 - Localização da única unidade geológico-ambiental presente no domínio DSP1.

### Predomínio de sedimentos arenosos e conglomeráticos, com intercalações subordinadas de sedimentos siltico-argilosos (DSP1acgsa)

- Características geológicas

Camadas não dobradas, pouco a moderadamente fraturadas, constituídas por quartzoarenitos, arenitos arcoseanos e conglomerados, subordinadamente com a presença de tufos, argilitos e folhelhos, depositados em ambiente litorâneo de águas relativamente movimentadas. Os conglomerados são maciços ou possuem estratificação incipiente, enquanto os arenitos apresentam granulação fina a média e diversos tipos de estratificação. Compreende as unidades litológicas das formações Palmeiral e Urupi.

- Formas de relevo associadas

Chapadas e platôs (39), superfícies aplainadas conservadas (40), superfícies aplainadas retocadas ou degradadas (41), *inselbergs* e outros relevos residuais (42), domínio de colinas dissecadas e de morros baixos (43), morros e serras baixas (44) e degraus estruturais e rebordos erosivos (45).

- Obras de engenharia

Espessas camadas horizontalizadas com variação no comportamento geomecânico em profundidade. As camadas siltico-argilosas são suscetíveis à desestabilização em taludes de corte. Os litotipos arenosos costumam ser friáveis, suscetíveis à erosão em taludes de corte.

Moderada a alta capacidade de suporte de carga do solo e baixa a moderada resistência ao corte e à penetração (solos e perfis de alteração espessos).

Áreas íngremes com solo pouco espesso ou inexistente, com exposição da face rochosa. Maior suscetibilidade ao surgimento de voçorocas e deslocamentos de rochas (forma de relevo 42, 43, 44 e 45).

- Agricultura

Baixa fertilidade natural e relevo acidentado nas encostas (Latosolos e Argissolos). Presença de solum (horizonte A+B) pouco espesso. Ocorrência de pedregosidade e rochividade associados a solos rasos (Neossolo Litólico). Ocorrência de concreções lateríticas. Baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas mais arenosas (Espodosolos e Neossolos Quartzarênicos).

Terras mecanizáveis nas áreas mais planas e solos mais profundos (formas 39, 40 e 41). Aptas para o uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes. Preservação das áreas mais declivosas e das áreas arenosas. Impedimentos à mecanização nas áreas com lateritas.

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo poroso/fissural em rochas que, em geral, apresentam boa a moderada porosidade e permeabilidade. Localmente, o processo diagenético e a silicificação podem tornar a permeabilidade e a porosidade primária reduzida. Podem se tornar bons aquíferos quando houver falhas e fraturas interconectadas.

- Fontes poluidoras

Baixa a moderada vulnerabilidade à contaminação, com rochas coesas de baixa permeabilidade. Localmente, a presença de falhas e fraturas pode conduzir rapidamente o contaminante aos aquíferos. Quando presente, o solo costuma ser argiloso e profundo, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

- Potencial mineral

Possibilidade de utilização dos seixos dos conglomerados como material de empréstimo. Presença de finos níveis mineralizados em manganês intercalados aos arenitos da Formação Palmeiral.

- Potencial geoturístico

Áreas serranas, com possibilidades de formação de corredeiras e cachoeiras, recobertas por floresta ombrófila densa e savana, cujo potencial geoturístico precisa ser mais bem avaliado.

## DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS (DSVP1)

Esse domínio corresponde a terrenos geologicamente antigos, formados entre 2.500 e 544 milhões de anos, durante o Proterozoico. Reúne rochas formadas em ambientes sedimentares marcados por intensa atividade vulcânica.

Ocorrem sob a forma de diques e outros corpos intrusivos nos substratos rochosos preexistentes, estando associados a fragmentos de rochas e materiais expelidos por vulcões ativos na época, que foram depositados junto aos sedimentos que preenchiam as bacias sedimentares. Todo esse conjunto foi litificado e atualmente está disposto sob a forma de camadas horizontalizadas a sub-horizontalizadas de espessuras diversas, constituídas por rochas de composição variada, sendo que no Amazonas prevalecem as unidades geradas em ambientes sedimentares costeiros e de mar raso. Localmente, por efeitos tectônicos, as rochas podem estar suavemente dobradas e metamorfozadas em baixo grau.

Esse domínio é representado por duas unidades geológico-ambientais: **Predomínio de vulcanismo ácido a intermediário (DSVP1va)** e **Sequência vulcanossedimentar (DSVP1vs)**, as quais ocorrem nas porções nordeste e sudeste do estado do Amazonas (Figura 13.48).

Do ponto de vista do uso e ocupação, as duas unidades apresentam sérias restrições decorrentes da elevada declividade das vertentes. Suas adequabilidades e limitações precisam ser mais bem investigadas, sobretudo no que diz respeito ao potencial mineral e geoturístico.

### Predomínio de vulcanismo ácido a intermediário (DSVP1va)

- Características geológicas

Corpos ígneos vulcânicos ácidos, maciços, isotrópicos, pouco a intensamente fraturados, representados por

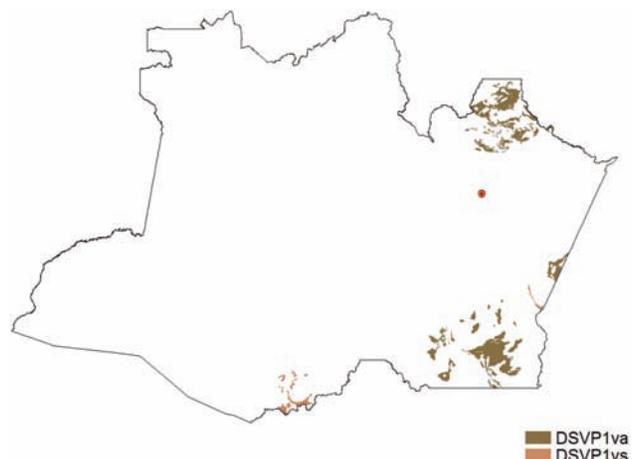


Figura 13.48 - Localização das duas unidades geológico-ambientais presentes no domínio DSVP1.

grande diversidade de rochas, com predomínio de riolitos, dacitos, andesitos e traquiandesitos. Subordinadamente, ocorrem termos de composição intermediária e rochas piroclásticas, como tufo vulcânico, basaltos, brecha vulcânica, ignimbritos e conglomerados vulcânicos. Compreende as unidades litológicas dos grupos Iricoumé e Colíder e das formações Bom Jardim, Aruri e Salustiano (Figura 13.49).

- Formas de relevo associadas

Superfícies aplainadas conservadas (46), superfícies aplainadas retocadas ou degradadas (47), *inselbergs* e outros relevos residuais (48), colinas amplas e suaves (49), colinas dissecadas e de morros baixos (50), morros e serras baixas (51) e domínio montanhoso (52).

- Obras de engenharia

Alta capacidade de suporte de carga do solo e moderada resistência ao corte e à penetração (solos e perfis de alteração espessos). Já as exposições rochosas têm alta resistência ao corte e à penetração, sendo necessário o uso de explosivos e maquinários para sua remoção (Figura 13.50).

As superfícies íngremes são muito suscetíveis à queda de blocos e movimentos de massas, sendo desaconselhada a ocupação desses terrenos, já que necessitam de grandes intervenções para a estabilização dos taludes de cortes (formas de relevo 47, 50, 51 e 52).

- Agricultura

Baixa fertilidade natural, relevo acidentado nas encostas (Latosolos e Argissolos), solos com drenagem



**Figura 13.50** - Aspecto maciço das rochas vulcânicas presentes nessa unidade. Afloramento de diabásio no igarapé Repartimento (Apuí, AM). Fonte: Projeto de Mapeamento Geológico da Folha Sumaúma (AM), em execução pela CPRM/SGB.

imperfeita (Plintossolos) e sujeitos a inundações periódicas nas áreas mais baixas (Gleissolos e Neossolos Flúvicos). Baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas mais arenosas (Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos). Solos mais suscetíveis aos processos erosivos devido ao elevado gradiente textural, principalmente nas encostas (Argissolos).

Terras mecanizáveis nas áreas mais planas e de solos mais profundos (formas 46, 47 e 49), à exceção das áreas arenosas. Aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes.

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural. Quando houver falhas e fraturas interconectadas, podem se tornar bons aquíferos. Possíveis carbonatos dissolvidos, que podem elevar a dureza das águas subterrâneas.

- Fontes poluidoras

Baixa vulnerabilidade à contaminação: intercalação de rochas com contrastantes comportamentos à infiltração, que, de maneira geral, exibem boa compactação e baixa taxa de infiltração. Nas bordas dos corpos vulcânicos, é comum a presença de falhas e fraturas que facilitam a infiltração dos contaminantes até as águas subterrâneas (formas 51 e 52).

- Potencial mineral

Ocorrência de ouro associado às rochas vulcânicas e presença de veios de quartzo portadores de ouro e sulfetos. Área potencial para brita e pedra de cantaria. Algumas



**Figura 13.49** - Riolito do grupo Colíder, extremamente fraturado, aflorante no igarapé Jtuarana (Apuí, AM). Fonte: Projeto de Mapeamento Geológico da Folha Sumaúma (AM), em execução pela CPRM/SGB.

rochas apresentam padrões texturais com indicação para rochas ornamentais (Figura 13.51).

- Potencial geoturístico

Área de grande beleza cênica, representada por complexos de serras, cachoeiras e corredeiras, recoberta por floresta ombrófila densa e aberta.

### Sequência vulcanossedimentar (DSVP1vs)

- Características geológicas

Espessos pacotes de rochas pouco a moderadamente fraturadas e dobradas, compostas por sucessões sedimentares intercaladas com rochas vulcânicas metamorfizadas em grau incipiente a médio, representadas por metaquartzarenitos, conglomerados, argilitos, metassiltitos, filitos, arenitos arcoseanos, *metacherts*, tufos e brechas vulcânicas, quartzitos e ardósias. Localmente, ocorrem zonas de intensa deformação, onde as estruturas de cisalhamento promoveram a verticalização dos estratos. Compreende as unidades litológicas das formações Buiuçu, Aruri e Mutum-Paraná.

- Formas de relevo associadas

Superfícies aplainadas conservadas (53), superfícies aplainadas retocadas ou degradadas (54), *inselbergs* e outros relevos residuais (55), colinas amplas e suaves (56), morros e serras baixas (57) e degraus estruturais e rebordos erosivos (58).

- Obras de engenharia

Moderada a alta capacidade de suporte de carga do solo, 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 irregu-



**Figura 13.51** - Potencial mineral: aspecto textural de rocha vulcânica do grupo Iricoumé (Presidente Figueiredo, AM).

lares de rochas ígneas e sedimentares, com características geomecânicas e hidráulicas bastante diferentes.

Existência de rochas de baixa a alta resistência ao corte e à penetração. Boa probabilidade de ocorrência de blocos e matacões em meio ao solo, sendo necessário o uso de maquinário e explosivos para remoção.

Relevo forte ondulado a íngreme sobre solo pouco espesso a inexistente, sujeito a movimentos de massa. Áreas desaconselhadas à ocupação antrópica, pois necessitam de grandes intervenções para estabilização de taludes de cortes (formas de relevo 57 e 58).

- Agricultura

Terras mecanizáveis nas áreas mais planas e com solos mais profundos (formas 53, 54 e 56), à exceção das áreas arenosas. Aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes. Preservação das áreas mais declivosas e das áreas planas arenosas.

Baixa fertilidade natural, relevo acidentado nas encostas (Latosolos e Argissolos), solos com drenagem imperfeita (Plintossolos) e sujeitos a inundações periódicas nas áreas baixas (Gleissolos e Neossolos Flúvicos). Baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas mais arenosas (Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos). 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. Rochas nas quais as águas subterrâneas se armazenam e circulam por fendas abertas, relacionadas a falhas, fraturas e outras descontinuidades estruturais.

- Fontes poluidoras

Baixa vulnerabilidade à contaminação: rochas coesas, com baixa permeabilidade. Localmente, a ocorrência de falhas e fraturas pode conduzir rapidamente o contaminante ao aquífero.

- Potencial mineral

Ambiência geológica favorável à existência de mineralizações de ouro, cobre, chumbo e zinco.

- Potencial geoturístico

Área com beleza cênica, com existência de serras, cachoeiras e corredeiras.

### DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS, METAMORFIZADAS EM BAIXO A MÉDIO GRAU (DSP2)

Corresponde a terrenos muito antigos, formados durante o Proterozoico, cujas rochas

sofreram deformação e metamorfismo de baixo a médio grau.

Reúne rochas originalmente sedimentares, provenientes de deposição em ambiente fluvial, que mantêm relações de contato com rochas ígneas plutônicas e vulcânicas. As camadas encontram-se suave a moderadamente dobradas, conforme observado na serra da Neblina.

Esse domínio é representado por uma única unidade geológico-ambiental, denominada **Metarenitos, quartzitos e metaconglomerados (DSP2mqmtc)**, com raras exposições na porção norte do estado do Amazonas (Figura 13.52). Do ponto de vista do uso e ocupação, os terrenos assentados sobre essa unidade apresentam sérias restrições decorrentes da elevada declividade das vertentes.

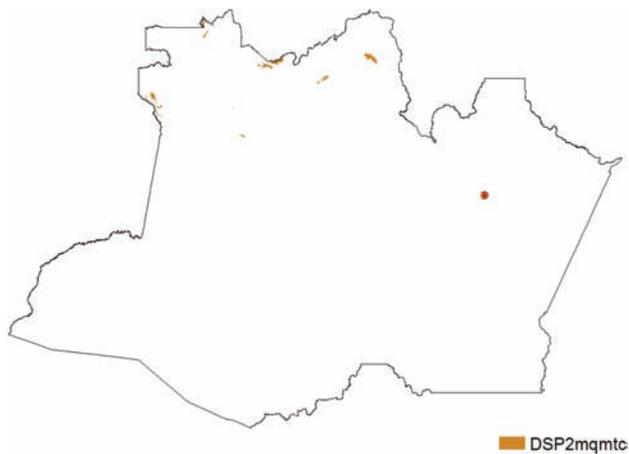


Figura 13.52 - Localização da unidade geológico-ambiental presente no domínio DSP2.

### Metarenitos, quartzitos e metaconglomerados (DSP2mqmtc)

- Características geológicas

Espessas camadas pouco a moderadamente fraturadas e dobradas, localmente verticalizadas, compostas por rochas metamorfolizadas em grau incipiente a médio, representadas principalmente por metaquartzarenitos, quartzitos, quartzitos ferruginosos, sericita-quartzitos e metaconglomerados, com subordinados metapelitos, filitos e itabiritos. Compreende as unidades litológicas das formações Aracá, Daraá, Serra da Neblina e do Grupo Tunuí.

- Formas de relevo associadas

Chapadas e platôs (59), *inselbergs* e outros relevos residuais (60), morros e serras baixas (61) e escarpas serranas (62).

- Obras de engenharia

Espessas camadas de rochas arenosas e conglomeráticas, extremamente endurecidas, pouco a moderadamente fraturadas, em relevos íngremes e com solo pouco espesso

a inexistente, apresentando alta resistência ao corte e à escavação (necessário o uso de explosivos). Existência de metaconglomerados contendo seixos, blocos e matacões de rochas duras e abrasivas, de características geomecânicas e hidráulicas bastante heterogêneas.

Em relevo tabular (forma de relevo 59), as rochas apresentam alta capacidade de suporte de carga. Já as áreas íngremes são naturalmente desaconselhadas à ocupação, pois necessitam de grandes intervenções para a estabilização dos taludes de cortes, estando sob risco de ocorrer deslocamentos e quedas de blocos (formas 60, 61 e 62).

- Agricultura

Terras mecanizáveis nas áreas mais planas e solos mais profundos. Aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes. As áreas mais declivosas e arenosas devem ser preservadas. Impedimentos à mecanização nas áreas com lateritas e solos rasos.

Baixa fertilidade natural e relevo acidentado nas encostas (Latosolos e Argissolos). Presença de solum (horizonte A+B) pouco espesso (Neossolo Litólico). Ocorrência de pedregosidade e rochosidade associada a solos rasos e afloramentos de rocha. Ocorrência de concreções lateríticas (Plintossolo Pétrico). Baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas áreas mais arenosas (Espodosolos e Neossolos Quartzarênicos).

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, formando reservatórios bastante irregulares; entretanto, quando houver falhas e fraturas interconectadas, podem se tornar bons aquíferos. Em geral, as rochas apresentam cimentação e compactação acentuadas, que conferem uma porosidade primária baixa, desfavorável ao acúmulo de águas subterrâneas.

- Fontes poluidoras

Baixa vulnerabilidade à contaminação, devido ao fato de haver predomínio de metassedimentos arenosos 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 subterrâneas é muito baixo.

- Potencial mineral

Ocorrências de mineralizações de ouro, cromita, pirita e columbita-tantalita associados às aluviões do Grupo Tunuí.

- Potencial geoturístico

O relevo diversificado, com predomínio de áreas serranas, forma paisagens de grande beleza cênica e de interesse geoturístico, como os picos da Neblina, 31 de Março e do Padre, situados no Parque Nacional Pico da Neblina (Figura 13.53). Outro exemplo é a serra do Aracá, na qual há cachoeira com queda d'água de 400 m de altura e o maior abismo sul-americano, o Guy Collet, com 670 m de profundidade.

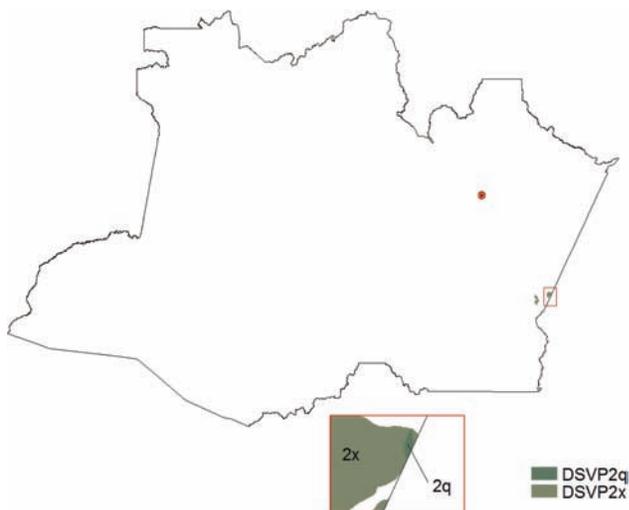


**Figura 13.53** - Atrativo geoturístico: Pico da Neblina (Santa Isabel do Rio Negro, AM). Disponível em: <<http://www.flickr.com/photos/22047878@N08/2863200975/sizes/o/>>.

### DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS, METAMORFIZADAS EM BAIXO A ALTO GRAU (DSVP2)

Esse domínio possui gênese semelhante à dos terrenos vulcanossedimentares anteriormente descritos, sendo, no entanto, mais antigo que aqueles, com idades superiores a 1.800 milhões de anos. Compreende uma associação de rochas metassedimentares e metavulcânicas de baixo a alto grau metamórfico e com estilos de deformacionais diversos, com evidências de superposição de vários eventos.

É representado por duas unidades geológico-ambientais, denominadas **Predomínio de quartzitos (DSVP2q)** e **Predomínio de metassedimentos siltico-argilosos representados por xistos (DSVP2x)**. Ambas ocorrem de forma bastante restrita na porção leste do estado do Amazonas, na divisa com o estado do Pará, e correspondem a segmento da província aurífera do Tapajós (Figura 13.54). Devido à pequena expressão areal das duas unidades,



**Figura 13.54** - Localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DSVP2.

optou-se por descrevê-las de forma única em relação ao uso e à ocupação.

### **Predomínio de quartzitos (DSVP2q) e Predomínio de metassedimentos siltico- argilosos representados por xistos (DSVP2x)**

- Características geológicas

Camadas intensamente fraturadas e dobradas, localmente verticalizadas, compostas por rochas metamorfizadas em grau médio, representadas por xistos, micaxistos, quartzoxistos e subordinados xistos máficos, filitos, metagrauvacas, quartzitos, *metacherts* e rochas metassedimentares químicas ou vulcanoquímicas, finamente estratificadas, com camadas de óxidos, carbonatos ou silicatos de ferro (BIF). Essas unidades ocorrem de forma muito discreta no estado do Amazonas, não sendo possível observar em campo todas as rochas mencionadas. As ocorrências mais representativas estão no estado do Pará, onde integram a Província Aurífera do Tapajós. Correspondem às unidades litológicas do Grupo Jacareacanga.

- Formas de relevo associadas

Colinas dissecadas e morros baixos (**63 – DSVP2q e 64 – DSVP2x**).

- Obras de engenharia

Exposições rochosas em relevo forte ondulado com solo pouco espesso. Apresenta moderada a alta capacidade de suporte de carga. Em geral, as camadas são dobradas e compactas, com possibilidade de existência de material de alta resistência ao corte e à penetração: necessário o uso de explosivos e maquinários para a remoção. Riscos de queda de blocos e deslocamento em cortes.

Ocorrem rochas metassedimentares sob a forma de camadas dobradas, com pronunciada xistosidade, as quais podem soltar placas e se desestabilizar com facilidade em taludes de corte (forma de relevo 64).

- Agricultura

Terras mecanizáveis nas áreas mais planas dos terrenos ondulados, exceto nas porções muito arenosas. Aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes. Preservação das áreas mais declivosas. Baixa fertilidade natural e relevo acidentado nas encostas (Latosolos e Argissolos).

- 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

Baixa vulnerabilidade à contaminação: rochas coesas, com baixa permeabilidade e baixa taxa de infiltração. Presen-

ça de solos argilosos espessos que funcionam como mantos depuradores, protegendo o aquífero (forma de relevo 64). Localmente, falhas, fraturas e planos de xistosidade podem conduzir rapidamente o contaminante ao aquífero (forma 64).

- 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, as quais também são comuns em aluviões.

- Potencial geoturístico

Densa cobertura de floresta ombrófila densa; o potencial geoturístico precisa ser mais bem estudado.

### DOMÍNIO DOS CORPOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS (DCMU)

Correspondem a terrenos sustentados por rochas ígneas intrusivas proterozoicas de composição máfico-ultramáfica, associadas a processo de múltiplas intrusões magmáticas.

O domínio é representado, no estado do Amazonas, por três unidades geológico-ambientais: **Série máfico-ultramáfica (DCMUmu)**, **Série básica e ultrabásica (DCMUbu)** e **Vulcânicas básicas (DCMUvb)**. Devido à reduzida expressão areal dessas três unidades, optou-se por descrevê-las de forma única em relação ao uso e à ocupação de seus solos (Figura 13.55).

#### Série máfico-ultramáfica (DCMUmu), Série básica e ultrabásica (DCMUbu) e Vulcânicas básicas (DCMUvb)

- Características geológicas

Corpos maciços intrusivos de rochas máficas ricas em minerais ferromagnesianos, pouco a moderadamente fraturadas, que abrangem grande diversidade de gabros,

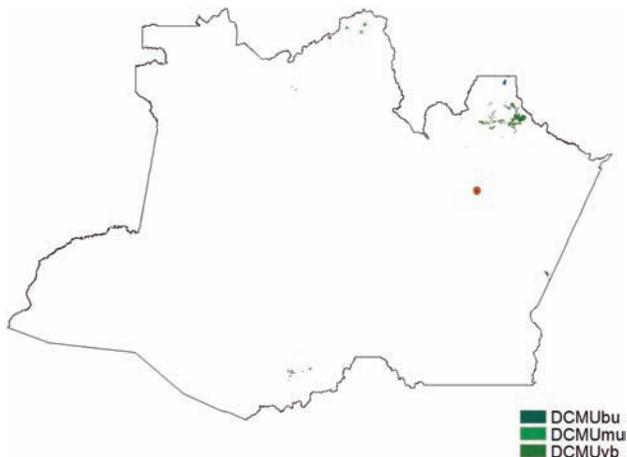


Figura 13.55 - Localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DCMU.

granodioritos e diabásios, podendo apresentar termos metamorfizados. Ocorrem sob a forma de corpos intrusivos circulares, diques e soleiras. Compreendem as unidades litológicas da Suíte Intrusiva Tapuruquara (**DCMUmu**), das suítes intrusivas Ingarana e Siriquiqui, da Formação Quarenta Ilhas e corpos máficos intrusivos indiferenciados (**DCMUbu**) e derrames da Formação Seringa (**DCMUvb**) (Figura 13.56).



Figura 13.56 - Lajeiro de rocha máfica indiferenciada no rio Paxiúba (Apuí, AM). Fonte: Projeto de Mapeamento Geológico da Folha Sumaúma (AM), em execução pela CPRM/SGB.

- Formas de relevo associadas

Unidade **DCMUmu**: *inselbergs* e outros relevos residuais (65) e domínio montanhoso (66).

Unidade **DCMUbu**: superfícies aplainadas retocadas ou degradadas (67), *inselbergs* e outros relevos residuais (68) e morros e serras baixas (69).

Unidade **DCMUvb**: chapadas e platôs (70), colinas dissecadas e morros baixos (71) e morros e serras baixas (72).

- Obras de engenharia

Moderada a alta capacidade de suporte de carga do solo, baixa a moderada resistência ao corte e à penetração e boa estabilidade em taludes de corte (solos e perfis de alteração espessos). Ocorrem rochas frescas a pouco alteradas com moderada a alta resistência ao corte e à penetração, que se alteram de forma heterogênea, deixando blocos e matações em meio aos solos, havendo necessidade de uso de explosivos e maquinários para a remoção. Exposições rochosas em relevo forte ondulado a íngreme (formas de relevo 65, 66, 68, 69, 71 e 72), com solo de espessura variável. Nas formas de relevo 66, 68, 69, 71 e 72, a suscetibilidade à erosão é moderada a alta, com atuação frequente de processos de movimentos de massa.

- Agricultura

Solos normalmente com média a alta fertilidade natural. Terras mecanizáveis nas áreas mais planas dos

terrenos íngremes. Preservação das áreas mais declivosas. Relevo acidentado nas encostas (Latosolos e Argissolos). Presença de solum (horizonte A+B) pouco espesso. Ocorrência de pedregosidade e rochiosidade associadas a solos rasos (Neossolo Litólico). Ocorrência de concreções lateríticas (Plintossolo Pétrico).

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, com rochas homogêneas, com porosidade primária por vezes relacionada a estruturas vesiculares. A existência de falhas e fraturas gera porosidade secundária, onde as águas subterrâneas podem ser armazenadas de forma significativa. São aquíferos fissurais 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

Baixa vulnerabilidade à contaminação, com rochas coesas, com baixa permeabilidade e baixa taxa de infiltração. Presença comum de solos argilosos espessos que funcionam como mantos depuradores, protegendo o aquífero. As falhas, fraturas e demais descontinuidades estruturais, quando profundas, podem conduzir rapidamente os contaminantes aos aquíferos.

- Potencial mineral

Ocorrências de cromo, níquel, cobre, cobalto e platinoides (formas 65 e 66) que necessitam de estudos mais detalhados para estabelecimento de seu potencial. Ambiência geológica favorável a mineralizações de ouro, cobre, chumbo e zinco (formas de relevo 67, 68 e 69) e a mineralizações de cobre, platina e ametistas (formas de relevo 70, 71 e 72). Os corpos rochosos normalmente são pouco fraturados, com padrões texturais e propriedades físicas que os habilitam, potencialmente, a serem utilizados como brita e pedra de cantaria.

- Potencial geoturístico

Densa cobertura de floresta ombrófila densa. O potencial geoturístico precisa ser mais bem investigado.

## DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES NÃO DEFORMADOS (DCGR1)

Esse domínio compreende corpos ígneos intrusivos proterozoicos, não ou pouco deformados, constituídos por rochas graníticas de diferentes composições químicas e mineralógicas.

É representado, no estado do Amazonas, por duas unidades geológico-ambientais: **Séries graníticas alcalinas (DCGR1alc)** e **Séries graníticas subalcalinas (DCGR1salc)** (Figura 13.57).

Do ponto de vista do uso e ocupação, representa uma importante área do estado, sobretudo em relação ao potencial mineral, por conter importantes áreas de relevante

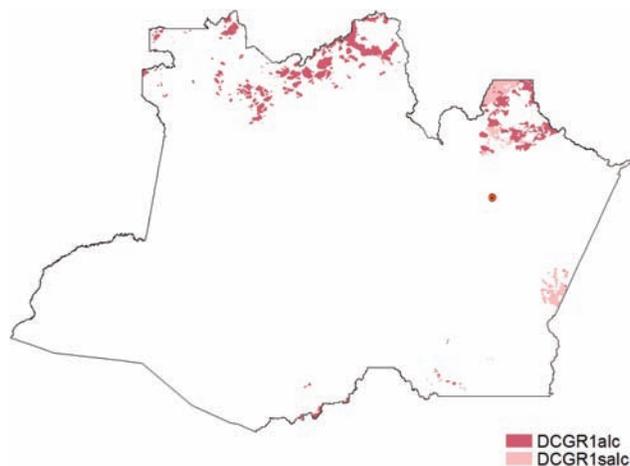


Figura 13.57 - Localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DCGR1.

interesse mineral. O domínio contempla locais de exploração mineral que podem vir a ser caracterizados como patrimônios geomineiros. As restrições se fazem principalmente em função da declividade dos terrenos.

### Séries graníticas alcalinas (DCGR1alc)

- Características geológicas

Corpos de rochas ígneas plutônicas félsicas, maciças, isotrópicas, pouco a moderadamente fraturadas, representadas por grande diversidade de litotipos, com predomínio de granitos, sienogranitos, monzogranitos, dioritos e granodioritos; subordinadamente ocorrem granitos com textura *rapakivi* e charnoquitos. Compreende as unidades litológicas das suítes intrusivas Igarapé Escondidinho, Igarapé Reilau, Inhamoim, Madeira, Maloquinha, Mapuera, Marauíá, Marié-Mirim, Rio Uaupés, Rondônia, São Lourenço-Caripunas, Serra Curicuriari, Teotônio e Tiquié (Figura 13.58).

- Formas de relevo associadas

Vertentes recobertas por depósitos de encosta (73), superfícies aplainadas conservadas (74), *inselbergs* e outros relevos residuais (75), colinas amplas e suaves (76), colinas dissecadas e morros baixos (77), morros e serras baixas (78) e domínio montanhoso (79).

- Obras de engenharia

Rochas coesas, recobertas por solos e perfis lateríticos com espessura variada, aflorando sob a forma de lajeiros, campos de blocos ou faces rochosas em vertentes íngremes. Em geral, apresentam alta capacidade de suporte de carga do solo, baixa (solo e rocha alterada) a alta (crosta laterítica e rocha sã) resistência ao corte e à penetração e boa estabilidade em taludes de corte. Nas áreas de rocha fresca, pode haver necessidade de explosivos para remoção. Os terrenos íngremes são mais suscetíveis ao desenvolvimento



**Figura 13.58** - Afloramento do monzogranito da suíte rio Uaupés, na margem esquerda do rio Negro (São Gabriel da Cachoeira, AM).



**Figura 13.59b** - Aspecto da alteração do monzogranito da suíte rio Uaupés, nas proximidades da cidade de São Gabriel da Cachoeira (AM).

de sulcos, ravinas, voçorocas e queda de blocos (formas de relevo 75, 77, 78 e 79). A alteração dessas rochas costuma isolar blocos em meio ao solo, o que pode causar problemas com relação às fundações das obras (Figuras 13.59a, 13.59b e 13.59c).

- Agricultura

Terras mecanizáveis nas áreas mais planas e solos mais profundos (formas de relevo 74 e 76). Aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes. Preservação das áreas mais declivosas. Baixa fertilidade natural em relevo acidentado (formas 73, 75, 76 e 79) nas encostas (Latosolos e Argissolos); solos com drenagem imperfeita (Plintossolos) e sujeitos a inundações periódicas nas áreas mais baixas (Gleissolos, Neossolos



**Figura 13.59c** - Risco geológico: blocos rochosos em meio ao solo residual (sede municipal de São Gabriel da Cachoeira, AM).



**Figura 13.59a** - Lajeiros e faces rochosas de monzogranito da suíte rio Uaupés (São Gabriel da Cachoeira, AM).

Flúvicos e Espodossolos). Presença de solum (horizonte A+B) pouco espesso. Ocorrência de pedregosidade e rochosidade associada a solos rasos (Neossolos Litólicos).

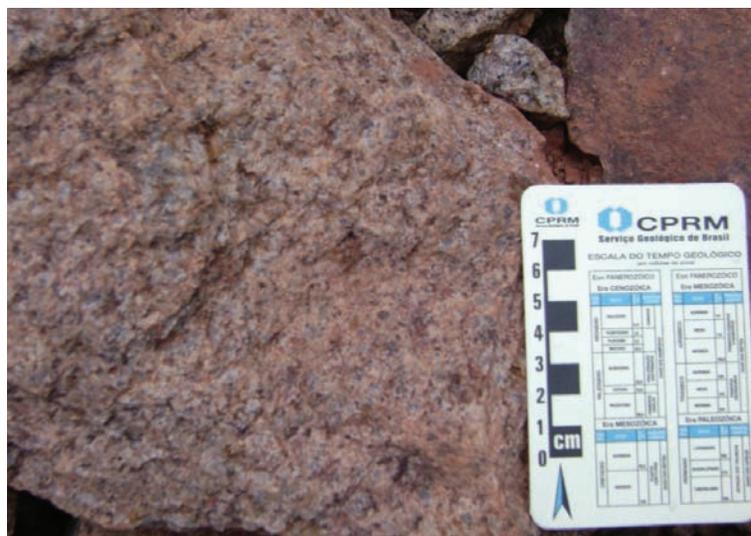
- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável: reservatórios do tipo fissural, com potencial bastante irregular, condicionado à presença de falhas, fraturas e outras descontinuidades. Necessária a utilização de estudos de geofísica (eletrorresistividade) para seleção de locais para perfuração de poços (Figura 13.60).

Em geral, águas subterrâneas mineralizadas, sendo necessário, em alguns casos, o emprego de dessalinizadores para que se prestem ao consumo humano.



**Figura 13.60** - Perfuração de poço tubular em terreno de rochas ígneas (São Gabriel da Cachoeira, AM).



**Figura 13.61** - Rocha granítica portadora de mineralização de estanho. Detalhe do monzogranito da suíte intrusiva Madeira na mina do Pitinga (Presidente Figueiredo, AM).

- Fontes poluidoras

Baixa vulnerabilidade à contaminação: rochas coesas, pouco fraturadas, com baixa permeabilidade e baixa taxa de infiltração. Presença de solos argilosos espessos que funcionam como mantos depuradores, protegendo o aquífero. Os planos de descontinuidades (foliação, falhas e fraturas), quando presentes, propiciam a percolação de fluidos, podendo conduzir os contaminantes ao lençol freático (formas de relevo 73, 75, 76 e 79).

- Potencial mineral

Área de relevante interesse mineral (Província Estanífera do Pitinga e segmento da Província Estanífera de Rondônia), com inúmeras mineralizações: estanho e columbita-tantalita associados aos corpos graníticos Rondônia (*Younger Granites*) e Marié-Mirim; estanho, nióbio e wolfrâmio nos corpos graníticos da Suíte Marauaiá; cassiterita-topázio-mica-quartzo-greisen e rochas portadoras de estanho, zircão, nióbio, tântalo, ítrio, elementos terra-rara e criolita associados à Suíte Intrusiva Maloquinha (Figura 13.61).

A mina do Pitinga, localizada entre os municípios de Presidente Figueiredo e Uruará, representa a principal província estanífera do país, relacionada aos granitos Água Boa e Madeira e pláceres das bacias dos rios Pitinga e Uatumã. O estanho é a substância principal, ocorrendo associado a columbita-tantalita, zirconita, criolita, terras-raras e bauxita (Figura 13.62).

Corpos pegmatíticos portadores de berilo, quartzo leitoso e columbita-tantalita na Suíte Intrusiva Serra Curicuriari. As exposições rochosas não alteradas podem vir a ser utilizadas como brita e pedra de cantaria. Alguns corpos



**Figura 13.62** - Área de relevante interesse mineral: frente de lavra de estanho primário na mina do Pitinga (Presidente Figueiredo, AM).

apresentam belos padrões texturais, indicativos de possível uso como rocha ornamental (Figura 13.63).

- Potencial geoturístico

Relevo com alta diversidade de paisagens, com predomínio de áreas serranas. Áreas com grande beleza cênica, como as corredeiras e cachoeiras do alto rio Negro, as serras do Caburi e da Bela Adormecida e o morro Boa Esperança (Figuras 13.64a, 13.64b e 13.64c). A mina do Pitinga pode ser apontada como patrimônio geomineiro.

### Séries graníticas subalcalinas (DCGR1salc)

- Características geológicas

Corpos de rochas ígneas plutônicas félsicas, maciças, isotrópicas, de composição subalcalina, pouco a moderada-



**Figura 13.63** - Potencial mineral: detalhe do padrão textural do monzogranito rio Uaupés, com potencial para ser explorado como rocha ornamental (sede municipal São Gabriel da Cachoeira).



**Figura 13.64a** - Potencial geoturístico: vista do morro da Boa Esperança (São Gabriel da Cachoeira, AM). Fonte: Marcelo Almeida.



**Figura 13.64b** - Potencial geoturístico: serra da Bela Adormecida vista do rio Negro (São Gabriel da Cachoeira, AM). Fonte: Marcelo Almeida.



**Figura 13.64c** - Potencial geoturístico: praia fluvial na cidade de São Gabriel da Cachoeira, no rio Negro, com a serra Curicuriari (Bela Adormecida) ao fundo. Fonte: Marcelo Almeida.

mente fraturadas, representadas por grande diversidade de litotipos, com predomínio de diorito, granodiorito, tonalito, sienogranito e monzogranito. Compreendem as unidades litológicas das suítes intrusivas Água Branca, Jauari, Parauari e Teles Pires.

- Formas de relevo associadas

Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas (80), *inselbergs* e outros relevos residuais (81), colinas amplas e suaves (82), colinas dissecadas e morros baixos (83) e domínio montanhoso (84).

- Obras de engenharia

Alta capacidade de suporte de carga do solo, baixa a moderada resistência ao corte e à penetração e boa estabilidade em talude de cortes (solos e perfis de alteração espessos). Rochas coesas, não deformadas, pouco a moderadamente fraturadas, em relevo forte ondulado a íngreme, com solos pouco espessos ou inexistentes, sendo necessário uso de explosivos para remoção. Quando se alteram, normalmente deixam campos de blocos na superfície ou em meio ao solo (Figuras 13.65a e 13.65b). Os terrenos íngremes são mais suscetíveis ao desenvolvimento de sulcos, ravinas, voçorocas e quedas de blocos (formas de relevo 81 e 84).

- Agricultura

Terras mecanizáveis nas áreas mais planas e com solos mais profundos (formas de relevo 80 e 82). Aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes. Preservação das áreas mais declivosas.

Baixa fertilidade natural em relevo acidentado nas encostas (Latosolos e Argissolos); solos com drenagem imperfeita (Plintossolos)



**Figura 13.65a** - Campo de blocos graníticos da suíte intrusiva Água Branca (Presidente Figueiredo, AM).



**Figura 13.65b** - Blocos rolados de rochas graníticas da suíte intrusiva Água Branca (Presidente Figueiredo, AM).

e sujeitos a inundações periódicas nas áreas mais baixas (Gleissolos, Neossolos Flúvicos e Espodossolos). Presença de solum (horizonte A+B) pouco espesso. Ocorrência de pedregosidade e rochosidade associada a solos rasos (Neossolos Litólicos).

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural. Quando houver falhas e fraturas interconectadas, podem se tornar bons aquíferos. Necessária a utilização de estudos de geofísica (eletrorresistividade) para a seleção de locais para perfuração de poços. Em geral, águas subterrâneas mineralizadas, sendo necessário, em alguns casos, o emprego de dessalinizadores para que se prestem ao consumo humano.

- Fontes poluidoras

Baixa vulnerabilidade à contaminação, em função do predomínio de rochas coesas, pouco fraturadas, com

baixa permeabilidade e baixa taxa de infiltração. Quando houver solos argilosos espessos, estes funcionam como mantos depuradores, protegendo o aquífero. Os planos de discontinuidades (foliação, falhas e fraturas), quando presentes, propiciam a percolação de fluidos, o que facilita o fluxo dos contaminantes ao lençol freático.

- Potencial mineral

Essa unidade está contida em área de relevante interesse mineral, representada por segmento da Província Aurífera do Tapajós. Presença de ouro em aluviões e veios de quartzo associados às rochas graníticas da Suíte Intrusiva Parauari. Possibilidade de corpos graníticos pouco fraturados, com interessantes padrões texturais, virem a ser utilizados como rocha ornamental (Figura 13.66).



**Figura 13.66** - Potencial mineral: detalhe do padrão textural de granito da suíte intrusiva Água Branca, com potencial para ser explorado como rocha ornamental (Presidente Figueiredo, AM).

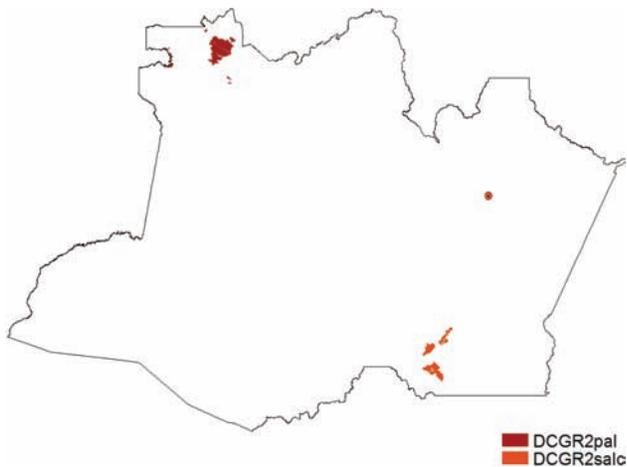
- Potencial geoturístico

Relevo com diversidade de paisagens. Áreas com beleza cênica, com existência de corredeiras, cachoeiras e serras.

## DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITÓIDES DEFORMADOS (DCGR2)

Esse domínio compreende corpos ígneos intrusivos de composição granítica, que foram submetidos a eventos tectônicos durante o Proterozoico, os quais produziram uma série de estruturas deformacionais, como foliações, falhas e zonas de cisalhamento.

É representado, no estado do Amazonas, por duas unidades geológico-ambientais: **Granitoides peraluminosos (DCGR2pal)** e **Séries graníticas subcalcinas (DCGR2salc)**, as quais, devido à reduzida expressão areal, serão descritas de forma única em relação ao uso e à ocupação (Figura 13.67).



**Figura 13.67** - Localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DCGR2.

### Granitoides peraluminosos (DCGR2pal) e Séries graníticas subalcalinas (DCGR2salc)

- Características geológicas

Corpos de rochas ígneas plutônicas félsicas, que englobam uma grande variedade de granitos deformados por eventos tectônicos, sendo frequente a presença de zonas de cisalhamento, porções migmatíticas e foliação gnáissica. Compreende as unidades litológicas das suítes intrusivas Rio Içana (**DCGR2**) e Serra da Providência (**DCGR2salc**).

- Formas de relevo associadas

Unidade **DCGR2pal**: superfícies aplainadas conservadas (**85**), superfícies aplainadas retocadas ou degradadas (**86**) e *inselbergs* e outros relevos residuais (**87**).

Unidade **DCGR2salc**: superfícies aplainadas retocadas ou degradadas (**88**) e colinas amplas e suaves (**89**).

- Obras de engenharia

Alta capacidade de suporte de carga; baixa a moderada resistência ao corte e à penetração e boa estabilidade em talude de cortes. Ocorrência de rochas coesas, intensamente fraturadas e foliadas, sob a forma de elevações rochosas, campo de blocos e lajeiros (formas de relevo 86, 87 e 88), com alta resistência ao corte e à penetração, sendo necessário uso de explosivos para remoção (Figura 13.68). As áreas íngremes são desaconselhadas à ocupação, já que necessitam de grandes intervenções para a estabilização dos taludes de cortes: são bastante percolativos e soltam blocos com facilidade (forma de relevo 87). Possibilidade de desenvolvimento de ravinas e voçorocas em taludes de cortes (formas de relevo 86 e 88).

- Agricultura

Terras mecanizáveis nas áreas planas a levemente onduladas (formas de relevo 85, 86 e 88). Aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizan-



**Figura 13.68** - Afloramento rochoso da suíte intrusiva Serra da Providência, no igarapé Vermelho (Apuí, AM). Fonte: Projeto de Mapeamento Geológico da Folha Sumaúma (AM), em execução pela CPRM/SGB.

tes. Preservação das áreas mais declivosas. Baixa fertilidade natural e relevo acidentado nas encostas (Latosolos). Onde a textura é mais argilosa (Argissolos), os solos são sujeitos à compactação.

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural. Quando houver falhas e fraturas interconectadas, podem se tornar bons aquíferos. São reservatórios de potencial bastante irregular: em determinado local, um poço pode ter uma boa vazão e, nas imediações, outro poço, de mesma profundidade, pode se apresentar seco. Necessária a utilização de estudos de geofísica (eletroresistividade) para a seleção de locais para perfuração de poços.

- Fontes poluidoras

Baixa vulnerabilidade à contaminação, com rochas coesas, de baixa permeabilidade e taxa de infiltração. Quando houver solos argilosos espessos, estes funcionam como mantos depuradores, protegendo o aquífero. As falhas, fraturas e outras discontinuidades (foliação) podem conduzir os contaminantes rapidamente às águas subterrâneas.

- Potencial mineral

Ocorrências de mineralizações de estanho em rochas graníticas da Serra da Providência, no município de Manicoré. Ocorrências de ouro e columbita-tantalita associadas a aluviões e paleoplácetes da Suíte Intrusiva Rio Içana, no município de São Gabriel da Cachoeira. Veios pegmatíticos e bolsões mineralizados em turmalina (afrisita) e cordierita ocorrem cortando todo o conjunto rochoso. Ambiente geológica favorável à ocorrência de depósitos de estanho, vanádio, nióbio e tântalo. Ocorrência de rochas com boas características texturais e mineralógicas que podem vir a ser utilizadas como brita.

- Potencial geoturístico

Relevo bastante diversificado, com predomínio de áreas serranas. Áreas com beleza cênica, com corredeiras e serras (Figura 13.69).

### DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES INTENSAMENTE DEFORMADOS: ORTOGNAISSES (DCGR3)

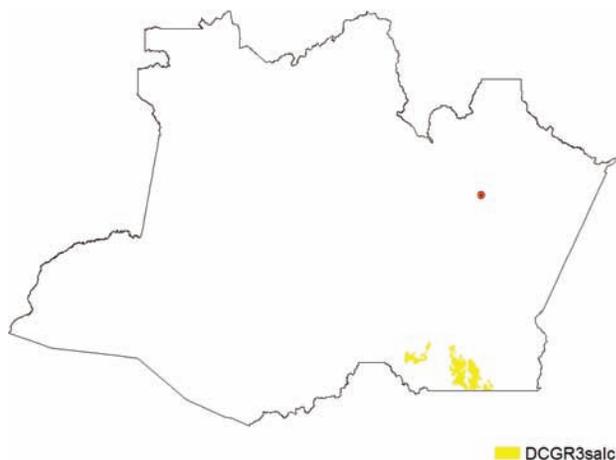
Os terrenos desse domínio são sustentados por intrusões ígneas muito antigas, de idade proterozoica, cujas rochas foram submetidas a intensas fases de deformação tectônica, que produziram acentuada foliação e zonas de cisalhamento.

O domínio é representado, no estado do Amazonas, por uma única unidade geológico-ambiental, denominada **Séries graníticas subcalcinas (DCGR3salc)** (Figura 13.70).

Essa unidade não apresenta grandes restrições quanto ao uso e à ocupação dos terrenos, sendo indicada para melhor levantamento de seu potencial mineral e geoturístico.



**Figura 13.69** - Atrativo geoturístico: corredeira no rio Negro, em granito da suíte rio Içana (São Gabriel da Cachoeira). Fonte: Marcelo Almeida.



**Figura 13.70** - Localização da unidade geológico-ambiental presente no domínio DCGR3.

### Séries graníticas subcalcinas (DCGR3salc)

- Características geológicas

Conjunto de rochas originalmente ígneas plutônicas, félsicas, que afloram sob a forma de batólitos intensamente deformados, constituídos predominantemente por monzogranitos finos, microgranitos e subordinados granodioritos e granitos submetidos a processos metamórficos. Apresenta diferentes estilos deformacionais e grau de metamorfismo médio a alto, com frequente foliação gnáissica e milonítica. Corresponde à unidade litológica Suíte Intrusiva São Romão.

- Formas de relevo associadas

Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas (90) e colinas amplas e suaves (91).

- Obras de engenharia

Alta capacidade de suporte de carga e baixa a moderada resistência ao corte e à penetração (solos e perfis de alteração espessos). Possibilidade de ocorrência de rochas muito coesas, anisotrópicas, intensamente fraturadas, sob a forma de campos de blocos e lajeiros, de alta resistência ao corte e à penetração, sendo necessário uso de explosivos para remoção (Figura 13.71). Baixa a moderada suscetibilidade à erosão, com ocorrências esporádicas de processos de erosão linear acelerada (ravinas e voçorocas).

- Agricultura

Terras mecanizáveis nas áreas planas a levemente onduladas. Aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes. Preservação das áreas mais declivosas. Baixa fertilidade natural (Latosolos) e solos sujeitos à compactação onde a textura é mais argilosa (Argissolos).



**Figura 13.71** - Afloramento de rochas da suíte São Romão em afluente da margem esquerda do rio Camaiú (Novo Aripuanã, AM). Fonte: Projeto de Mapeamento Geológico da Folha Sumaúma (AM), em execução pela CPRM/SGB.

- Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural e potencial bastante irregular, associado à presença de falhas, fraturas e outras descontinuidades estruturais. Em geral, águas subterrâneas mineralizadas, sendo necessário, em alguns casos, o emprego de dessalinizadores para que se prestem ao consumo humano.

- Fontes poluidoras

Baixa vulnerabilidade à contaminação, com rochas coesas, de baixa permeabilidade e baixa taxa de infiltração. Quando houver solos argilosos espessos, estes funcionam como mantos depuradores, protegendo o aquífero. As falhas, fraturas e outras descontinuidades (foliação) podem conduzir os contaminantes rapidamente às águas subterrâneas.

- Potencial mineral

Ocorrência de depósitos auríferos em aluviões e em veios de quartzo nos municípios de Humaitá, Novo Aripuanã e Apuí. Presença de concreções ferruginosas, no perfil de alteração, que podem ser empregadas como material de empréstimo (piçarra).

- Potencial geoturístico

Área recoberta por floresta ombrófila densa, com existência de corredeiras.

## DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITO-GNAISSE-MIGMATÍTICOS E GRANULITOS (DCGMGL)

São os terrenos geológicos mais antigos do estado do Amazonas, sustentados por rochas proterozoicas que sofreram os efeitos da superposição de vários episódios tectônicos sob condições de elevadas temperaturas e pressões.

Ao longo de sua história evolutiva, as rochas existentes nesse domínio fundiram-se, refundiram-se, foram penetradas por material magmático mais novo e sofreram vários eventos deformativos, formadores de dobras e porções migmatíticas. Dessa forma, representam atualmente o produto da fusão total ou parcial de rochas preexistentes.

O domínio contempla duas unidades geológico-ambientais: **Predomínio de gnaisses ortoderivados, que podem ou não conter porções migmatíticas (DCGMGLgno)** e **Predomínio de gnaisses paraderivados, que podem ou não conter porções migmatíticas (DCGMGLgnp)**, que ocorrem ao norte e ao sul do estado do Amazonas. Na porção sul, na divisa com o estado de Rondônia, ocorre somente a unidade **DCGMGLgno**, que representa segmento da Província Estanífera de Rondônia (Figura 13.72). Apesar de origens e composições distintas, as duas unidades são descritas juntas por apresentarem comportamento semelhante frente ao uso e à ocupação de seus terrenos.

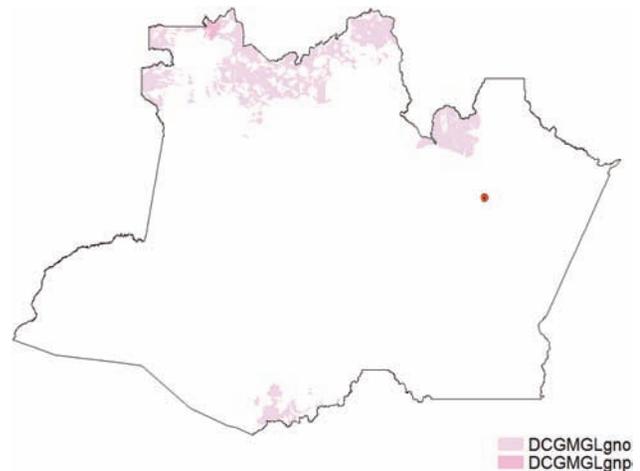


Figura 13.72 - Localização das unidades geológico-ambientais presentes no domínio DCGMGL.

## Predomínio de gnaisses ortoderivados, que podem ou não conter porções migmatíticas (DCGMGLgno) e Predomínio de gnaisses paraderivados, que podem ou não conter porções migmatíticas (DCGMGLgnp)

- Características geológicas

Corpos de rochas originalmente ígneas (**DCGMGLgno**) e sedimentares (**DCGMGLgnp**), polideformadas e metamorfizadas em grau médio a alto, representados por grande variedade de gnaisses e anfibólitos com graus distintos de migmatização. Correspondem às unidades litológicas dos complexos e suítes metamórficas Cauaburi, Cuiú-Cuiú, Cumati, Jamari, Jauaperi, Santa Izabel do Rio Negro e Tarsira (**DCGMGLgno**) e à litofácies Taiacu-Cauera do Grupo Tunuí (**DCGMGLgnp**). São rochas marcadas por notável foliação gnáissica e intensa deformação, com a ocorrência de dobras complexas, falhas e zonas de cisalhamentos (Figuras 13.73a e 13.73b).

- Formas de relevo associadas

Unidade **DCGMGLgno**: vertentes recobertas por depósitos de encosta (92), superfícies aplainadas conservadas (93), superfícies aplainadas retocadas ou degradadas (94), *inselbergs* e outros relevos residuais (95), colinas amplas e suaves (96), morros e serras baixas (97), domínio montanhoso (98) e escarpas serranas (99).

Unidade **DCGMGLgnp**: superfícies aplainadas conservadas (100).

- Obras de engenharia

Alta capacidade de suporte de carga do solo. Resistência ao corte e à penetração variável devido à existência de solo, rocha alterada, rocha fresca e perfis de alteração laterítica em proporções e espessuras variadas, podendo ser necessário o uso de explosivos e maquinários para o desmonte.



**Figura 13.73a** - Afloramento de biotita-gnaiss deformado, com pegmatitos subparalelos, do complexo Cauaburi (São Gabriel da Cachoeira, AM). Fonte: Marcelo Almeida.



**Figura 13.73b** - Vista de dobras ptigmáticas em ortognaisses do complexo Cauaburi (São Gabriel da Cachoeira, AM).  
Fonte: Marcelo Almeida.

Complexa associação de corpos rochosos de grande anisotropia, com contrastantes características texturais e mineralógicas, fator que reflete na variação de seu comportamento geomecânico e hidráulico, que pode variar tanto em profundidade como lateralmente em função das estruturas presentes e da composição mineralógica das zonas dobradas nos gnaisses e migmatitos (Figura 13.74).



**Figura 13.74** - Afloramento de gnaiss alterado da litofácies Tarsira em corte da rodovia BR-307 (São Gabriel da Cachoeira, AM).

As exposições rochosas são raras, representadas por afloramentos coesos, anisotrópicos (alternância de bandas ricas em minerais quatzofeldspáticos e micáceos), intensamente dobrados e fraturados, geralmente associados às formas de relevo mais íngremes, com solos pouco espessos ou inexistentes. Nesses locais são comuns blocos e lascas de rocha que podem vir a se desestabilizar e descer a encosta. São áreas naturalmente suscetíveis à erosão, com frequentes ocorrências de movimentos de massas: quedas de blocos, escorregamentos e corridas de lama (formas de relevo 92, 95, 97, 98 e 99).

Nos sopés das áreas de relevo mais íngreme, é comum a presença de depósitos de encostas, denominados tálus e colúvios, ricos em blocos de rocha muito malselecionados (forma de relevo 92). Já nas áreas mais planas (formas de relevo 93, 94 e 95), a espessura do solo é variável, podendo ocorrer campos de blocos e lajeiros com exposição da rocha sã. Possibilidade da existência de blocos rochosos (matacões) em meio aos solos, feição problemática para as obras de engenharia.

#### • Agricultura

Terras mecanizáveis nas áreas levemente onduladas a onduladas e com solos mais profundos (formas de relevo 93, 94, 96 e 100). Aptas para uso agrícola condicionado à aplicação de corretivos e fertilizantes. Preservação das áreas mais declivosas. Em geral, os solos possuem baixa fertilidade natural, com relevo acidentado (formas de relevo 92, 95, 97, 98 e 99) nas encostas (Latossolos); solos com drenagem imperfeita (Plintossolos) e sujeitos a inundações periódicas nas áreas mais baixas (Neossolos Flúvicos, Gleissolos e Espodossolos). Presença de solum (horizonte A+B) pouco espesso. Ocorrência de pedregosidade e rochosidade associadas a solos rasos (Neossolos Litólicos).

#### • Recursos hídricos

Favorabilidade hidrogeológica variável, com reservatórios do tipo fissural, com potencial bastante irregular,

condicionado à existência de falhas, fraturas e outras descontinuidades estruturais, como foliações. Necessária a utilização de estudos de geofísica (eletrorresistividade) para a seleção de locais para perfuração de poços. Em geral, águas subterrâneas mineralizadas, sendo necessário, em alguns casos, o emprego de dessalinizadores para que se prestem ao consumo humano.

- Fontes poluidoras

Baixa vulnerabilidade à contaminação: rochas coesas, com baixa permeabilidade e baixa taxa de infiltração. Presença de solos argilosos espessos que funcionam como mantos depuradores, protegendo o aquífero (formas de relevo 93, 94, 96 e 100).

Nas áreas com rochas mais deformadas e de relevo mais íngreme, os planos de descontinuidades estruturais presentes (falhas, fraturas e foliações) propiciam a percolação de fluidos, o que pode conduzir rapidamente os contaminantes ao lençol freático (formas de relevo 92, 95, 97, 98 e 99).

- Potencial mineral

Ambiência geológica favorável a mineralizações de ouro e polimetálicos associados aos corpos de origem granítica e a aluviões. Parte da unidade **DCGMGLno** está inserida em área de relevante interesse mineral, denominada Segmento da Província Estanífera de Rondônia, no município de Lábrea.

Apesar de raros, é possível observar lajeiros, campo de blocos e exposições rochosas com características texturais e mineralógicas que habilitam seu emprego como brita ou pedras de cantaria. Já as porções de rocha alterada podem vir a ser utilizadas como saibro.

Ocorrência de expressivas piçarreiras (crostas lateríticas desmanteladas), principalmente sobre as rochas gnáissicas, as quais são utilizadas na pavimentação de estradas (Figura 13.75).



**Figura 13.75** - Crosta laterítica desenvolvida sobre gnaisses da litofácies Tarsira. Área de antiga piçarreira na rodovia BR-307 (São Gabriel da Cachoeira, AM).

- Potencial geoturístico

Relevo com paisagens diversificadas, de grande beleza cênica, representada por áreas serranas, cachoeiras e corredeiras, como as do rio Curicuriari, afluente do alto rio Negro (Figura 13.76).



**Figura 13.76** - Atrativo geoturístico: cachoeira do Caju, no rio Curicuriari (São Gabriel da Cachoeira, AM). Fonte: Marcelo Almeida.

## REFERÊNCIAS

CPRM. **Mapa geodiversidade do Brasil:** influência da geologia dos grandes geossistemas no uso e ocupação dos terrenos. Brasília: CPRM, 2006a. 68 p. 1 CD ROM.

CPRM. **Geologia e recursos minerais do estado do Amazonas:** sistema de informações geográficas (SIG). Escala 1:1.000.000. Rio de Janeiro: CPRM, 2006b. 1 CD-ROM. Programa Geologia do Brasil: integração, atualização e difusão de dados da geologia do Brasil. Mapas geológicos estaduais.

D'ANTONA R. J. G. et al. **Projeto materiais de construção da área Manacapuru-Iranduba-Careiro (domínio baixo Solimões).** Manaus: CPRM, 2007. 161 p. 1 CD-ROM.

LONG, J. A. **The rise of fishes:** 500 million years of evolution. Baltimore: The John Hopkins University Press, 1995. 223 p.

TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C. Caracterização de Terras Pretas de Índio no médio rio Urubu, município de Rio Preto da Eva – AM. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, SUSTENTABILIDADE E QUALIDADE AMBIENTAL, 30., 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005.

# 14

## CENÁRIOS DA GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

Valter José Marques (*valter.marques@cprm.gov.br*)

Consultoria Técnica, Coordenação dos Grupos, Sinopse e Interpretação dos Resultados

Suely Serfaty Marques (*suely.serfaty@cprm.gov.br*)

Assistente de Coordenação e Potencialização das Informações

Hugo Galúcio Pereira (*hugo.pereira@cprm.gov.br*)

Coordenação Interinstitucional

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

### SUMÁRIO

Introdução .....	213
Análise dimensional e cenários da geodiversidade .....	213
Recursos energéticos: demanda e atendimento .....	213
Recursos hídricos superficiais e subterrâneos .....	213
Recursos minerais.....	214
Uso e ocupação do meio físico.....	216
Análise multidimensional integrada .....	216
Recomendações .....	217
Referências.....	218

## COLABORADORES INSTITUCIONAIS QUE PARTICIPARAM DAS DISCUSSÕES SOBRE OS CENÁRIOS DO AMAZONAS:

### Grupo da Demanda e Desenvolvimento dos Recursos Minerais Energéticos

Auxiliadora Freitas de Goes – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SDS)

Cíntia Itakazu Coutinho – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)

Daniilo Mitre Filho – Defesa do Brasil – Força Aérea Brasileira

Edmar Lopes Magalhães – Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Econômico do Amazonas (SEPLAN)

Eliene Guedes Macedo – Centro Universitário Nilton Lins (UNINILTON LINS)

Heleno Andrew José Oliveira da Rocha Quarto – Centro Universitário Nilton Lins (UNINILTON LINS)

Hermes da Costa Carvalho – Amazonas Distribuidora de Energia (AmE)

Jacó da Silva – Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA)

Jorge Glauco Costa Nascimento – Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM)

Luis Roberto Pereira da Silva Júnior – Centro Universitário Nilton Lins (UNINILTON LINS)

Marcelo Agra de Souza – Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS)

Mônia Fernandes – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio)

Nilson Júnior – Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS)

Renato Mendes Freitas – Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA)

Risalda Januária de Oliveira – Amazonas Distribuidora de Energia (AmE)

### Grupo da Demanda e Qualidade dos Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos

Alice Maria Costa do Nascimento Amorim – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Manaus)

André da Rocha Lima – Agência Brasileira de Inteligência (ABIN)

André Luis M. R. dos Santos – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Manaus)

Andréa Cristina Souza – Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Daniel Borges Nava – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SDS)

Daniele Batista Lopes – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SDS)

Emílio Alberto Amaral – Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Fábio Figueira Pimentel – Agência Brasileira de Inteligência (ABIN)

Françoise Moura de Jesus – Centro Universitário do Norte (UNINORTE)

Hertz Rebelo de Souza – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Manaus)

Manoel Roberto Pessoa – Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM)

Maria do Rosário Rodrigues – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Marlon da Silva Ferreira – Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMAS)

Nailde Martins Andrade – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Manaus)

Telma Barros Montenegro – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Manaus)

### Grupo da Demanda e Reservas dos Recursos Minerais

Alexandre Alves de Oliveira – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Manaus)

Cláudia Vieira Teixeira – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Manaus)

Estevão Barreto – Confederação das Organizações Indígenas do Amazonas (COIAM)

João Frederico Cruz – Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)

José Maurício Silva Rodrigues – Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia (SECT)

Lenda Vanessa de Lima Pinheiro – Agência Brasileira de Inteligência (ABIN)

Luiz Gilberto Dell’Igna – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Porto Velho)

Marcelo Pinto – MAPEX

Marco Antônio Horbe – Associação Profissional dos Geólogos do Amazonas (APROGAM)

Miguel Martins de Souza – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SDS)

Thennylle Andrade Navarro – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SDS)

Xafi da Silva Jorge João – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Belém)

Carla Ariany Bruce da Costa – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Manaus)

Desaix Paulo Baleiro Silva – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Manaus)

José Luiz Marmos – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Manaus)

### Grupo do Uso e Ocupação do Meio Físico

Edith da Silva Barroso – Refinaria Isaac Sabbá (REMAN)

Jane Crespo – Unidade de Gerenciamento do Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus (UGPI)

Carmelita Siqueira – Secretaria de Estado de Infraestrutura (SEINF)

Jairo Cleber de Oliveira Pessoa – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Manaus)

Manoel Rodrigues Teiceiro Neto – Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS)

Maria do Carmo Santos – Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM)

Tazianne Barros Barreto – Refinaria Isaac Sabbá (REMAN)

Sílvia Cristina Benites Gonçalves – Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia (CREA/AM)

Paulo César Teixeira – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Milton Bianchini – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SDS)

Sheila Gatinho Teixeira – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Manaus)

Evandro Silva Caldeira – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Manaus)

Ketlen Lissandra Gomes Viana – Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Renata da Silva Veras – Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Tania Cristina Ribeiro de Oliveira – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Superintendência Regional de Manaus)

## INTRODUÇÃO

A aplicação de técnicas de construção de cenários vem se consolidando como ferramenta indispensável ao planejamento estratégico. No Brasil, laboratórios de pesquisa, governos estaduais e grandes empresas investem em estudos dessa natureza, dentre os quais se destaca a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB), cujas investigações visam ao planejamento territorial e aproveitamento dos recursos naturais da geodiversidade.

Assim, no âmbito de sua Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT), o Serviço Geológico do Brasil, em parceria com outras instituições, vem elaborando estudos de cenários futuros alternativos (prospectivos), com base no zoneamento ecológico-econômico e na avaliação estratégica de recursos minerais. Tal busca advém da certeza de que o futuro é uma construção do presente e, como tal, será delineado pelas atitudes ou escolhas, a partir das diversificadas possibilidades a serem exploradas pelos agentes sociais, públicos e privados.

Concernente ao estudo exposto a seguir, trata-se de diagnose e prognose da Geodiversidade do Estado do Amazonas, no âmbito do Projeto Mapas de Geodiversidade Estaduais, de responsabilidade da CPRM/SGB. Para tanto, elaborou-se um curso *on the job*, com 40 horas de duração, no qual se divulgaram técnicas construtivas de cenários, com notável participação da sociedade amazonense, por

meio de suas secretarias estaduais de governo e outros órgãos públicos. O resultado prático subsidiou a elaboração do presente capítulo.

Os procedimentos metodológicos adotados para a construção dos cenários alternativos apoiaram-se em abundante bibliografia nacional e internacional, destacando-se as abordagens recomendadas por Godet (1985 e 1997), Venturieri et al. (2008), Schwartz (1996) e Porto e Buarque (1991; 1997).

## ANÁLISE DIMENSIONAL E CENÁRIOS DA GEODIVERSIDADE

Visando à melhor operacionalidade nas discussões relativas aos cenários para a geodiversidade do Amazonas, representaram-se os componentes ambientais abióticos pelos seguintes temas ou dimensões: Energia, Recursos Hídricos, Recursos Minerais e Uso e Ocupação do Meio Físico.

### Recursos Energéticos: Demanda e Atendimento

No que concerne à dimensão “Energia”, foram analisados os recursos energéticos do estado do Amazonas quanto à demanda e atendimento às necessidades de hidrocarbonetos, mais especificamente no que diz respeito ao gás natural (Figura 14.1).

CENÁRIOS DE DEMANDA E DESENVOLVIMENTO: HIDROCARBONETOS

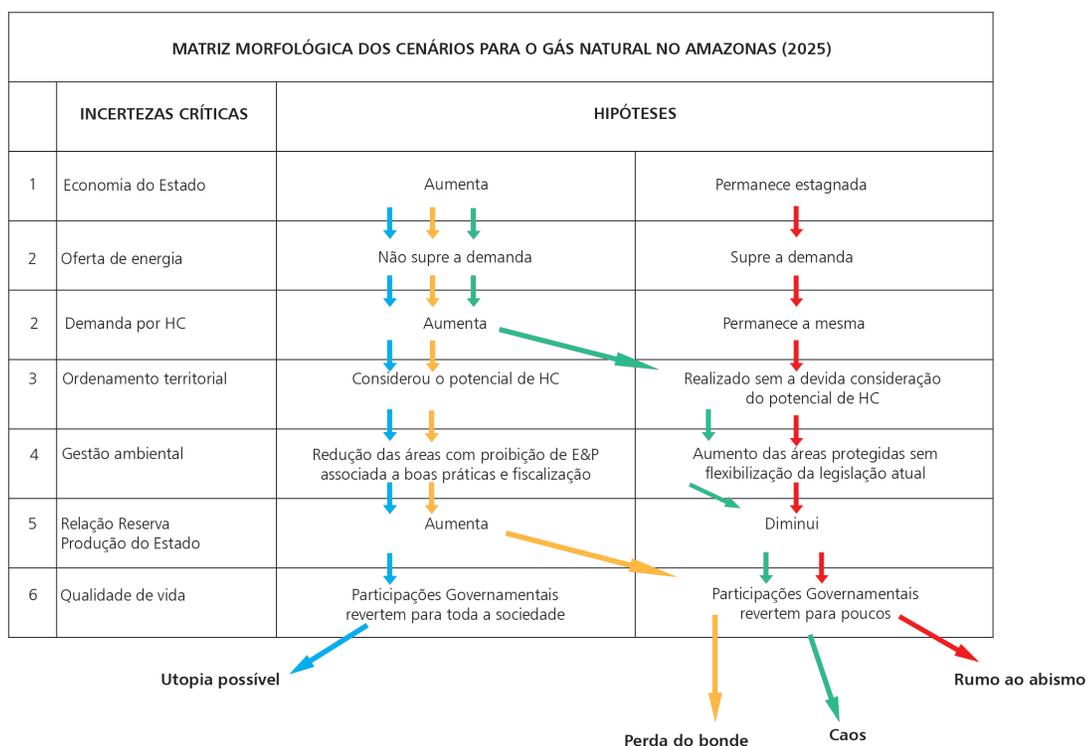


Figura 14.1 - Cenários de demanda e desenvolvimento de hidrocarbonetos (HC) para o estado do Amazonas.

Na matriz morfológica apresentada na Figura 14.1, referente aos cenários de demanda e desenvolvimento para os hidrocarbonetos no Amazonas, observa-se que:

- para os próximos 15 anos, o atendimento dos previsíveis aumentos de energia deverá basear-se, sobretudo, na produção de gás e óleo provenientes da Bacia Sedimentar do Solimões;

- um primeiro elemento crítico diz respeito à incorporação dessa visão às políticas públicas e aos planos e projetos estruturadores da economia estadual;

- nesse sentido, alerta-se para o enfoque estratégico que vier a ser dado à conservação ambiental das grandes extensões de floresta ombrófila densa, permitindo-se a exploração controlada de seu vasto potencial para hidrocarbonetos;

- como corolário dessa escolha, alerta-se para a importância da continuidade das atividades exploratórias, que transformem o potencial petrolífero em reservas efetivamente conhecidas.

Dessa forma, deve-se entender que o bem-estar da sociedade requer adequada distribuição das oportunidades e riquezas geradas pelo desenvolvimento econômico. Portanto, devem-se incorporar aos megaprojetos os vastos contingentes populacionais da região, de forma socialmente digna e ambientalmente sustentável.

### Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos

Sobre as demandas e atendimentos à água superficial e subterrânea, para obtenção de diagnóstico e prognóstico mais precisos, sob uma visão ambiental estratégica, elaborou-se um exercício de amplo espectro, tomando-se como premissas lógicas as variáveis que se seguem:

#### Condicionantes de Futuro

- Demanda mundial de água
- Demanda nacional de água
- Características do bioma
- Ciência, tecnologia e informação
- Crescimento da economia nacional
- Crescimento da economia estadual
- Cultura do desperdício
- Escassez mundial de água
- Expansão do agronegócio
- Governança
- Legislação aplicada à região
- Urbanização e industrialização

#### Atores

- Populações urbanas
- Populações rurais
- Agropecuaristas
- Indústrias de transformação
- Cooperativas de extrativistas
- Garimpeiros
- Madeireiros
- Transportadores

#### Elementos Constantes

- Características dos geossistemas

### Mudanças Predeterminadas

- Aumento da escassez, tanto mundial quanto nacional
- Aumento da demanda, tanto mundial quanto nacional
- Evolução da ciência, tecnologia e informação
- Crescimento da economia nacional
- Crescimento da economia estadual

### Mudanças Incertas

- Mudança da cultura do desperdício
- Ampliação da governança
- Adequação da legislação aplicada aos recursos hídricos da Amazônia

Analisadas as probabilidades de combinações mais prováveis, alcançou-se o esquema que representa a matriz morfológica dos cenários para os recursos hídricos no estado do Amazonas (Figura 14.2).

Assim, para a dimensão “Recursos Hídricos” no estado do Amazonas, como aspectos críticos, salientam-se os seguintes aspectos:

- a legislação nacional não se adequa às condições amazônicas, já que estas, em muito, diferem do restante do território nacional;

- a “governança” carece de urgente melhoria, em todos os níveis da administração regional;

- há necessidade de superação quanto ao desperdício de recursos hídricos, fruto de uma época passada caracterizada por baixo povoamento e perfil de consumo não-industrial.

### Recursos Minerais

A análise estratégica do papel dos recursos minerais, quanto ao desenvolvimento econômico, social e ambiental do estado do Amazonas, em uma perspectiva de 15 anos, revelou como variáveis de controle dos mais prováveis acontecimentos as seguintes:

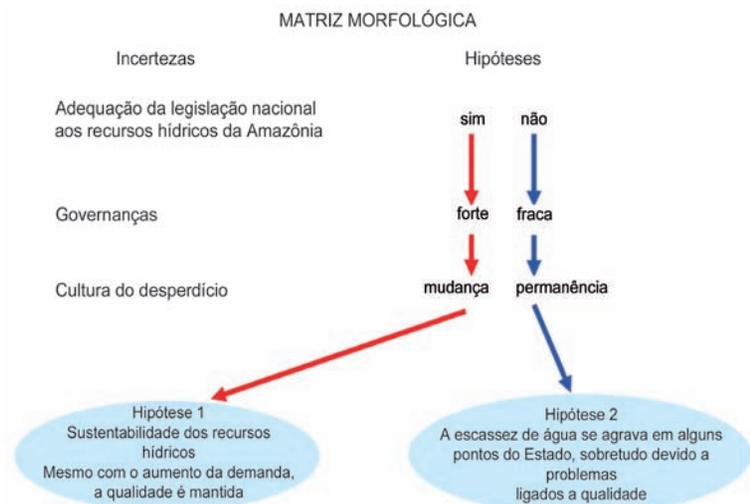


Figura 14.2 - Matriz morfológica dos cenários para os recursos hídricos no estado do Amazonas.

**Condicionantes**

- Contexto econômico (demanda por *commodities*) nacional e internacional
- Vinculação estratégica (papel) dos recursos minerais para o desenvolvimento sustentável da Amazônia
- Implantação de uma logística com adequada infraestrutura

**Atores**

- Indústria extrativista mineral
- Indústria de transformação mineral
- Garimpeiro = extrativista mineral
- Organizações Não-Governamentais (ONGs)
- Sociedade organizada: sindicatos e outras formas de associação
- Comunidades indígenas

**Elementos Estruturantes**

- Existência de importantes reservas minerais de classe mundial
- Potencialidade geológica para novas descobertas

**Elementos Constantes**

- Aumento das pressões ambientais por melhores padrões de sustentabilidade
- Declínio das atividades extrativistas minerais (garim-pagem)
- Carência de capital humano, implicando crescentes orçamentos para treinamento e capacitação

**Mudanças Predeterminadas**

- Aumento da demanda por *commodities* minerais, em nível regional, nacional e internacional
- Implementação de políticas com foco na agregação de valor aos bens primários, sobretudo pela verticalização de cadeias produtivas
- Implantação de políticas públicas voltadas para a desconcentração urbana, sobretudo na capital (Manaus), por meio da fixação das populações no interior do estado
- Aproveitamento dos coprodutos do principal bem mineral explorado, afetando diretamente a formação de outras cadeias produtivas e diminuindo os impactos ambientais
- Novas tecnologias críticas para redução dos custos e aumento da produtividade
- Mudança de valores na indústria, com maior abertura ao diálogo e maior comprometimento ambiental e social
- Aumento da influência das ONGs, embora com perda de credibilidade
- Reestruturação das empresas, com melhoria das práticas exploratórias
- Mudanças de postura dos poderes públicos, valorizando-se as atividades minerais
- Aumento progressivo do valor da geodiversidade

**Mudanças Incertas**

- Flutuação dos preços das *commodities* minerais
- Novas descobertas mundiais capazes de afetar os preços das mercadorias
- Inovações tecnológicas
- Desbloqueio da mineração em áreas indígenas e outras com restrições

- Criação de novas áreas de conservação sobre depósitos minerais

- Mudanças na nova legislação mineral, ora em discussão

- Implantação de infraestrutura energética forte, apoiada na exploração do gás natural

- Melhoria do conhecimento geológico, como pré-condição para o aumento dos investimentos em exploração mineral e consequente surgimento de novas descobertas

- Implementação do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do estado do Amazonas

Associando-se a hierarquia dos atores sociais, e suas possíveis alianças, aos elementos condicionantes da realidade atual e àqueles que deverão surgir e influir no território, no período analisado (próximos 15 anos), cotejados com as mais prováveis ocorrências de incertezas críticas, chegou-se à elaboração do diagrama ou matriz morfológica dos cenários para os recursos minerais do estado do Amazonas (Quadro 14.1).

A análise exposta valoriza, primeiramente, o papel da governança como elemento capaz de ordenar adequadamente a ocupação do território, legislar sobre os processos produtivos e distribuir os benefícios do crescimento econômico. Em seguida, há de se enfatizar as políticas públicas que visem à implantação de uma adequada infraestrutura de transporte, educação e tecnologias, bem como de disponibilidade energética, capazes de permitir a verticalização e o adensamento das cadeias produtivas de origem mineral.

A adoção de tecnologias ambientalmente adequadas, tanto na exploração como na transformação mineral, aparece como o terceiro elemento da estruturação da sustentabilidade do setor.

Políticas públicas voltadas para a desconcentração populacional, hoje concentrada em Manaus, poderão ter nas atividades minerais um adequado suporte econômico, capaz de viabilizá-las economicamente.

Destaca-se a observância da educação ambiental como complemento indispensável à sustentabilidade das atividades minerais, uma vez que ela representa parte importante do capital humano, fundamental em atividades impactantes sobre o meio ambiente. Finalmente, alerta-se para a importância que o setor mineral deve atribuir à proteção dos mananciais hídricos, cuja contaminação representa os potenciais elementos de impacto negativo decorrentes de suas atividades.

**Uso e Ocupação do Meio Físico**

Com respeito aos impactos ambientais e à qualidade do meio físico, o diagnóstico e os prognósticos exigem um amplo espectro de considerações, na maioria das vezes específicas de cada região (estado) sob análise.

As variáveis concernentes a essa dimensão, para avaliação dos cenários, assim foram agrupadas:

**Atores**

- População urbana

**Quadro 14.1** - Matriz morfológica dos cenários para os recursos minerais do estado do Amazonas.

Incertezas Críticas	Hipóteses	
Flutuação no preço das commodities minerais	Elevação do preço por incremento de demanda ou exaustão de reservas.	Depressão do preço pelo aumento de oferta ou emprego de substitutivos.
Conhecimento geológico para novas descobertas de jazidas minerais	Direcionamento de inversões financeiras para aumentar os níveis de oferta com competitividade.	Estagnação do conhecimento com perda de atratividade para o minebusiness.
Inovações tecnológicas	As novas tecnologias e o aumento de produtividade serão críticos para redução de custos com crescente automação.	Estabelecimento de um retrocesso em pesquisa, desenvolvimento e investimento. Redução do ritmo ótimo de lavra com consequências econômicas e sociais.
Nova legislação mineral e desbloqueio da mineração em terras indígenas e unidades de conservação	Legislação moderna com atratividade para o minerador e vantagens para os superficiários, via royalties. Pressão contrária por parte dos atores ambientais e indigenistas.	Legislação moderna sem atratividade para o minerador e prejuízo para os superficiários. Tendência ambiental e indigenista para alargar e criar áreas restritivas.
Implantação de infraestrutura energética forte apoiada no gás natural	Moderado interesse decorrente do simples extrativismo para exportações de commodities in natura.	Forte pressão para oferta energética abundante e barata (gás) para provocar a verticalização mineral no estado.
Implementação do ZEE do estado do Amazonas	Independente das incertezas e das variáveis determinantes.	Independente das incertezas e das variáveis determinantes.
<b>Cenários</b>	<p><b>Surfando na Onda</b>                      O estado internalizará:                      1. Cultura mineral                      2. Maior dinâmica econômica                      3. Geração de emprego e renda                      4. Maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) nos municípios mineradores                      5. Tendência ao equilíbrio da balança comercial</p>	<p><b>Patinando no Gelo</b>                      O estado cristalizará:                      1. Economia dependente da Zona Franca de Manaus (ZFM)                      2. Renda e emprego na capital                      3. A atual linha de pobreza nas áreas rurais                      4. O déficit da sua atual balança comercial</p>

- Populações rurais
- Ribeirinhos
- Indígenas
- Agropecuaristas
- Indústrias de transformação
- Cooperativas de extrativistas
- Garimpeiros
- Madeireiros
- Lideranças religiosas
- Militares

**Elementos Estruturantes**

- Insuficiência de capital humano (educação, cultura e domínio de tecnologias)
  - Cadeias produtivas não abrangem grandes contingentes populacionais, que habitam nas periferias excluídas dos benefícios do crescimento econômico
  - Insuficiência de infraestrutura urbana, destacando-se o abastecimento hídrico e o saneamento básico
  - Processo de intensa urbanização de populações, sem a adequada educação com respeito ao novo tipo de ambiente
  - No interior, populações rurais rarefeitas dispersam-se sobre um grande território
  - Mobilidade populacional, com entrada e saída de pessoas de outras regiões do país e do exterior

- Arcabouço jurídico-institucional frágil

**Elementos Constantes**

- Abundância de recursos hídricos para abastecimento e dispersão de poluentes
- Concentração urbana
- Elevados custos do tratamento das águas fluviais (águas negras)
- Incapacidade de o estado atender às carências sociais, segundo os modelos clássicos vigentes

**Mudanças Predeterminadas**

- Crescimento vegetativo da população
- Aumento das demandas por melhores condições de vida

**Mudanças Incertas (Incertezas Críticas)**

- Melhoria da governança
  - Melhoria da infraestrutura
  - Taxas de imigração e emigração
  - Incorporação de novas tecnologias, ambientalmente favoráveis: economia de carbono e contaminação minimizada
  - Implementação de programas de educação ambiental
  - Políticas de conservação dos recursos hídricos
- As discussões realizadas, conjugando-se os diversos elementos supramencionados, permitiram a elaboração da matriz morfológica dos cenários para o uso e ocupação do meio físico do estado do Amazonas (Quadro 14.2).

**Quadro 14.2** - Matriz morfológica dos cenários para uso e ocupação do meio físico do estado do Amazonas.

Incertezas Críticas	Hipóteses		
	Melhorias Possíveis	Melhorias Modestas	Sem Melhorias
Governança	Elevada	Modesta	Estagnada
Infraestrutura	Estruturada	Melhorias modestas	Estagnada
Inovação tecnológica	Grande	Mediana	Pequena
Migração para Manaus	Limitada	Moderada	Crescente
Educação ambiental	Priorizada	Modesta	Fraca
Conservação dos recursos hídricos	Políticas públicas fortes	Políticas públicas somente regulares	Sem políticas públicas
<b>Cenários Possíveis</b>	<b>A:</b> Decolando para um futuro desejável por meio de sensíveis mudanças (cena) atuais	<b>B:</b> Perda de oportunidade: transformações insuficientes	<b>C:</b> Insustentabilidade: Perdas das ainda existentes vantagens comparativas.

## ANÁLISE MULTIDIMENSIONAL INTEGRADA

A análise de todas as dimensões expostas valoriza, sobremaneira, o papel da governança como elemento capaz de ordenar adequadamente a ocupação do território, organizar os processos produtivos, proteger os ecossistemas, especialmente as águas, e distribuir os benefícios do crescimento econômico.

Por outro lado, a análise permitiu que se visualizassem as principais incertezas sobre os acontecimentos futuros, ou seja, as incertezas críticas que poderão afetar a evolução dos sucessivos cenários, segundo uma ordenação lógica.

Desse modo, propõem-se políticas públicas centradas não somente na visão dos futuros desejados e mais prováveis, como também que atendam aos possíveis percalços e oportunidades que, embora ainda não revelados, poderão configurar obstáculos ou oportunidades que não podem ser negligenciadas.

Estabeleceram-se, por conseguinte, as incertezas e as prioridades/opções de alvo para as políticas públicas, segundo uma ordem lógica, visando a um futuro desejável ou “utopia possível”.

**Primeira Incerteza Crítica:** Haverá melhoria na governabilidade? Em que grau? Conceitua-se governabilidade, no caso, como a capacidade de sociedade que ocupa o território analisado prever, planejar e implantar políticas públicas.

**Segunda Incerteza Crítica:** Os modelos econômicos, em nível mundial, nacional e local, sofrerão mudanças? Em que grau? Entende-se como modelo econômico o perfil qualitativo das demandas por bens primários e transformados e seus quantitativos.

**Terceira Incerteza Crítica:** Como se comportará o atual movimento migratório (crescimento populacional) para a Região Norte e o estado do Amazonas, em particular? De que forma se comportará a atual tendência do aumento da urbanização?

### Quarta Incerteza Crítica (Mudanças Climáticas):

Até que ponto as políticas ambientais em prol da redução do aquecimento global, em nível internacional e nacional, evoluirão no futuro próximo, afetando o modelo de desenvolvimento da Amazônia?

**Quinta Incerteza Crítica:** Como será a demanda de recursos *latu sensu* da geodiversidade (recursos minerais, águas, espaço etc.) nos possíveis cenários alternativos?

À exceção da primeira, as demais incertezas críticas provêm de ordem externa e, portanto, situam-se fora da governabilidade local. Além disso, deve-se levar em consideração, em nível local, o comportamento de diversas variáveis mencionadas no âmbito da presente cenarização (20-25 anos), tais como:

- Melhorias tecnológicas (possíveis)
- Melhoria no grau de educação ambiental
- Mudanças na legislação ambiental, tornando-a mais coerente com a realidade regional
- Verticalização das cadeias produtivas

Deve-se ter em mente que, embora essas variáveis se situem no âmbito da governabilidade, existe uma limitação do seu alcance, haja vista o horizonte de tempo analisado. O que parece ser tendencial, até o momento, é o seguinte:

- Algumas melhorias, não profundas, na governabilidade até o final do período analisado.
- Aumento constante da pressão sobre os recursos da geodiversidade, em função da demanda mundial e nacional e de sua disponibilidade na região, o que vai de encontro à sustentabilidade ambiental, mas que será provavelmente contrabalançado pelas melhorias no campo da educação e cultura, legislação e adoção de melhores tecnologias.
- Melhoria moderada nos campos da educação ambiental e na cultura empresarial até o final do período cenarizado.
- Melhoria sensível da atual legislação ambiental no prazo de 5-10 anos.
- Progressiva melhoria das tecnologias empregadas nos processos econômicos.

- Progressiva verticalização das cadeias produtivas durante o período analisado.

- O aumento da população, associado às tendências de aquecimento global, deverá acarretar um incremento nos desastres naturais (enchentes, sobretudo), o que somente poderá se contrabalançar por um programa de planejamento do uso do território com base em estudos da geodiversidade de detalhe em áreas críticas (expansão e consolidação).

É pouco provável que o país venha a prescindir da apropriação dos importantes recursos da geodiversidade revelados nas últimas décadas e, portanto, faz-se mister um grande esforço de planejamento e adoção de políticas públicas em prol da sustentabilidade.

É necessário que a sociedade local amplie seu poder de responder, dentre outros, aos desafios aqui analisados, aperfeiçoando sua capacidade de planejar, bem decidir e implantar projetos voltados ao desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, as técnicas aqui utilizadas poderão se constituir em ferramenta poderosa.

## RECOMENDAÇÕES

Do ponto de vista dos recursos minerais, o estado do Amazonas apresenta um elevado potencial, o que permite prever que o seu desenvolvimento social e econômico passe pelo aproveitamento desses recursos, não obstante o estado esteja na dependência da adoção de uma série de providências que permitam que tal aproveitamento dê origem a novos eixos de desenvolvimento econômico-social.

Por sua dimensão e características estratégicas, destacam-se os depósitos de alumínio e caulim, cuja correta exploração poderá diversificar o polo industrial de Manaus e viabilizar novos polos econômicos e de alocação populacional do estado, hoje perigosamente concentrada em torno da capital.

A diversidade de recursos minerais, sobremaneira quanto às mineralizações de nióbio, tântalo e elementos terras-raras, associadas a complexos de rochas alcalinas, poderá representar uma vantagem comparativa em face do surgimento de novas tecnologias que visam a romper com os paradigmas de consumo de combustíveis fósseis.

Por seu turno, a ambiência geológica favorável para petróleo e gás, no eixo dos rios Solimões e Amazonas, revela-se de grande importância estratégica para a matriz energética do estado, com realce para a comprovada potencialidade geológica para jazimentos de gás e à alta qualidade do petróleo que o acompanha.

Do ponto de vista ambiental, as águas superficiais representam outro extraordinário recurso natural a ser sustentavelmente explorado, com enfoque no transporte de baixo custo e impacto e nos serviços ambientais e ecológicos. Para atender à Região Metropolitana de Manaus, as águas subterrâneas contidas nas bacias sedimentares se revestem

de grande valor econômico para o abastecimento humano, demandando urgentes providências para sua conservação.

Há de se considerar, ainda, a importância que a preservação dos ecossistemas amazônicos representa para a manutenção da estabilidade climática do restante do país, sobretudo para as regiões Centro-Oeste e Sudeste.

Quanto ao uso do território, em concordância com uma análise global feita pela International Union of Geological Sciences (IUGS), há de se ressaltar:

- Uma porção substancial da população reside em áreas com significativo risco de ocorrência de desastres naturais (destacando-se, no caso do Amazonas, as cheias).

- A cultura mundial e nacional dominante empreende um foco muito maior às consequências dos desastres naturais ao invés de atacar suas causas, com prevenções e mitigações, o que repercute na multiplicação dos custos. A propósito, a CPRM/SGB desenvolveu no estado do Amazonas um programa de monitoramento de cheias; mas, com o progressivo aumento da população do estado e a ampliação das atividades econômicas, esse programa necessitará de ampliação e aprimoramento.

- A pouca educação e conhecimento das questões ambientais do ponto de vista dos desastres naturais impedem a sua prevenção, exacerbando suas perdas humanas e econômicas quando eles inevitavelmente ocorrem.

Para redução das incertezas sobre a ocorrência de desastres naturais, sobremaneira para sua prevenção e mitigação, recomenda-se que se implementem projetos envolvendo profissionais com amplo conhecimento dos processos geológicos que dão origem a desastres nas regiões de risco.

## REFERÊNCIAS

GODET, M. **Manuel de prospective stratégique**: une indisciplinée intellectuelle. Paris: Dunod, 1997. v. 1.

GODET, M. **Prospective et planification stratégique**. Paris: CPE, 1985.

PORTO, C.; BUARQUE, S. C. (Org.). **Macrocenários mundiais, nacionais e do Mercosul**: horizonte 2020. Rio de Janeiro: Macroplan, 1997.

PORTO, C.; BUARQUE, S. C. **Construção de cenários e prospecção de futuros**. Recife: Litteris, 1991.

SCHARTZ, P. **The art of long view**: planning for the future in an uncertain world. USA: Currency Doubleday, 1996.

VENTURIERI, Adriano; MARQUES, Valter José; DEL PRETTE, Marcos Estevan (Ed.). **Cenários 2020 para a área de influência da BR-163**. Projeto Zoneamento Ecológico-Econômico da BR-163. Ministério da Integração/Agência de Desenvolvimento da Amazônia. Belém: Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 67 p.

# **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.	<b>DCE</b>	Dunas fixas – Material arenoso fixado pela vegetação.	<b>DCEf</b>
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS SEMICONSOLIDADOS FLUVIAIS.	<b>DCF</b>	Depósitos fluviais antigos – Intercalações de níveis arenosos, argilosos, siltsos e cascalhos semiconsolidados. Ex.: Formação Pariquera-Açu.	<b>DCFa</b>
DOMÍNIO DAS COBERTURAS CENOZOICAS DETRITO-LATERÍTICAS.	<b>DCDL</b>	Depósitos detrito-lateríticos – Provenientes de processos de lateritização em rochas de composições diversas sem a presença de crosta.	<b>DCDL</b>
		Horizonte laterítico <i>in situ</i> – Proveniente de processos de lateritização em rochas de composições diversas formando crosta. Ex.: Crostas ferruginosas.	<b>DCDLi</b>
DOMÍNIO DAS COBERTURAS CENOZOICAS DETRITO-CARBONÁTICAS.	<b>DCDC</b>	Depósitos detrito-carbonáticos – Provenientes de processos de lateritização em rochas carbonáticas. Ex.: Formação Caatinga.	<b>DCDC</b>
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS E MESOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A PEQUENAS BACIAS CONTINENTAIS DO TIPO <i>RIFT</i> .	<b>DCMR</b>	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.	<b>DCMRa</b>
		Predomínio dos sedimentos siltico-argilosos.	<b>DCMRsa</b>
		Calcários com intercalações siltico-argilas. Ex.: Formação Tremembé.	<b>DCMRcsa</b>
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A TABULEIROS.	<b>DCT</b>	Alternância irregular entre camadas de sedimentos de composição diversa (arenito, siltito, argilito e cascalho). Ex.: Formação Barreiras.	<b>DCT</b>
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS E MESOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A PROFUNDAS E EXTENSAS BACIAS CONTINENTAIS.	<b>DCM</b>	Predomínio de sedimentos arenoargilosos e/ou siltico-argilosos de deposição continental lacustrina deltaica, ocasionalmente com presença de linhito. Ex.: Formação Solimões.	<b>DCMld</b>
		Predomínio de sedimentos arenosos de deposição continental, lacustre, fluvial ou eólica – arenitos. Ex.: Formação Uruçuia.	<b>DCMa</b>
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES MESOZOICAS CLASTOCARBONÁTICAS CONSOLIDADAS EM BACIAS DE MARGENS CONTINENTAIS ( <i>RIFT</i> ).	<b>DSM</b>	Predomínio de calcário e sedimentos siltico-argilosos.	<b>DSMc</b>
		Predomínio de sedimentos quartzoarenosos e conglomeráticos, com intercalações de sedimentos siltico-argilosos e/ou calcíferos.	<b>DSMqcg</b>
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos, com alternância de sedimentos arenosos e conglomeráticos.	<b>DSMsa</b>

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 ( <i>RIFT</i> ).	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-argilas.	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 Utariti.	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 TERCÁRIO, 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
<p>DOMÍNIO DOS COMPLEXOS ALCALINOS INTRUSIVOS E EXTRUSIVOS, DIFERENCIADOS DO TERCIÁRIO, MESOZOICO E PROTEROZOICO.</p> <p>Ex.: Alcalinas do Lineamento de Cabo Frio, Lajes.</p>	<b>DCA</b>	Gabro, anortosito, carbonatito, dique de lamprófito.	<b>DCAganc</b>
<p>DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES E VULCANOSSEDIMENTARES DO EOPALEOZOICO, ASSOCIADAS A <i>RIFTS</i>, NÃO OU POUCO DEFORMADAS E METAMORFIZADAS.</p> <p>Ex.: Grupo Camaquã, Fm. Campo Alegre</p>	<b>DSVE</b>	Predomínio de rochas sedimentares.	<b>DSVEs</b>
		Sequência vulcanossedimentar.	<b>DSVEvs</b>
		Predomínio de vulcânicas.	<b>DSVEv</b>
<p>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.</p> <p>Ex.: Fms. Palmeiral, Aguapeí, Dardanelos, Prosperança, Ricardo Franco, Roraima, Beneficente, Jacadigo e Cuiabá.</p>	<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>
<p>DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS.</p> <p>Ex.: Fms. Uatumã, Uailã e Iri.</p>	<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 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 metarenitos feldspáticos.	DSP2sag
		Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos, metacalcários, calcossilicáticas e xistos calcíferos.	DSP2mcx
		Predomínio de metacalcários, com intercalações subordinadas de metassedimentos siltico-argilosos e arenosos.	DSP2mcsaa
		Predomínio de sedimentos siltico-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 siltico-argilosos, representados por xistos.	DSVP2x
		Predomínio de rochas metacalcárias, com intercalações de finas camadas de metassedimentos siltico-argilosos.	DSVP2csa
		Metacherts, metavulcânicas, formações ferríferas e/ou formações manganésíferas, metacalcários, metassedimentos arenosos e siltico-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.	DCMUmg
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).

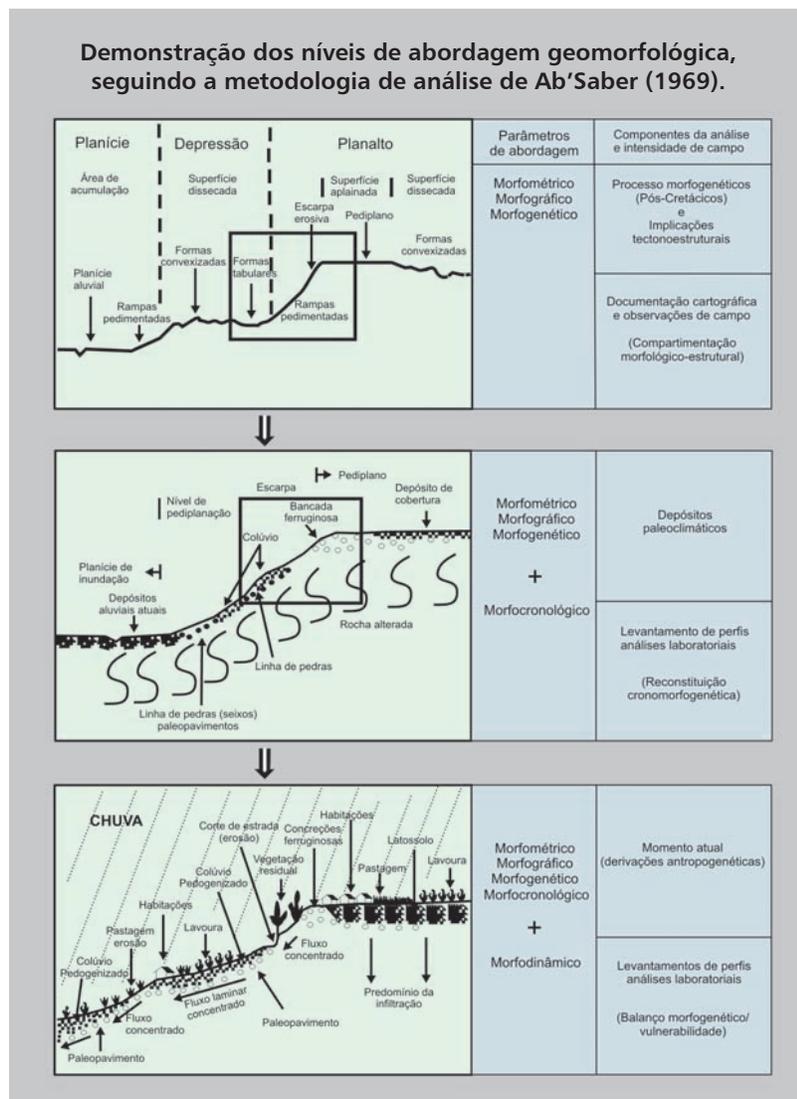
A **compartimentação morfológica dos terrenos** é obtida a partir da avaliação empírica dos diversos conjuntos de formas e padrões de relevo posicionados em diferentes níveis topográficos, por meio de observações de campo e análise de sensores remotos (fotografias aéreas, imagens de satélite e Modelo 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-



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 Fluviolacustres (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

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.

This block contains two images. The top image is a grayscale topographic map showing a river valley with a label 'R1a'. The bottom image is a color topographic map of the same area, with the river valley highlighted in blue and labeled 'R1a' in red. Below the maps is a caption: 'R1a – Médio vale do rio Juruá (sudeste do estado do Amazonas).'

**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.

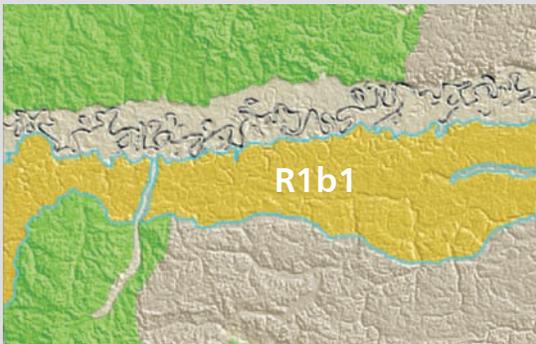
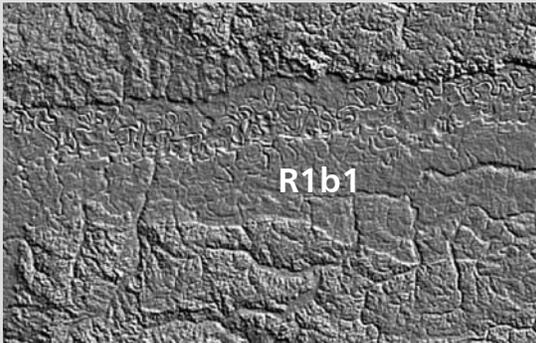
---

Amplitude de relevo: 2 a 20 m.

---

Inclinação das vertentes: 0°-3° (localmente, ressaltam-se rebordos abruptos no contato com a planície fluvial).

---



R1b1 – Médio vale do rio Juruá (sudeste do estado do Amazonas).



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.

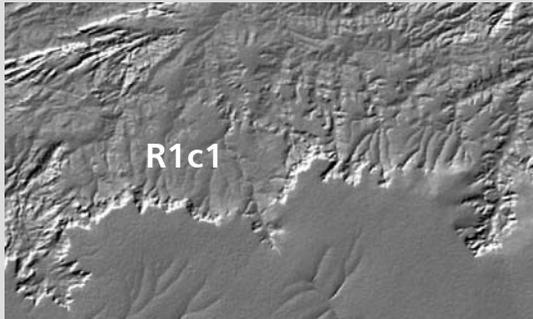
---

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).

---

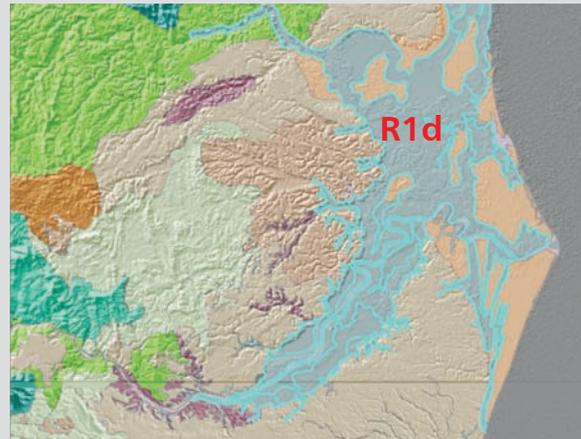
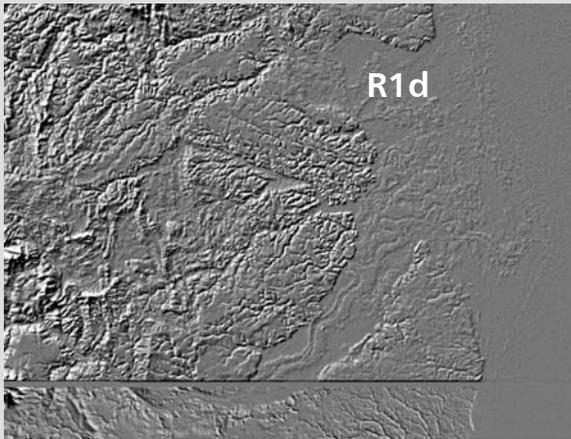
## R1d – Planícies Fluviomarinhas (mangues e brejos)

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 espriam 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).



R1d – Planície fluvio-marinha do baixo curso do rio Cunhaú, originalmente ocupado por mangues e atualmente desfigurado para implantação de tanques de carcinicultura (litoral sul-oriental do estado do Rio Grande do Norte).

de marés; ou resultantes da colmatação 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.

---



---

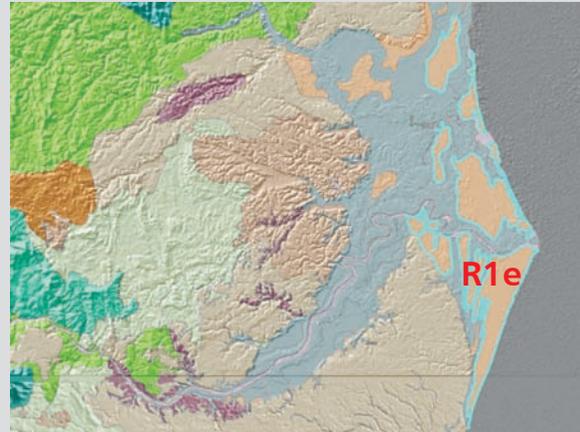
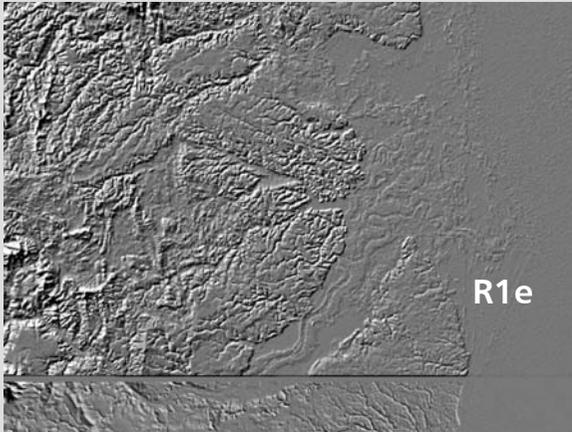
Inclinação das vertentes: 0°-5°.

---

### R1f1 – Campos de Dunas (dunas fixas; dunas móveis)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual ou subatual.

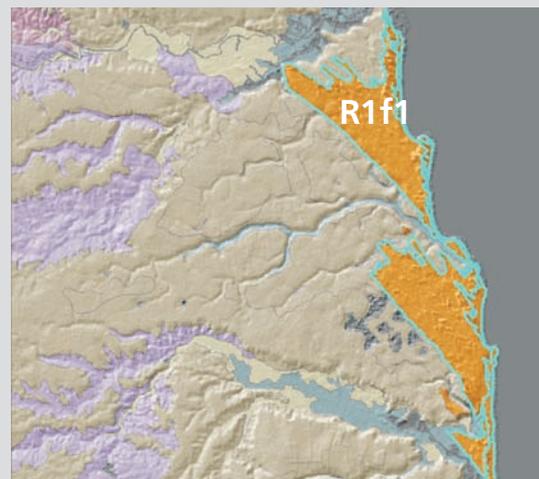
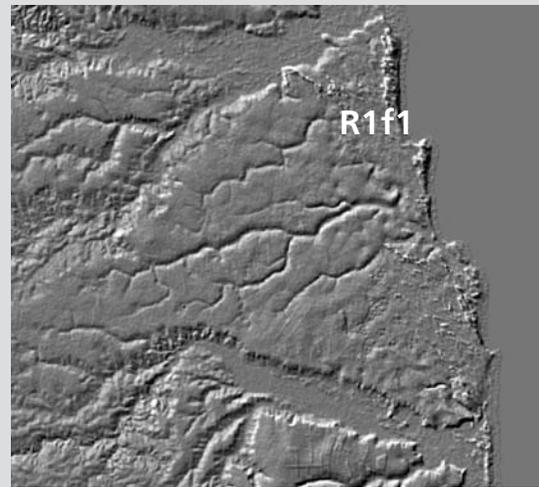
Superfícies de relevo ondulado constituído de depósitos arenoquartzosos, bem selecionados, depositados por ação eólica longitudinalmente à linha de costa. Por vezes, encontram-se desprovidos de vegetação e apresentam expressiva mobilidade (dunas móveis); ora encontram-se recobertos por vegetação pioneira (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.

---

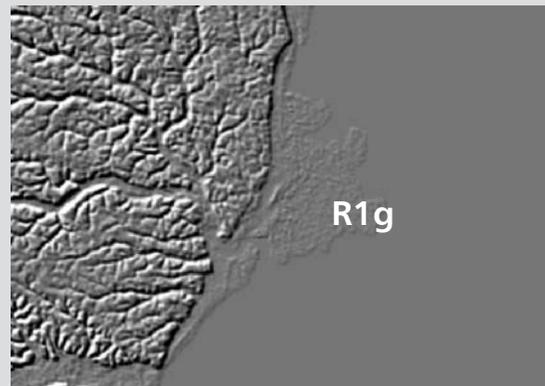
Inclinação das vertentes: 0°-5°.

---

### 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 Cabrália (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°).

---

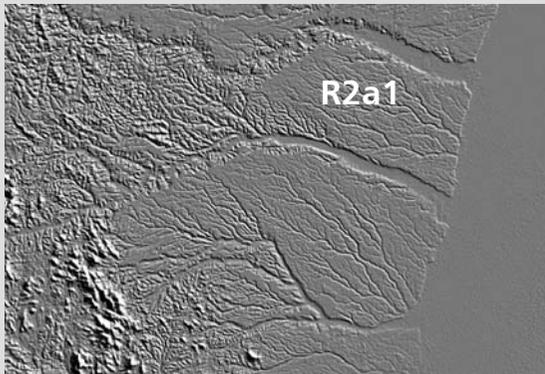
## II – DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS SEDIMENTARES POUCO LITIFICADAS

### 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).

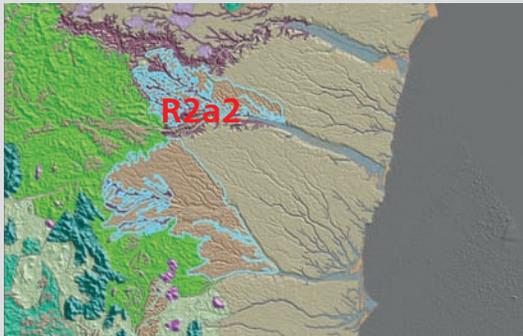
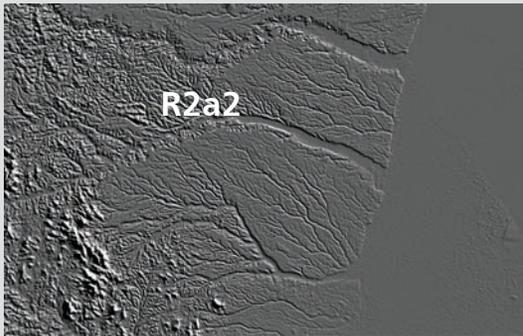
---

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.

---

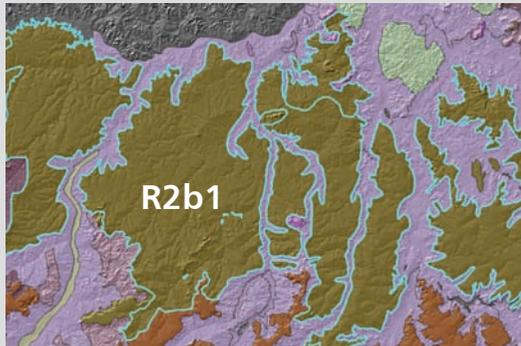
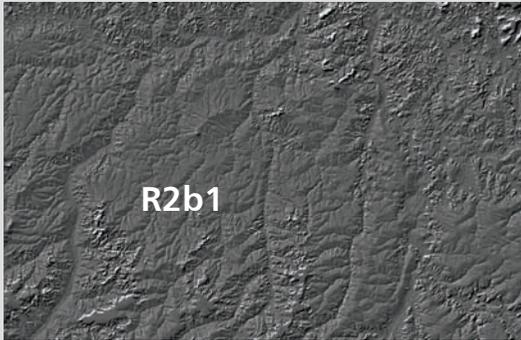
Inclinação das vertentes: topo plano a suavemente ondulado: 2°-5°.

---

#### 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 – Centro-sul do estado do Piauí.



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 – Interflúvio entre os rios Uatumã e Nhamundá (nordeste do estado do Amazonas).



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).

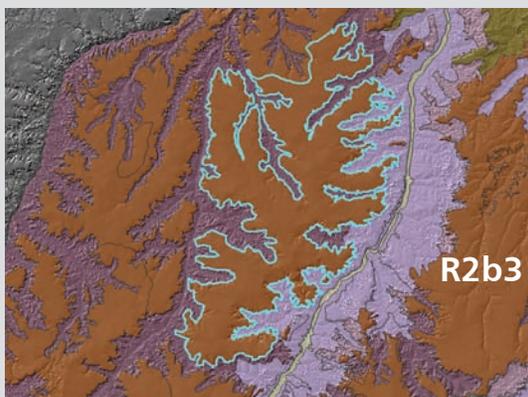
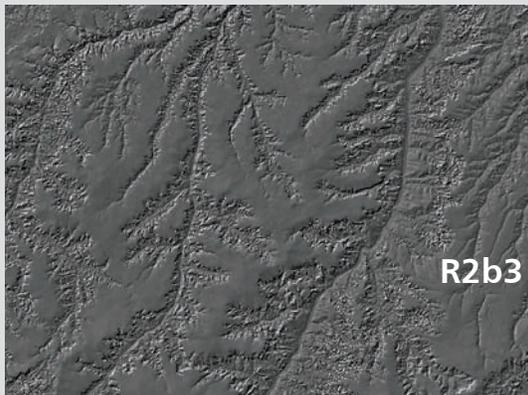
---

Amplitude de relevo: 20 a 50 m.

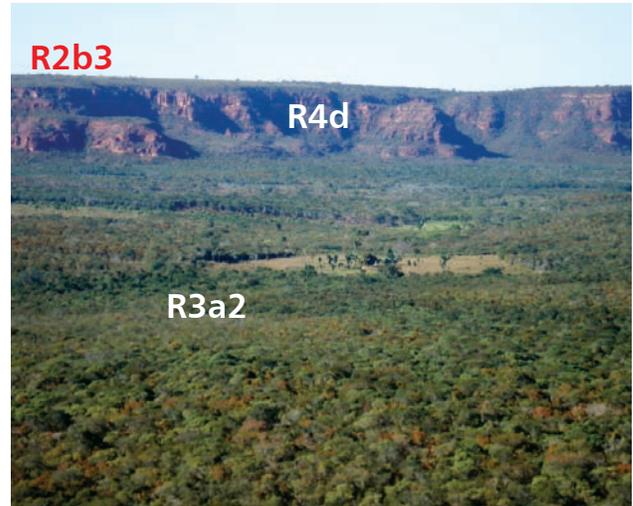
---

Inclinação das vertentes: topo plano a suavemente ondulado: 2°-5°, excetuando-se os eixos dos vales fluviais.

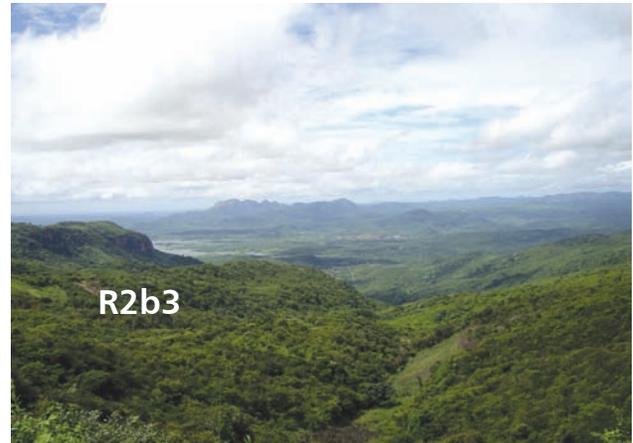
---



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. Frequentemente atuação de processos de laterização. Ocorrências

esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

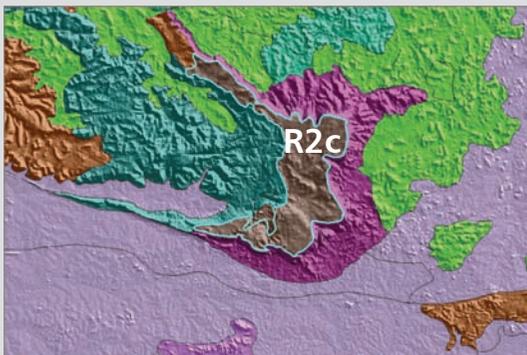
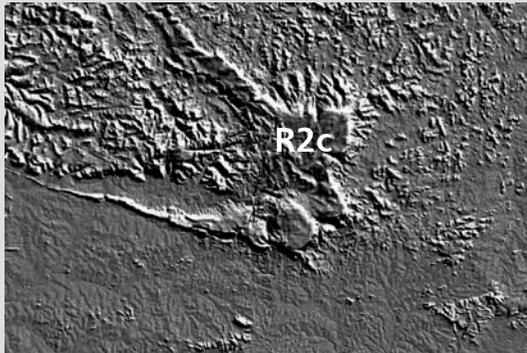
---

Amplitude de relevo: 0 a 20 m.

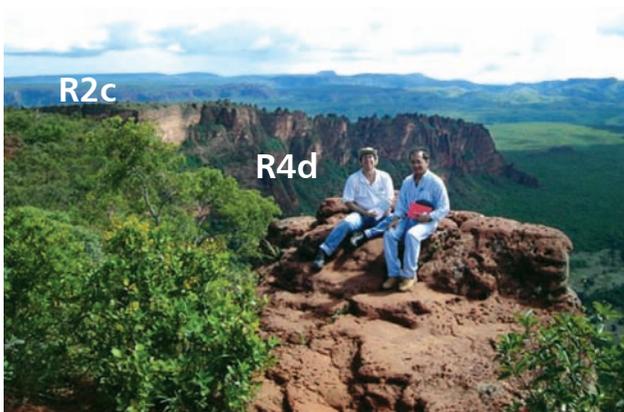
---

Inclinação das vertentes: topo plano, excetuando-se os eixos dos vales fluviais.

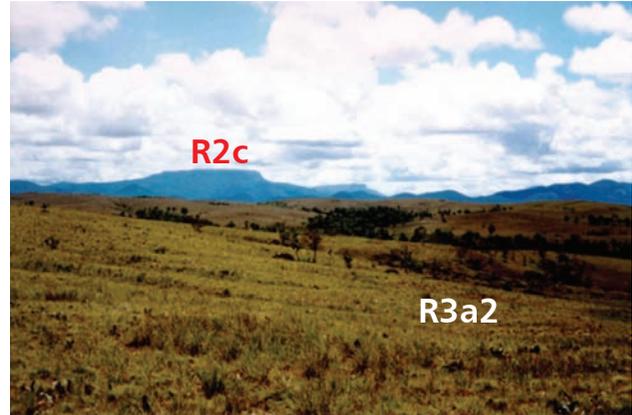
---



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°.

---

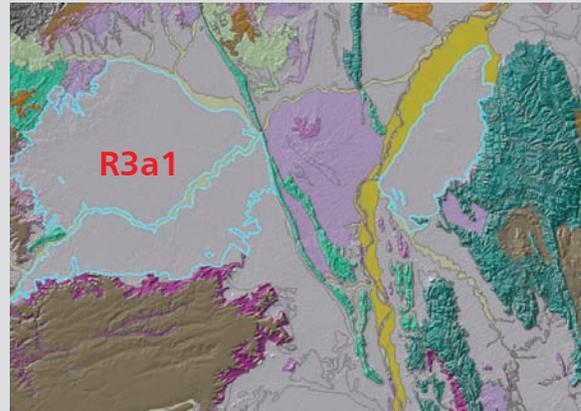
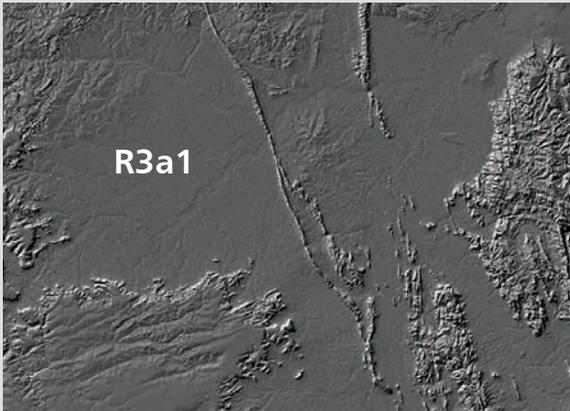
No bioma da floresta amazônica: franco predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização.

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).

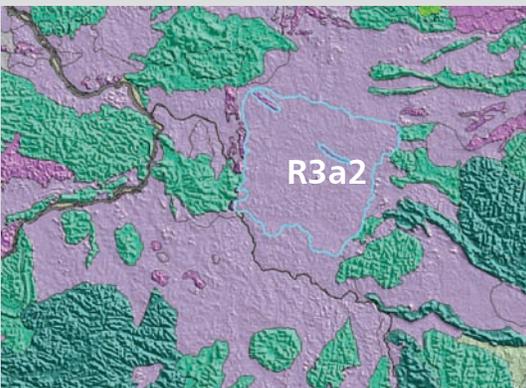
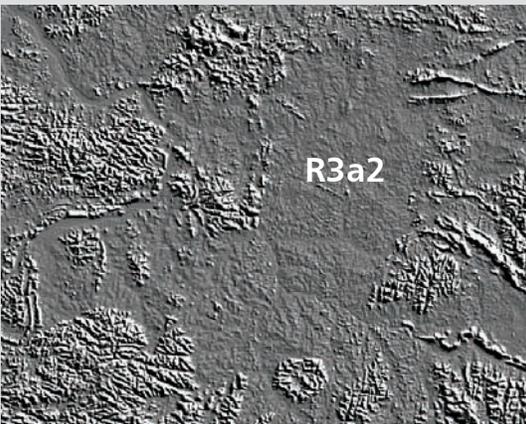
Amplitude de relevo: 10 a 30 m.

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°).

---



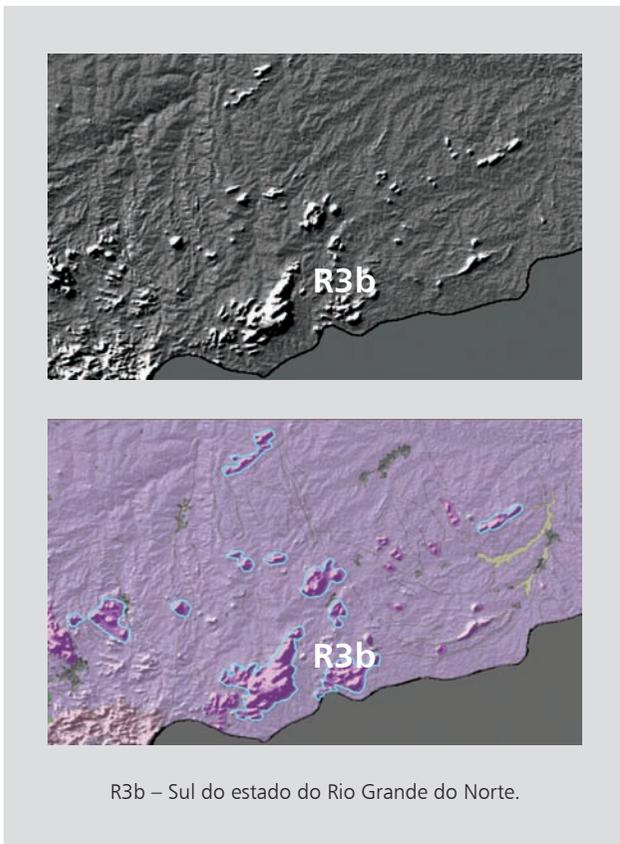
R3b – Neck vulcânico do pico do Cabugi (estado do Rio Grande do Norte).

**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.

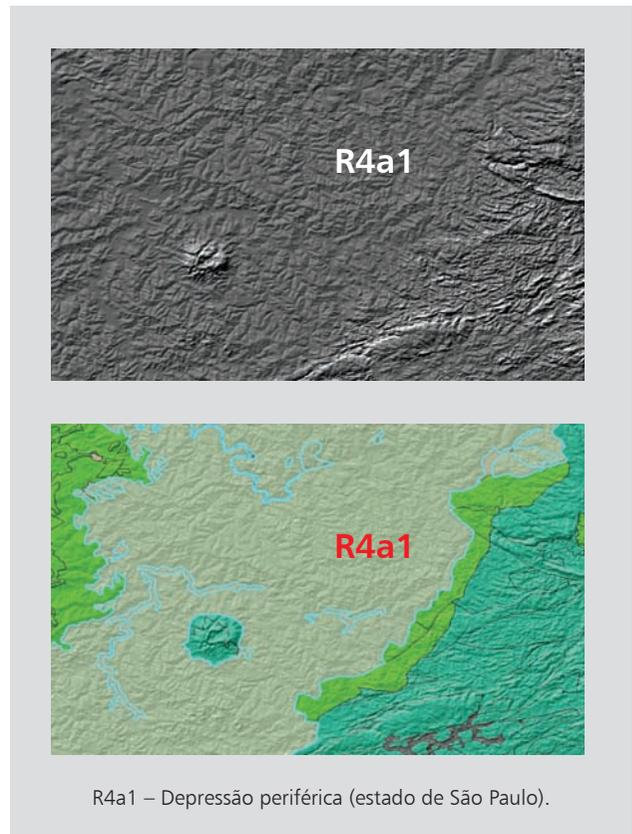
Relevo de colinas pouco dissecadas, com vertentes convexas e topos amplos, de morfologia tabular ou alongada. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais relativamente amplas.



R3b – Sul do estado do Rio Grande do Norte.



R3b – Agrupamentos de *inselbergs* alinhados em cristas de rochas quartzíticas delineadas em zona de cisalhamento (estrada Senhor do Bonfim-Juazeiro, estado da Bahia).



R4a1 – Depressão periférica (estado de São Paulo).



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.

---

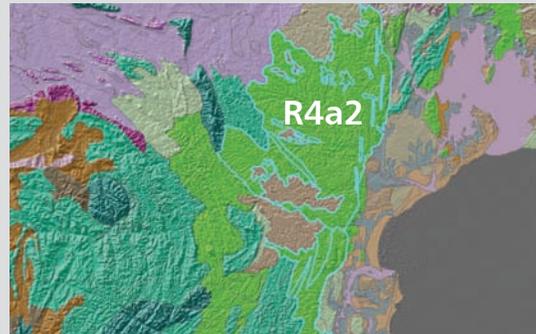
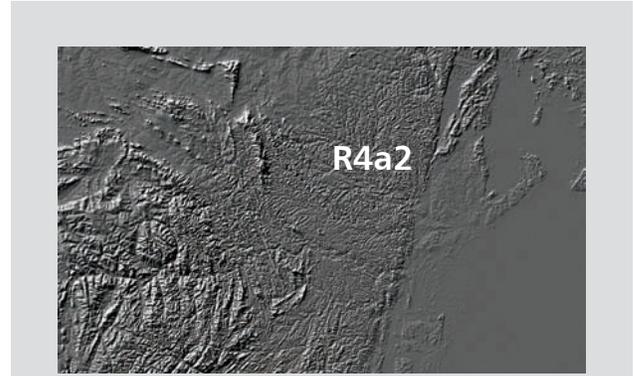
Inclinação das vertentes: 3°-10°.

---

### 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.

---

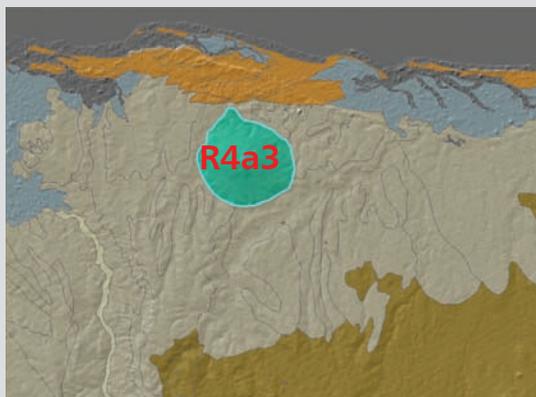
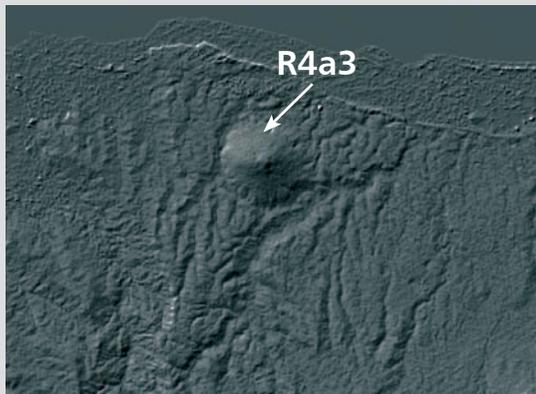
Inclinação das vertentes: 5°-20°.

---

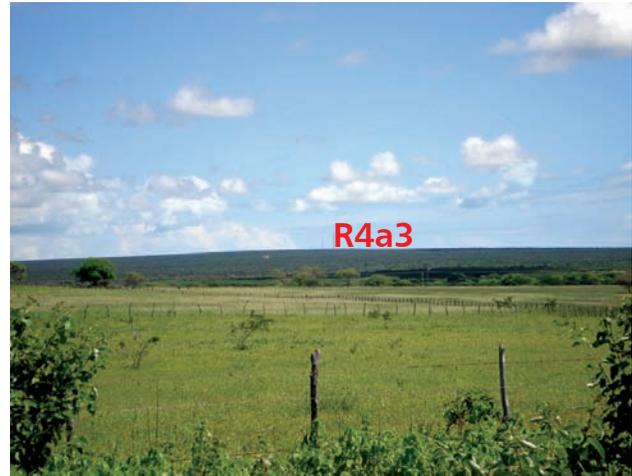
### R4a3 – Domos em estrutura elevada

#### 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.

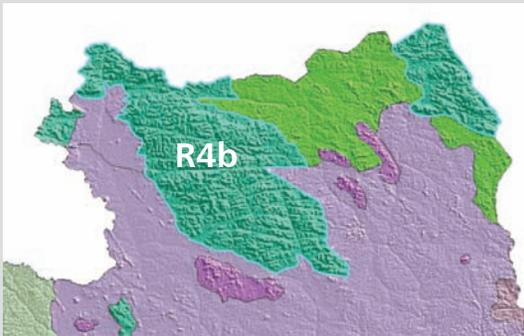
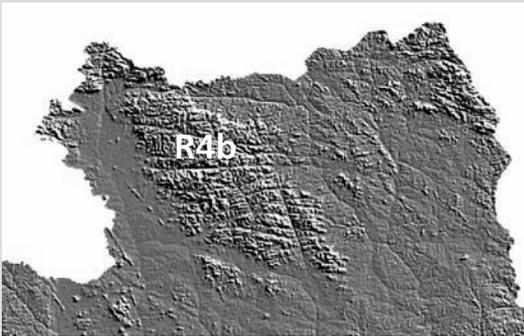
---

Amplitude de relevo: 80 a 200 m, podendo apresentar desnivelamentos de até 300 m.

---

Inclinação das vertentes: 15°-35°.

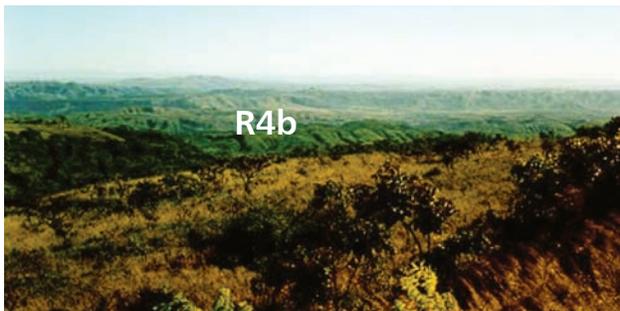
---



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 cuevas 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.

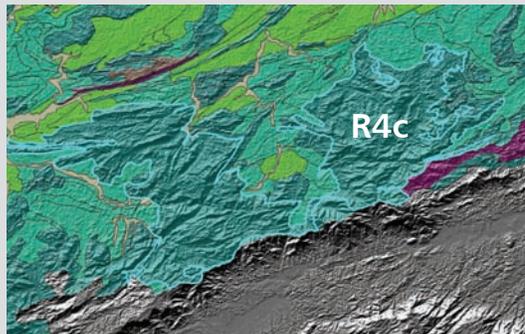
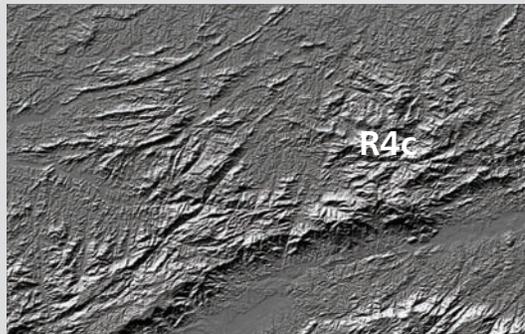
---



---

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 – 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.

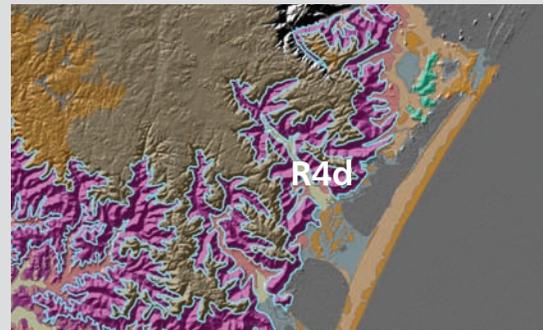
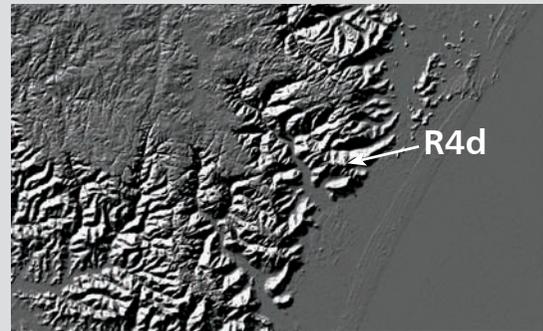
---

Amplitude de relevo: acima de 300 m.

---

Inclinação das vertentes: 25°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60°-90°).

---



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).

## 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°).

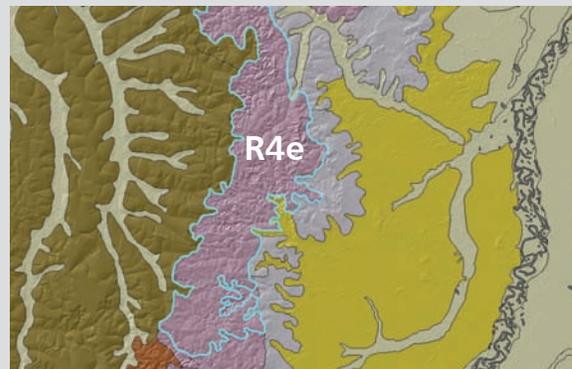
---

## 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.



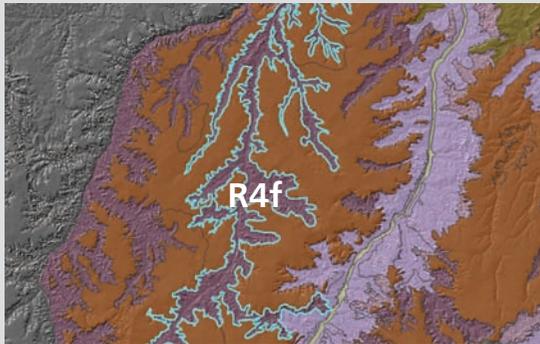
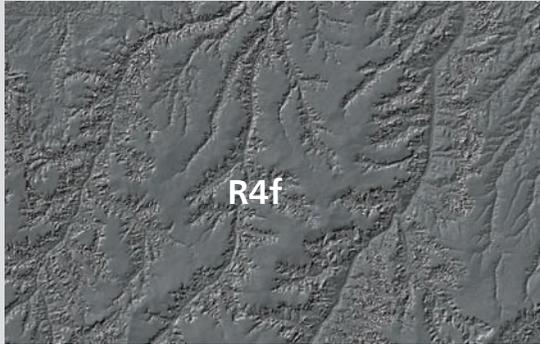
R4e – Degrau escarpado da serra do Roncador (leste do estado de Mato Grosso).



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).

# APÊNDICE **III**

## **DESCRIÇÃO DOS PERFIS DE SOLO**



## DESCRIÇÃO DE UM PERFIL DE ARGISSOLO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR	Podzólico Amarelo Distrófico típico
UNIDADE DE MAPEAMENTO	PAd
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS	Assentamento Canoas, ramal principal, município de Presidente Figueiredo, estado do Amazonas – 1° 48'48,9" S e 60° 11'44,8" WGr
SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL	Topo de encosta
ALTITUDE	84 m
LITOLOGIA	Gnaiss, Escudo Guianas/Gnaiss
FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Grupo Trombetas
CRONOLOGIA	Terciário
MATERIAL ORIGINÁRIO	Produto de alteração do material supracitado
PEDREGOSIDADE	Não-pedregoso
ROCHOSIDADE	Não-rochoso
RELEVO LOCAL	Ondulado
RELEVO REGIONAL	Ondulado a forte ondulado
EROSÃO	Laminar ligeira
DRENAGEM	Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA	Floresta equatorial subperenifólia
USO ATUAL	Capoeira
CLIMA	Af, da classificação de Köppen
DESCRITO E COLETADO POR	Wenceslau Geraldes Teixeira, Gilvan Coimbra Martins, Rodrigo Santana Macedo e Jeferson Vasconcelos Macedo
FONTE	TEIXEIRA, W. G.; MACEDO, J. V. Relatório sobre a caracterização dos solos do projeto Assentamento Canoas (município de Presidente Figueiredo, AM). Manaus: Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado do Amazonas, 2004. [no prelo]

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

<b>A</b>	0-10 cm, vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido); argilosa; fraca, pequena e média; blocos angulares; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e ondulada.
<b>AB</b>	10-40 cm, vermelho (2,5YR 5/8, úmido); argilosa; fraca, pequena e média; blocos angulares; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e ondulada.
<b>BA</b>	40-82 cm, vermelho (2,5YR 4/8, úmido); argilosa; fraca; grandes blocos angulares; cerosidade comum e forte; friável, plástica e pegajosa; transição difusa e ondulada.
<b>Bt1</b>	82-200 cm+, vermelho (10R 4/8, úmido); argilosa; fraca; grandes blocos angulares; comum e forte; friável, plástica e pegajosa; transição difusa e ondulada.
<b>Raízes</b>	Comuns, médias e finas no A1; raras, médias e finas no AB; poucas, médias e finas no BA; poucas e finas no Bt1.
<b>Obs.:</b>	Poros abundantes e pequenos no A.

## RESULTADOS ANALÍTICOS

PERFIL OU AMOSTRA EXTRA Nº: PC4											
Horizontes		Frações da Amostra Total (g kg <sup>-1</sup> )			Granulometria da Terra Fina (g kg <sup>-1</sup> )					Grau de Floculação (%)	Silte/Argila
Símb.	Profundidade (cm)	Ca-lhaus >20mm	Cascalhos 20 – 2mm	T F S A <2mm	Areia Grossa 2 – 0,2 mm	Areia Fina 0,2 – 0,05mm	Silte 0,05 – 0,002mm	Argila <0,002 mm	Argila Natural		
A	0-10				213	37	330	420	338	20	0,79
AB	10-40				118	21	293	568	87	85	0,52
BA	40-82				90	12	323	576	4	99	0,56
Bt1	82-200+				53	13	495	440	0	100	1,13

Umidade (g kg <sup>-1</sup> )			Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )		Porosidade cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup>	pH (1: 2,5)		C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	Relação C/N
Horizonte	0,01 Mpa	0,033 Mpa	1,5 Mpa	Solo		Partícula	H <sub>2</sub> O				
A						3,93	3,96	14,1		24,21	
AB						4,26	4,14	7,0		12,04	
BA						4,88	4,31	3,9		6,64	
Bt1						5,11	4,40	3,7		6,37	

Bases Trocáveis (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )					Soma de Bases (S) (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Acidez Extraível (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Valor T (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Saturação por bases (V%) $\frac{100 \cdot S}{T}$	Saturação por Alumínio (m%) $\frac{100 \cdot Al^{+3}}{Al^{+3} + S}$	Saturação por Sódio (Na%) $\frac{100 \cdot Na}{T}$	Equivalente CaCO <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )
Horizonte.	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>		H <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>					
A	0,17	0,29	57	3		2,75	6,86	9				
AB	0,05	0,07	38	2		2,82	5,18	4				
BA	0,05	0,06	15	1		2,06	4,12	4				
Bt1	0,05	0,05	23	1		2,18	3,23	5				

Ataque por H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g kg <sup>-1</sup> )						Relações Moleculares			Ferro Livre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	P Assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )	
Horizonte.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Ki	Kr			$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$
A											1
AB											1
BA											1
Bt1											0

Pasta Saturada										Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )						
Horizonte.	C.E do Extrato (mS cm <sup>-1</sup> )	H <sub>2</sub> O	Íons do Extrato de Saturação (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )							B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>							
A																
AB																
BA																
Bt1																

## DESCRIÇÃO DE UM PERFIL DE LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO

<b>CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR</b>	Latossolo Amarelo Distrófico
<b>UNIDADE DE MAPEAMENTO</b>	LAd
<b>LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS</b>	Km 10,5 da Rodovia AM-010 – Cacau Pirêra-Manacapuru, lado direito, a 100 m da margem – dados de coordenada GPS não-disponíveis
<b>SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL</b>	Perfil de trincheira descrito sob mata natural
<b>ALTITUDE</b>	25 m
<b>LITOLOGIA</b>	Sedimentos caulínticos
<b>FORMAÇÃO GEOLÓGICA</b>	Formação Alter do Chão (classificado originalmente como Formação Barreiras)
<b>CRONOLOGIA</b>	Terciário
<b>MATERIAL ORIGINÁRIO</b>	Produto de alteração do material supracitado
<b>PEDREGOSIDADE</b>	Não-pedregoso
<b>ROCHOSIDADE</b>	Não-rochoso
<b>RELEVO LOCAL</b>	Ondulado
<b>RELEVO REGIONAL</b>	Suavemente ondulado e plano
<b>EROSÃO</b>	Não-aparente
<b>DRENAGEM</b>	Bem drenado
<b>VEGETAÇÃO PRIMÁRIA</b>	Floresta equatorial úmida
<b>USO ATUAL</b>	Cobertura vegetal natural
<b>FONTE</b>	SILVA, B. N.; ARAUJO, J. V.; RODRIGUES, T. E.; FLESI, I. C.; REIS, R. S. Solos da área do Cacau Pirêra-Manacapuru. Belém: IPEAN. , 2:1-198, 1970

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

<b>A1</b>	0-4 cm, bruno-amarelado (10YR 5/4, úmido); argiloarenosa; moderada, pequena e média; blocos subangulares; fraca, pequena, granular; friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
<b>A3</b>	4-19 cm, bruno-amarelado (10Y 5/6, úmido); argilosa; moderada, pequena e média; blocos subangulares; fraca, pequena, granular; friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
<b>B21</b>	19-87 cm, amarelo-brunado (10Y 6/6, úmido); muito argilosa; fraca, pequena e média; blocos subangulares; friável; muito plástica e pegajosa; transição plana e difusa.
<b>B22</b>	87-130 cm, amarelo-brunado (10YR 6/8, úmido); muito argilosa; fraca, pequena e média; blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; friável; muito plástica e muito pegajosa; transição plana e difusa.
<b>B23</b>	130-180 cm, bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido); muito argilosa; fraca, pequena e média; blocos subangulares; cerosidade comum e fraca; friável; muito plástica e muito pegajosa.
<b>Raízes</b>	Abundantes finas e poucas grossas no A1; abundantes finas e comuns, médias no A3, B21 e B22 e comuns finas no B23.

## RESULTADOS ANALÍTICOS

PERFIL OU AMOSTRA EXTRA Nº: 01											
Horizontes		Frações da Amostra Total (g kg <sup>-1</sup> )			Granulometria da Terra Fina (g kg <sup>-1</sup> )					Grau de Floculação (%)	Silte/Argila
Símb.	Profundidade (cm)	Ca-lhaus >20mm	Cascalhos 20-2mm	T F S A <2mm	Areia Grossa 2-0,2 mm	Areia Fina 0,2-0,05mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm	Argila Natural		
A1	0-4				41	12	13	34	23	32	0,38
A3	4-19				25	12	11	52	39	25	0,21
B21	19-87				20	10	10	62	0	100	0,16
B22	87-130				11	11	11	68	0	100	0,16
B23	130-180				4	4	4	81	0	100	0,05

Umidade (g kg <sup>-1</sup> )			Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )		Porosidade cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup>	pH (1: 2,5)		C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	Relação C/N
Horizonte	0,01 Mpa	0,033 Mpa	1,5 Mpa	Solo		Partícula	H <sub>2</sub> O				
A1						3,5	3,5	1,65	0,14	2,84	12
A3						4,1	3,9	1,02	0,11	1,76	9
B21						4,9	4,1	0,68	0,07	1,16	9
B22						5,4	4,4	0,5	0,05	0,61	7
B23						5,5	4,7	0,24	0,04	0,40	6

Bases Trocáveis (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )					Soma de Bases (S) (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Acidez Extraível (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Valor T (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Saturação por bases (V%) $\frac{100.S}{T}$	Saturação por Alumínio (m%) $\frac{100.Al^{+3}}{Al^{+3} + S}$	Saturação por Sódio (Na%) $\frac{100.Na}{T}$	Equivalente CaCO <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )
Horizonte	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>		H <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>					
A1	0,32	0,08	0,06	0,03	0,49	6,44	1,96	8,89	6			
A3	0,24	0,08	0,06	0,04	0,42	4,14	1,14	5,70	7			
B21	0,16	0,08	0,03	0,03	0,30	3,21	0,72	4,23	7			
B22	0,20	0,04	0,03	0,02	0,29	1,91	0,31	2,51	12			
B23	0,24	0,08	0,03	0,03	0,38	1,86	0,21	2,45	16			

Ataque por H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g kg <sup>-1</sup> )						Relações Moleculares			Ferro Livre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	P Assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )	
Horizonte	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Ki	Kr			$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$
A1	3,89	10,76	7,24				2,27	1,59			1,09
A3	15,72	16,38	9,11				1,68	1,24			0,56
B21	16,38	19,24	10,51				1,49	1,11			0,37
B22	22,30	23,48	12,34				1,67	1,25			0,33
B23	20,59	25,09	13,56				1,44	1,08			0,37

Pasta Saturada										Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )						
Horizonte	C.E do Extrato (mS cm <sup>-1</sup> )	H <sub>2</sub> O	Íons do Extrato de Saturação (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )							B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>							
A1																
A3																
B21																
B22																
B23																

## DESCRIÇÃO DE UM PERFIL DE CAMBISSOLO HÁPLICO TA EUTRÓFICO

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR	Cambissolo Ta Eutrófico
UNIDADE DE MAPEAMENTO	CXve
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS	Margem direita do rio Paraná do Curari Grande, a 500 m deste, localidade São Pedro, município do Careiro, estado do Amazonas – 3° 16'S e 59° 54'WGr
SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL	Perfil de trincheira, com declive menor que 3%
LITOLOGIA	Areias, siltes e argilas/sedimentos silto-argilosos
FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Planície / Terraços fluviais
CRONOLOGIA	Quaternário-Holoceno
MATERIAL ORIGINÁRIO	Produto de alteração do material supracitado
PEDREGOSIDADE	Não-pedregoso
ROCHOSIDADE	Não-rochoso
RELEVO LOCAL	Plano
RELEVO REGIONAL	Plano
EROSÃO	Não-aparente
DRENAGEM	Imperfeitamente drenado
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA	Floresta equatorial higrófila de várzea
USO ATUAL	Não constatado
CLIMA	Am w', da classificação de Köppen
FONTE	CETEC. Levantamento semidetalhado de solos e aptidão agrícola em áreas abrangidas pelo PDRI, AM, município do Careiro. Belo Horizonte: CETEC, 1986. 125 p

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

<b>A1</b>	0-13 cm, bruno-escuro (10YR 3/3, úmido); franco-argilossiltosa; fraca pequena e média; blocos subangulares e angulares; plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
<b>A3</b>	13-31 cm, bruno (10YR 4/3, úmido); franco-argilossiltosa; moderada, média e grande; blocos subangulares; firme; transição plana e gradual.
<b>B</b>	31-72 cm, bruno (10YR 5/3, úmido); franco-argilossiltosa; moderada, pequena e média; blocos angulares e subangulares; transição plana e difusa.
<b>C1</b>	72-107 cm, bruno (10YR 5/3, úmido); mosqueado bruno-amarelo-escuro (10YR 4/6); franco-argilossiltosa.
<b>C2</b>	107-175 cm+, amarelo-brunado (10YR 5/2, úmido); franco-argilossiltosa.
<b>Raízes</b>	Finas e médias comuns e grossas raras no A1 e A3; poucas, finas e médias comuns e raras grossas no B; poucas e raras grossas no C1 e raras grossas no C2.
<b>Obs.:</b>	Poros abundantes, muito pequenos e pequenos em todos os horizontes.

## RESULTADOS ANALÍTICOS

PERFIL OU AMOSTRA EXTRA Nº: 41											
Horizontes		Frações da Amostra Total (g kg <sup>-1</sup> )			Granulometria da Terra Fina (g kg <sup>-1</sup> )					Grau de Floculação (%)	Silte/Argila
Símb.	Profundidade (cm)	Ca-lhaus >20mm	Cascalhos 20-2mm	T F S A <2mm	Areia Grossa 2-0,2 mm	Areia Fina 0,2-0,05mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm	Argila Natural		
A1	0-13	0	0	100	1	6	62	31	26	16	2,00
A3	13-31	0	0	100	1	3	67	29	27	7	2,31
B	31-72	0	0	100	1	1	67	31	27	13	2,16
C1	72-107	0	0	100	1	1	69	29	25	14	2,38
C2	107-175+	0	0	100	1	4	70	25	21	16	2,80

Umidade (g kg <sup>-1</sup> )			Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )		Porosidade cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup>	pH (1: 2,5)		C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	Relação C/N
Horizonte	0,01 Mpa	0,033 Mpa	1,5 Mpa	Solo		Partícula	H <sub>2</sub> O				
A1						4,6	3,7	2,06	0,17		13
A3						5,8	3,8	0,41	0,06		7
B						6,3	4,3	0,34	0,05		7
C1						6,6	4,4	0,23	0,04		6
C2						6,9	4,8	0,20	0,04		5

Bases Trocáveis (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )					Soma de Bases (S) (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Acidez Extraível (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Valor T (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Saturação por bases (V%) $\frac{100.S}{T}$	Saturação por Alumínio (m%) $\frac{100.Al^{+3}}{Al^{+3} + S}$	Saturação por Sódio (Na%) $\frac{100.Na}{T}$	Equivalente CaCO <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )
Horizonte.	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>		H <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>					
A1	12,5	3,1	0,30	0,12	16,0	6,5	1,1	23,6	68	6	1	
A3	13,2	3,9	0,14	0,27	17,5	2,7	0,6	20,8	84	3	1	
B	14,1	4,8	0,19	0,37	19,5	2,4	0,1	22,0	89	1	2	
C1	12,4	5,4	0,18	0,41	18,4	2,2	0,1	20,7	89	1	2	
C2	11,0	5,2	0,15	0,56	16,9	1,4	0,0	18,3	92	0	3	

Ataque por H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g kg <sup>-1</sup> )							Relações Moleculares			Ferro Livre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	P Assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )
Horizonte.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Ki	Kr	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$		
A1	17,2	9,5	4,5	0,90			3,08	2,37	3,31		1
A3	18,4	10,9	5,5	0,57			2,87	2,17	3,11		
B	18,7	10,9	5,9	0,55			2,92	2,17	2,90		
C1	18,6	11,7	6,1	0,55			2,70	2,03	3,01		
C2	16,5	9,7	5,7	0,56			2,89	2,10	2,67		

Pasta Saturada										Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )						
Horizonte.	C.E do Extrato (mS cm <sup>-1</sup> )	H <sub>2</sub> O	Íons do Extrato de Saturação (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )							B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>							
A1																
A3																
B21																
B22																
B23																

## DESCRIBÇÃO DE UM PERFIL DE PLINTOSSOLO PÉTRICO CONCRECIONÁRIO TÍPICO

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR	Concrecionário Laterítico típico
UNIDADE DE MAPEAMENTO	Ffc
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS	Km 19 da Rodovia AM-070 – Cacau Pirêra-Manacapuru, a 100 m da margem direita, município de Manacapuru, Estado do Amazonas – dados de coordenada GPS não-disponíveis
SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL	Perfil de trincheira em encosta próximo ao topo, sob mata natural
LITOLOGIA	Sedimentos caulíníticos
FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Formação Alter do Chão (originalmente classificada como Formação Barreiras)
CRONOLOGIA	Terciário
MATERIAL ORIGINÁRIO	Produto de alteração do material supracitado
PEDREGOSIDADE	Não-pedregoso
ROCHOSIDADE	Não-rochoso
RELEVO LOCAL	Plano
RELEVO REGIONAL	Suave ondulado a ondulado
EROSÃO	Não-aparente
DRENAGEM	Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA	Floresta equatorial úmida
USO ATUAL	Mata natural
FONTE	SILVA, B. N.; ARAUJO, J. V.; RODRIGUES, T. E.; FLESI, I. C.; REIS, R. S. Solos da área do Cacau Pirêra-Manacapuru. Belém: IPEAN. 2:1-198, 1970

### DESCRIBÇÃO MORFOLÓGICA

<b>A1cn</b>	0-8 cm, bruno (7,5YR 4/4, úmido); franco-arenosa; fraca, pequena e média; blocos subangulares; fraca, pequena, granular; muito friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e difusa.
<b>A3cn</b>	8-43 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido); argiloarenosa; fraca, pequena e média; blocos subangulares; fraca, pequena, granular; friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
<b>B21cn</b>	43-84 cm, amarelo-brunado (10YR 6/6, úmido); argilosa; fraca, pequena, granular; friável, plástica e pegajosa; transição plana e difusa.
<b>B22cn</b>	84-123 cm, amarelo-avermelhado (5YR 6/8); argilosa; moderada, pequena; blocos subangulares e granular; friável, plástica e pegajosa; transição plana e difusa.
<b>B23cn</b>	123-160 cm, amarelo-avermelhado (5YR 6/8); argilosa; fraca, pequena e média; blocos subangulares; fraca, pequena, granular; friável, plástica e pegajosa.
<b>Raízes</b>	Abundantes finas e médias no A1cn; abundantes finas no A3cn e B21cn e raras finas no B22cn e B23cn.
<b>Obs.:</b>	Poros abundantes nos horizontes A1cn, A3cn e B21cn e comuns nos demais horizontes.

## RESULTADOS ANALÍTICOS

PERFIL OU AMOSTRA EXTRA Nº: 116											
Horizontes		Frações da Amostra Total (g kg <sup>-1</sup> )			Granulometria da Terra Fina (g kg <sup>-1</sup> )					Grau de Floculação (%)	Silte/Argila
Símb.	Profundidade (cm)	Ca-lhaus >20mm	Cascalhos 20-2mm	T F S A <2mm	Areia Grossa 2-0,2 mm	Areia Fina 0,2-0,05mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm	Argila Natural		
A1cn	0-8				64	14	6	16	4	75	0,38
A3cn	8-43				40	16	10	34	21	38	0,29
B21cn	43-84				33	16	5	46	13	72	0,11
B22cn	84-123				26	12	4	58	0	100	0,07
B23cn	123-160				30	10	6	54	0	100	0,11

Umidade (g kg <sup>-1</sup> )			Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )		Porosidade cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup>	pH (1: 2,5)		C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	Relação C/N
Horizonte	0,01 Mpa	0,033 Mpa	1,5 Mpa	Solo		Partícula	H <sub>2</sub> O				
A1cn						3,4	3,4	1,56	0,13	3,02	12
A3cn						4,5	4,2	1,44	0,11	2,48	13
B21cn						4,8	4,2	0,57	0,05	0,98	11
B22cn						5,1	4,3	0,31	0,04	0,54	8
B23cn						5,2	4,3	0,24	0,02	0,42	12

Bases Trocáveis (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )					Soma de Bases (S) (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Acidez Extraível (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Valor T (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Saturação por bases (V%) $\frac{100.S}{T}$	Saturação por Alumínio (m%) $\frac{100.Al^{+3}}{Al^{+3} + S}$	Saturação por Sódio (Na%) $\frac{100.Na}{T}$	Equivalente CaCO <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )
Horizonte	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>		H <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>					
A1cn	0,41	0,16	0,05	0,03	0,65	6,83	2,24	9,72	7			
A3cn	0,17	0,08	0,04	0,03	0,32	6,64	1,24	8,20	4			
B21cn	0,04	0,12	0,03	0,02	0,21	2,83	0,62	3,66	6			
B22cn	0,08	0,25	0,03	0,02	0,38	1,86	0,62	2,86	13			
B23cn	0,08	0,08	0,03	0,02	0,21	1,02	0,41	1,64	13			

Ataque por H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g kg <sup>-1</sup> )						Relações Moleculares			Ferro Livre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	P Assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )
Horizonte	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Ki	Kr		
A1cn	7,94	5,20	3,38		1,16		2,63	1,87		
A3cn	18,18	11,11	6,89		0,64		2,87	1,09		
B21cn	15,62	15,76	7,45		-		1,73	1,33		
B22cn	18,08	22,36	8,67		0,29		1,41	1,13		
B23cn	16,70	21,57	6,45				1,35	1,13		

Pasta Saturada										Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )						
Horizonte	C.E do Extrato (mS cm <sup>-1</sup> )	H <sub>2</sub> O	Íons do Extrato de Saturação (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )							B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>							
A1cn																
A3cn																
B21cn																
B22cn																
B23cn																

## DESCRIÇÃO DE UM PERFIL DE ESPODOSSOLO HUMILÚVICO HIDROMÓRFICO TÍPICO

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR	Podzol Hidromórfico
UNIDADE DE MAPEAMENTO	EKg
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS	Município de Humaitá, estado do Amazonas – 8° 14'S e 62° 16' WGr
SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL	Local plano com declive inferior a 1%, sob savana
LITOLOGIA	Sedimentos arenosos
FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Não-identificada
CRONOLOGIA	Quaternário
MATERIAL ORIGINÁRIO	Produto de alteração do material supracitado
PEDREGOSIDADE	Não-pedregoso
ROCHOSIDADE	Não-rochoso
RELEVO LOCAL	Plano
EROSÃO	Não-aparente
DRENAGEM	Imperfeitamente drenado
FONTE	BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha SC. 20 Porto Velho. Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1976. 184 p

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1** 0-25 cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa; transição abrupta.
- A2** 25-120 cm, bruno muito claro-acinzentado (10YR 8/2, úmido); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa; transição abrupta.
- Bhir** 120-170 cm, bruno muito escuro (10YR 2/2, úmido); areia; maciça, muito friável, não plástica e não pegajosa.

## RESULTADOS ANALÍTICOS

PERFIL OU AMOSTRA EXTRA Nº: 20											
Horizontes		Frações da Amostra Total (g kg <sup>-1</sup> )			Granulometria da Terra Fina (g kg <sup>-1</sup> )					Grau de Floculação (%)	Silte/Argila
Símb.	Profundidade (cm)	Ca-lhaus >20mm	Cascalhos 20-2mm	T F S A <2mm	Areia Grossa 2-0,2 mm	Areia Fina 0,2-0,05mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm	Argila Natural		
A1	0-25		0		57	18	4	1	0	100	4,00
A2	25-120		0		76	39	5	0	0	100	5,00
Bhir	120-170+		0		57	32	5	6	0	100	0,83

Umidade (g kg <sup>-1</sup> )			Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )		Porosidade cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup>	pH (1: 2,5)		C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	Relação C/N
Horizonte	0,01 Mpa	0,033 Mpa	1,5 Mpa	Solo		Partícula	H <sub>2</sub> O				
A1						5,1	4,5	0,20	0,02	035	10
A2						5,9	4,4	0,06	0,01	0,11	6
Bhir						5,4	4,4	1,38	0,01	1,96	1

Bases Trocáveis (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )					Soma de Bases (S) (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Acidez Extraível (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Valor T (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Saturação por bases (V%) $\frac{100 \cdot S}{T}$	Saturação por Alumínio (m%) $\frac{100 \cdot Al^{+3}}{Al^{+3} + S}$	Saturação por Sódio (Na%) $\frac{100 \cdot Na}{T}$	Equivalente CaCO <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )
Horizonte.	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>		H <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>					
A1	0,03	0,01	0,04	0,05	0,13	0,59	0,40	1,12	12	75		
A2	0,03	0,01	0,02	0,02	0,08	0,00	0,00	0,08	100	0		
Bhir	0,01	0,05	0,03	0,03	0,12	3,85	0,60	4,75	3	83		

Ataque por H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g kg <sup>-1</sup> )							Relações Moleculares			Ferro Livre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	P Assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )
Horizonte.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Ki	Kr	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$		
A1	0,66	0,51	3,00		0,11		2,20	0,46	0,27		
A2	0,66	0,77	1,20		0,11		1,45	0,73	1,01		
Bhir	0,66	2,72	15,17		1,96		0,44	0,09	0,26		

Pasta Saturada										Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )						
Horizonte.	C.E do Extrato (mS cm <sup>-1</sup> )	H <sub>2</sub> O	Íons do Extrato de Saturação (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )							B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>							
A1																
A2																
Bhir																

## DESCRIÇÃO DE UM PERFIL DE GLEISSOLO HÁPLICO TA EUTRÓFICO

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR	Gleissolo Ta Eutrófico
UNIDADE DE MAPEAMENTO	GXve
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS	Área de várzea do Lago Castanho, município de Urucará, estado do Amazonas – 2° 30' 60" S e 57° 41'60" WGr
SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – ALTITUDE	25 m
LITOLOGIA	Sedimentos aluviais
FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Planícies aluvionares
CRONOLOGIA	Quaternário
MATERIAL ORIGINÁRIO	Produto de alteração do material supracitado
PEDREGOSIDADE	Não pedregoso
ROCHOSIDADE	Não rochoso
RELEVO LOCAL	Plano
RELEVO REGIONAL	Plano
EROSÃO	Não-aparente
DRENAGEM	Maldrenado
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA	Floresta equatorial higrófila de várzea
USO ATUAL	Vegetação secundária
FONTE	GAMA, J.R.N.F.; SOARES, A. F.; SILVA, J. M. L.; DURIEZ, M. A. M.; MELO, M. E. C. C. M.; JOHAS, R. A. L.; ARAUJO, W. S.; BLOISE, R. M.; MOREIRA, G. N. C.; PAULA, J. L.; SOUZA, J. L. R. Levantamento de reconhecimento dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras de uma área de colonização do município de Urucará, estado do Amazonas. Rio de Janeiro: SNLCS, 1984. 97 p

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

<b>Ag</b>	0-12 cm, cinzento-oliváceo (5Y 5/1, úmido); mosqueado bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido); franco-argilossiltosa; maciça coerente; firme; plástica e ligeiramente pegajosa.
<b>C1g</b>	12-78 cm, cinzento-oliváceo-claro (5Y 6/2, úmido); mosqueado amarelo-brunado (10YR 6/6) e bruno (7,5YR 5/4); franco-siltosa; fraca a moderada, pequena e média; blocos angulares; firme; plástica e ligeiramente pegajosa.
<b>C2g</b>	78-127 cm, cinzento-oliváceo-claro (5Y 6/2, úmido); mosqueado amarelo-brunado (10YR 6/6) e bruno-amarelado (10YR 5/6); franco-siltosa; fraca a moderada, média; grande blocos angulares; firme; plástica e ligeiramente pegajosa.
<b>C3g</b>	127-160 cm+, cinzento (5BG 6/1, úmido); mosqueado amarelo-brunado (10YR 6/6) e bruno (7,5YR 5/4); franco-siltosa; maciça coerente; friável a firme; plástica e ligeiramente pegajosa.
<b>Raízes</b>	Comuns no Ag; poucas no C1g e raras nos C2g e C3g.

## RESULTADOS ANALÍTICOS

PERFIL OU AMOSTRA EXTRA Nº: 26											
Horizontes		Frações da Amostra Total (g kg <sup>-1</sup> )			Granulometria da Terra Fina (g kg <sup>-1</sup> )					Grau de Floculação (%)	Silte/Argila
Símb.	Profundidade (cm)	Ca-lhaus >20mm	Cascalhos 20-2mm	T F S A <2mm	Areia Grossa 2-0,2 mm	Areia Fina 0,2-0,05mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm	Argila Natural		
Ag	0-12				0	5	66	29			2,3
C1g	12-78				0	7	70	23			3,0
C2g	78-127				0	27	60	13			4,6
C3g	127-170+				0	34	55	11			5,0

Umidade (g kg <sup>-1</sup> )			Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )		Porosidade cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup>	pH (1: 2,5)		C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	Relação C/N
Horizonte	0,01 Mpa	0,033 Mpa	1,5 Mpa	Solo		Partícula	H <sub>2</sub> O				
Ag	15,4	34,2		1,21	2,45	51	4,5	3,4		1,94	
C1g	14,0	31,4		1,20	2,76	57	5,0	3,3		0,33	
C2g	9,9	28,1		1,34	2,67	50	5,4	3,4		0,14	
C3g	9,8	26,0		1,35	2,36	43	6,5	4,1		0,06	

Bases Trocáveis (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )					Soma de Bases (S) (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Acidez Extraível (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Valor T (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Saturação por bases (V%) $\frac{100 \cdot S}{T}$	Saturação por Alumínio (m%) $\frac{100 \cdot Al^{+3}}{Al^{+3} + S}$	Saturação por Sódio (Na%) $\frac{100 \cdot Na}{T}$	Equivalente CaCO <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )
Horizonte.	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>		H <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>					
Ag	3,85	2,01	0,16	0,05	6,07	7,13	4,27	17,47	35			
C1g	2,75	3,28	0,10	0,08	6,21	3,86	5,92	15,99	39			
C2g	5,16	4,26	0,24	0,40	10,06	2,89	1,47	14,42	70			
C3g	5,89	4,71	0,2	0,50	11,42	1,81	0,20	13,43	85			

Ataque por H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g kg <sup>-1</sup> )						Relações Moleculares			Ferro Livre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	P Assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )	
Horizonte.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Ki	Kr			$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$
Ag											4,7
C1g											2,0
C2g											7,6
C3g											15,5

Pasta Saturada										Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )						
Horizonte.	C.E do Extrato (mS cm <sup>-1</sup> )	H <sub>2</sub> O	Íons do Extrato de Saturação (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )							B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>							
Ag																
C1g																
C2g																
C3g																
B23cn																

## DESCRIÇÃO DE UM PERFIL DE NEOSSOLO FLÚVICO TA EUTRÓFICO TÍPICO

CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR	Solo Aluvial Eutrófico
UNIDADE DE MAPEAMENTO	RÝve
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS	Margem esquerda do rio Paraná-Mirim, município de Coari, estado do Amazonas – 3° 50'S e 63° 11' WGr
SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL	Local plano com declive inferior a 1%, sob floresta aberta aluvial
LITOLOGIA	Sedimentos recentes do Quaternário
FORMAÇÃO GEOLÓGICA	Planícies aluvionares
CRONOLOGIA	Quaternário
MATERIAL ORIGINÁRIO	Produto de alteração do material supracitado
<b>PEDREGOSIDADE – NÃO-PEDREGOSO.</b>	
ROCHOSIDADE	Não-rochoso
RELEVO LOCAL	Plano
EROSÃO	Laminar ligeira
DRENAGEM	Imperfeitamente drenado
FONTE	BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha SA. 20 Manaus. Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1978. 628 p

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

**A**

0-10 cm, bruno-escuro (10YR 3/3, úmido); franco-siltosa; fraca, pequena e granular; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara.

**IIC1**

10-150 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido); mosqueado bruno-amarelado (10YR 5/8) e bruno (N 8/); franco-siltosa; maciça; firme, plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara.

**IIC2g**

150-160 cm, cinzento (10YR 6/1, úmido); mosqueado bruno-amarelado (10YR 5/6); franco-siltosa; maciço; firme, plástica e pegajosa.

## RESULTADOS ANALÍTICOS

PERFIL OU AMOSTRA EXTRA Nº: 116											
Horizontes		Frações da Amostra Total (g kg <sup>-1</sup> )			Granulometria da Terra Fina (g kg <sup>-1</sup> )					Grau de Floculação (%)	Silte/Argila
Símb.	Profundidade (cm)	Ca-lhaus >20mm	Cascalhos 20-2mm	T F S A <2mm	Areia Grossa 2-0,2 mm	Areia Fina 0,2-0,05mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm	Argila Natural		
A	0-10				61,0	8,8			65	6,9	
IIC1	10-150				63,8	25,1			52	2,5	
IIC2g	150-160				68,8	26,4			58	2,6	

Umidade (g kg <sup>-1</sup> )			Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )		Porosidade cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup>	pH (1: 2,5)		C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	Relação C/N
Horizonte	0,01 Mpa	0,033 Mpa	1,5 Mpa	Solo		Partícula	H <sub>2</sub> O				
A						4,6			4,1		
IIC1						4,0			0,7		
IIC2g						4,1			0,3		

Bases Trocáveis (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )					Soma de Bases (S) (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Acidez Extraível (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Valor T (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Saturação por bases (V%) $\frac{100 \cdot S}{T}$	Saturação por Alumínio (m%) $\frac{100 \cdot Al^{+3}}{Al^{+3} + S}$	Saturação por Sódio (Na%) $\frac{100 \cdot Na}{T}$	Equivalente CaCO <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )
Horizonte.	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>		H <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>					
A	1,74	0,23	0,26		0,28	0,06	13,90	65	1			
IIC1	5,96	9,16	,42		0,47	0,32	18,63	82	2			
IIC2g	7,64	0,15	0,48		0,28	0,15	20,93	87	1			

Ataque por H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g kg <sup>-1</sup> )							Relações Moleculares			Ferro Livre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	P Assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )
Horizonte.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Ki	Kr	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$		
A		0,09	0,32								6,87
IIC1		1,6	0,05								8,81
IIC2g		2,0	0,03								9,98

Pasta Saturada										Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )						
Horizonte.	C.E do Extrato (mS cm <sup>-1</sup> )	H <sub>2</sub> O	Íons do Extrato de Saturação (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )							B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>							
A																
IIC1																
IIC2g																

## DESCRIBÇÃO DE UM PERFIL DE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO HIDROMÓRFICO TÍPICO

<b>CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR</b>	Areia Quartzosa Hidromórfica álica
<b>UNIDADE DE MAPEAMENTO</b>	RQg
<b>LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS</b>	Município de Humaitá, estado do Amazonas – 8° 35'S e 31° 11'WGr
<b>SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL</b>	Local plano, com declive menor que 2% e sob cobertura de savana
<b>LITOLOGIA</b>	Sedimentos arenosos
<b>FORMAÇÃO GEOLÓGICA</b>	Não-identificada
<b>CRONOLOGIA</b>	Quaternário
<b>MATERIAL ORIGINÁRIO</b>	Produto de alteração do material supracitado
<b>PEDREGOSIDADE</b>	Não-pedregoso
<b>ROCHOSIDADE</b>	Não-rochoso
<b>RELEVO LOCAL</b>	Plano
<b>RELEVO REGIONAL</b>	Plano e suave ondulado
<b>EROSÃO</b>	Não-aparente
<b>DRENAGEM</b>	Moderadamente a imperfeitamente drenado
<b>FONTE</b>	BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha SC. 20 Porto Velho. Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1976. 184 p

### DESCRIBÇÃO MORFOLÓGICA

<b>A1</b>	0-20 cm, bruno-amarelado (10YR 4/1, úmido); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e gradual.
<b>C1</b>	20-40 cm, vermelho muito escuro-acinzentado (10YR 7/4, úmido); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e gradual.
<b>C2</b>	40-65 cm, amarelo (10YR 8/6, úmido); areia; grãos simples; solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e gradual.
<b>C3</b>	65-75 cm, vermelho (2,5YR 5/8, úmido); mosqueado amarelo-claro-acinzentado (2,5Y 7/4) e cinzento-claro (2,5Y 7/2, úmido); areia-franca; grãos simples; friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e gradual.
<b>C4</b>	75-85 cm, amarelo-brunado (10YR 6/6, úmido); mosqueado amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, úmido); areia-franca; grãos simples; solto, não plástica e não pegajosa.

**RESULTADOS ANALÍTICOS**

PERFIL OU AMOSTRA EXTRA Nº: 41											
Horizontes		Frações da Amostra Total (g kg <sup>-1</sup> )			Granulometria da Terra Fina (g kg <sup>-1</sup> )					Grau de Floculação (%)	Silte/Argila
Símb.	Profundidade (cm)	Ca-lhaus >20mm	Cascalhos 20-2mm	T F S A <2mm	Areia Grossa 2-0,2 mm	Areia Fina 0,2-0,05mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm	Argila Natural		
A1	0-20		13		60	31	6	3	1	67	2,00
C1	20-40		33		64	29	4	3	2	33	1,33
C2	40-65		34		68	19	7	6	5	17	1,16
C3	65-75		1		67	16	10	7	5	29	1,42
C4	75-85		0		70	14	10	6	5	17	1,66

Umidade (g kg <sup>-1</sup> )			Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )		Porosidade cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup>	pH (1: 2,5)		C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	Relação C/N
Horizonte	0,01 Mpa	0,033 Mpa	1,5 Mpa	Solo		Partícula	H <sub>2</sub> O				
A1						4,7	4,0	0,31	0,04	0,53	8
C1						4,5	4,1	0,08	0,01	0,14	8
C2						4,5	4,1	0,08	0,02	0,14	4
C3						4,6	4,2	0,09	0,01	0,15	9
C4						4,7	4,5	0,07	0,01	0,12	7

Bases Trocáveis (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )					Soma de Bases (S) (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Acidez Extraível (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Valor T (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Saturação por bases (V%) $\frac{100.S}{T}$	Saturação por Alumínio (m%) $\frac{100.Al^{+3}}{Al^{+3} + S}$	Saturação por Sódio (Na%) $\frac{100.Na}{T}$	Equivalente CaCO <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )
Horizonte.	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>		H <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>					
A1	0,07	0,02	0,03	0,01	0,13	1,27	1,20	2,60	5	100		
C1	0,06	0,01	0,02	0,01	0,10	0,26	0,40	0,76	13	90		
C2	0,02	0,02	0,03	0,01	0,08	0,19	0,80	1,07	7	80		
C3	0,02	0,01	0,03	0,02	0,08	0,19	0,80	1,07	7	91		
C4	0,02	0,01	0,03	0,02	0,08	0,32	1,00	1,40	6	91		

Ataque por H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g kg <sup>-1</sup> )							Relações Moleculares			Ferro Livre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	P Assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )
Horizonte.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Ki	Kr	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$		
A1	1,87	3,57	0,79		<0,11		0,89	0,78	7,08		
C1	2,35	3,83	0,79		<0,11		1,04	0,92	7,59		
C2	4,04	7,65	0,19		<0,11		0,90	0,82	10,07		
C3	5,73	9,18	2,38		<0,11		1,06	0,91	6,04		
C4	6,70	6,69	1,99		<0,11		1,09	0,96	5,27		

Pasta Saturada										Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )						
Horizonte.	C.E do Extrato (mS cm <sup>-1</sup> )	H <sub>2</sub> O	Íons do Extrato de Saturação (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )							B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>							
A1																
C1																
C2																
C3																
C4																

## **NOTA SOBRE OS AUTORES**

**ANTENOR FARIA DE MURICY FILHO** – Graduado (1964) em Geologia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Ingressou na Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras) em 1965, onde permaneceu até 1983. Nessa empresa se aperfeiçoou por meio de inúmeros cursos, principalmente na área de interpretação de perfis e análise de bacias. Exerceu 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 Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (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). Atualmente, é superintendente interino desse 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 chefou vários projetos de mapeamento geológico, prospecção mineral e metalogenia em diversas escalas nas regiões Amazônica, Sul e Sudeste. Desde 1990 atua 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 (2003) em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestre (2005) em Engenharia de Produção (Logística) pela COPPE/UFRJ. Atua na ANP, 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 essa superintendência de acordo com o Plano Plurianual de Estudos de Geologia e Geofísica.

**CARLOS JOSÉ BEZERRA DE AGUIAR** – Geólogo (1974) pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e mestre (1995) em Hidrogeologia por essa instituição. Trabalhou nas empresas Tungstênio do Brasil e Fábrica de Cimento Nassau, ambas no estado do Rio Grande do Norte. Trabalhou na CPRM/SGB (Superintendência Regional de Recife) no período 1977-1979. Entre 1985-1998, trabalhou com rochas ornamentais para o governo do estado de Pernambuco. No ano de 1998, retornou à CPRM (SUREG-MA), onde se encontra trabalhando com água subterrânea. Dentre outros projetos, participou do Cadastramento de Poços Tubulares do Nordeste e do Mapa de Domínios Hidrogeológicos do Brasil. Atualmente, é responsável por: Projeto SIAGAS, Rede de Monitoramento de Águas Subterrâneas e Mapa Hidrogeológico do Brasil (Amazonas e Roraima).

**CINTIA ITOKAZU COUTINHO** – Engenheira civil formada pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Servidora da ANP desde 2004.

**DANIEL BORGES NAVA** – Geólogo formado (1990) pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e mestre (1999) em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia pelo Centro de Ciências do Ambiente (CCA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Ocupou o cargo de Superintendente Regional de Manaus da CPRM/SGB no período de 2003 a 2007. Professor fundador da Faculdade La Salle Manaus desde 2005. Atual Secretário Executivo de Geodiversidade e Recursos Hídricos da Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Amazonas.

**DANIEL DE OLIVEIRA** – Engenheiro civil formado (1995) pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP-PE), com especialização em Gestão Ambiental pelo Instituto de Tecnologia da Amazônia/UTAM (1999) e em Planejamento e Gerenciamento de Águas pela Universidade Federal do Amazonas (2003). Atua desde 1997 na CPRM/SGB, na Superintendência Regional de Manaus. Atualmente, trabalha diretamente nos projetos da Operação da Rede Hidrometeorológica, Monitoramento de Eventos Extremos e Dinâmica Fluvial do Sistema Negro-Solimões-Amazonas.

**EDGAR SHINZATO** – Graduado (1990) em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e mestre (1998) em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Área de concentração: Pedologia, Meio Ambiente e Geoprocessamento. Atualmente, é coordenador executivo do Departamento de Gestão Territorial da CPRM/SGB.

**GILVAN COMBRA MARTINS** – Graduado (1984) em Agronomia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), especialização (1993) em Estatística e Métodos Quantitativos pela Universidade de Brasília (UnB) e mestre (2001) em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Atualmente, é Pesquisador II da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), coordenador de projeto da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) e pesquisador do Banco da Amazônia (BASA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Ciência do Solo. Atua principalmente nos seguintes temas: Amazônia, Campo Cerrado, Humaitá, Plintossolo, Plantio Convencional e Atributo Físico-Químico.

**HEDINALDO NARCISO LIMA** – Graduado (1989) em Agronomia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), mestre (1994) em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) e doutor (2001) em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Atualmente, é professor-adjunto da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Ciência do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: Solos e Ambientes da Amazônia, Adubação e Nutrição de Espécies Florestais da Amazônia.

**HUGO GALÚCIO PEREIRA** – Geólogo formado (2006) pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Trabalhou com projetos de pesquisa nas áreas de Análise de Passivos Ambientais, Investigação e Remediação de Áreas Contaminadas (Petrobras), pesquisa em Geoquímica e Hidroquímica na Coordenação de Pesquisas em Clima e Recursos Hídricos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Avaliação da Viabilidade Técnica e Ambiental de Projetos de Exploração Mineral com fins de licenciamento no Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas (IPAAM). No período de 2006 a 2007, em Sondershausen (Alemanha), desenvolveu projetos de pesquisa nas áreas de Geofísica, Geomecânica e Mineração, e de Geoecologia no Instituto de Pesquisas em Potássio e Tecnologias Ambientais (Kali-Umwelttechnik GmbH). Trabalhou em 2008 e 2009 na Secretaria Executiva de Geodiversidade e Recursos Hídricos vinculada à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (SDS/SEGEORH), coordenando os convênios celebrados entre o Governo do Estado, a Superintendência da Zona

Franca de Manaus e o Ministério de Minas e Energia. Ingressou na CPRM/SGB em junho de 2009. Atua como Pesquisador em Geociências na Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial até o presente.

**JOSÉ LUIZ MARMOS** – Geólogo (1982) pela Universidade de São Paulo (USP) e mestre (2007) em Geologia Ambiental pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Entre os anos de 1983 e 1991, trabalhou nas empresas do Grupo Best Metais e Soldas, com atuação em projetos de prospecção e pesquisa de estanho e ouro nos estados de Goiás, Tocantins e Rondônia. De 1991 a 1992, esteve na Mineração Mateus Leme, em atividades de pesquisa de minerais industriais nos estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais e Goiás. Trabalha desde 1996 na CPRM/SGB (Superintendência Regional de Manaus), na área de Geologia Ambiental, em projetos de zoneamento ecológico-econômico, gestão territorial e geoquímica ambiental nos estados de Amazonas e Roraima, notadamente em atividades de avaliação da qualidade de recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

**KÁTIA DA SILVA DUARTE** – Geóloga formada pela Universidade de Brasília (UnB). Mestre e doutora em Geotecnia pelo Departamento de Tecnologia da UnB. Servidora da ANP desde 2002.

**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 Geocologia 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.

**MARCELO ESTEVES ALMEIDA** – Graduado (1991) em geologia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), mestre (1996) em Petrologia de Granitos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e doutor (2006) em Geologia e Geoquímica Isotópica pela Universidade Federal do Pará (UFPA), esse último com estágio no exterior (Université Paul Sabatier-LMTG-CNRS, Toulouse III). É geólogo da CPRM/SGB (Superintendência Regional de Manaus), onde exerce a função de Gerente de Geologia e Recursos Minerais desde 2008. Atualmente, desenvolve trabalhos nas linhas de pesquisas ligadas a Geologia Regional, Petrologia e Evolução Crustal, com foco nas regiões noroeste e sul do Amazonas e sudeste de Roraima. Participa de projetos financiados pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), além de atuar como membro de bancas examinadoras de monografias, dissertações e teses.

**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.

**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 Cabralia. 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. Ministra cursos e treinamentos em ferramentas de SIG aplicados a projetos da CPRM/SGB. É autora de 32 trabalhos individuais e coautora nos livros “Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil” e “Geodiversidade do Brasil”, dentre outros (12). Foi presidenta da Associação Baiana de Geólogos no período de 2005-2007 e vice-presidenta de 2008 a 2009.

**NAILDE MARTINS ANDRADE** – Graduada em Geologia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e especialista em Planejamento e Gerenciamento de Águas. Desde 1997 é Técnica em Geociências da CPRM/SGB (Superintendência Regional de Manaus). Atualmente, trabalha nos projetos da Operação da Rede Hidrometeorológica Nacional e no SIG Hidrológico.

**NELSON JOAQUIM REIS** – Graduado (1977) em Geologia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Atua na CPRM/SGB há 31 anos, tendo participado de importantes projetos de mapeamento geológico e de pesquisa mineral nos estados de Roraima e Amazonas. Sua maior contribuição científica (dos mais de 50 trabalhos publicados como autor) está na estratigrafia do Supergrupo Roraima. Foi coordenador da Folha NA.20-Boa Vista para a Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo (CPRM, 2004). Participou dos programas de Zoneamento Ecológico-Econômico Brasil-Venezuela (1999) e Roraima Central (2002). Foi coordenador dos livros “Contribuição à Geologia da Amazônia” (2003) e “Geologia e Recursos Minerais” para o SIG-AM (CPRM, 2006). Ocupou a Gerência de Geologia e Recursos Minerais da CPRM-Manaus no período de 2002 a 2008.

**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.

**RODRIGO SANTANA MACEDO** – Graduado (2005) em Ciências Naturais e mestre (2009) em Agronomia Tropical pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Atualmente, é doutorando no Programa de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

(ESALQ/USP). Tem experiência na área de Ciência do Solo, com ênfase em Gênese e Classificação, atuando principalmente nos seguintes temas: Levantamento de Solos e Caracterização Física, Química e Pedológica de Solos com Horizonte Antrópico e Solos de Várzea e Estudos sobre Indicadores Físico-Químicos de Recuperação de Áreas Degradadas.

**SHEILA GATINHO TEIXEIRA** – Geóloga formada (2004) pela Universidade Federal do Pará (UFPA), com mestrado (2006) em Sensoriamento Remoto por essa instituição. Atua desde 2008 na CPRM/SGB (Superintendência Regional de Manaus), nos projetos Geodiversidade do Amazonas e Dinâmica Fluvial do Sistema Negro-Solimões-Amazonas.

**SÍLVIA CRISTINA BENITES GONÇALES** – Geóloga bacharelada pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGC-USP/SP) e licenciada (2004) pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FE-USP/SP). Professora de Ensino Médio entre 1996 e 2000 nos municípios de São Paulo, Valinhos e Campinas do estado de São Paulo. Estagiária de licenciatura entre 2001 e 2003, nos municípios: Iguape, Campinas e São Paulo do estado de São Paulo. Participou do Curso de Formação de Professores e lecionou Ciências Naturais no Programa do Governo Federal para Inclusão de Jovens na Educação, na Qualificação para o Trabalho e na Ação Comunitária (ProJovem) entre 2006 e 2007, no município de Embu/SP. Ingressou na CPRM/SGB em novembro de 2007, atuando na Gerência de Relações Institucionais e de Desenvolvimento na Superintendência Regional de Manaus. Coordenadora da Câmara Especializada de Geologia e Engenharia de Minas do CREA-AM e coordenadora-adjunta nacional da Coordenadoria das Câmaras de Geologia e Engenharia de Minas do CONFEA. Presidenta da Associação dos Empregados da CPRM/SGB de Manaus e membro do Comitê Regional de Pró-Equidade de Gênero da CPRM/SGB. Participou dos cursos: Dinâmica Fluvial, Introdução ao Geoprocessamento, Técnicas de Cenários (CPRM/SBG); Geologia da Amazônia (UFAM); Workshop Geoparque (USP); estágio de sobrevivência na selva pelo Centro de Instrução de Guerra na Selva do Exército Brasileiro em Manaus. Participou dos projetos Geodiversidade do Estado do Amazonas e Alto Solimões. Responsável pelo Projeto Geoparque Cachoeiras do Amazonas, no município de Presidente Figueiredo/AM.

**SILVIO ROBERTO LOPES RIKER** – Graduado (1971) em Geologia pela Universidade Federal do Pará (UFPA), com especialização (1972) em Geologia Econômica pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e mestrado (2005) em Geociências pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Contratado pela CPRM/SGB em final de 1972, permaneceu à disposição do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM – 5º Distrito) até 1974. Executou fiscalização de trabalhos de pesquisa (bauxita e caulim) na região do Trombetas e Rio Capim, respectivamente, e mapeamento geológico e pesquisa aluvionar de ouro na Província Aurífera do Tapajós (DNPM/FAG). Na Petrobras/RENOR (1975-1976), acompanhou perfurações nas bacias do médio Amazonas e Campos e na Plataforma Continental do Amapá. No Grupo João Santos (CAIMA), executou pesquisa de calcário para cimento nos municípios de Itaituba, Uruará, Monte Alegre, Alenquer e Nhamundá (PA/AM) e Pio IX (PI). No Grupo Rogelio Fernandez (PA), executou pesquisa de argila, caulim, filito e de nefelina-sienito, para aplicação em pisos cerâmicos. Há 27 anos na CPRM/SGB, foi Superintendente Regional da SUREG-BE (1985-1989) e desenvolveu trabalhos na SUREG-MA em vários projetos, tais como: Prospecção de Fosfato, Turfa e Cassiterita; acompanhamento da lavra de cassiterita no Pitinga, além dos projetos Garimpos (Rio Paduaúri), Catrimani-Uraricoera, Roraima Central, Zoneamento Ecológico-Econômico do Vale do Rio Madeira, PIMA AM/RR, Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas; Elaboração do Prospecto de Fosfato Roraima (Projeto Fosfato Brasil). Elaboração do Projeto Geologia e Recursos Minerais da Região Metropolitana de Manaus. Foi Supervisor de Área da GEREMI. Atualmente, atua no Projeto Dinâmica Fluvial do Sistema Solimões-Amazonas. É, ainda, Conselheiro do CEGEO-AM e tem inúmeros trabalhos publicados.

**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 geocientíficos, 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 multitemáticos e potencialização das informações geocientíficas. Cursa, atualmente, a Faculdade de Letras: licenciatura plena em Português-Inglês e suas Literaturas.

**TARCÍSIO EWERTON RODRIGUES** (in memoriam) – Era graduado (1967) em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), mestre (1977) em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e doutor (1984) em Solos e Nutrição de Plantas pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP). Foi pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e professor visitante da Universidade Federal Rural da Amazônia. Dedicou grande parte de sua vida aos estudos de gênese e mapeamento dos solos da Amazônia. Faleceu em dezembro de 2008, deixando uma grande lacuna na pedologia da Amazônia, da qual era um de seus maiores conhecedores.

**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 prospecção 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.

**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).

**WARLEY DA COSTA ARRUDA** – Graduado (2000) em Engenharia Ambiental pela Fundação Universidade do Tocantins (UNITINS) e mestre (2005) em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Atualmente, é bolsista na Universidade Estadual

do Amazonas, lotado em Manaus. Tem experiência na área de Planejamento Urbano e Regional, com ênfase em Métodos e Técnicas do Planejamento Urbano e Regional. Atua principalmente nos seguintes temas: Estimativa de Erosão, Erosão Hídrica do Solo, com destaque na Região Amazônica (Urucu-AM).

**WENCESLAU GERALDES TEIXEIRA** – Graduado (1989) em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), mestre (1992) em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) e doutor (2001) em Geoecologia pela Universidade de Bayreuth (Alemanha). Desde 1995 é pesquisador da Embrapa. Participa como professor associado da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) no curso de pós-graduação em Agronomia Tropical e do curso de pós-graduação em Agricultura do Trópico Úmido no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Trabalha na área de Agronomia, com ênfase em Física, Manejo e Conservação do Solo e da Água, atuando principalmente nos seguintes temas: Indicadores da Qualidade Física e Métodos de Avaliação das Características Físico-Hídricas de Solos Tropicais; Modelagem de Fluxos de Água e Solutos no Solo; Gênese das Terras Pretas de Índio.





ISBN 978-85-7499-080-4



# GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

Geodiversidade do Estado do Amazonas é um produto concebido para oferecer aos diversos segmentos da sociedade amazonense 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 amazonense 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 – ERIJ

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 Manaus

Av. Andre Araujo, 2160 – Aleixo  
Manaus – AM • 69060-001  
Fone: 92 2126-0300/0306 • Fax: 92 2126-0319

## 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@bh.cprm.gov.br

## Ouvidoria

Fone: 21 2295-4697 • Fax: 21 2295-0495  
ouvidoria@drj.cprm.gov.br

## Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Fone: 21 2295-5997 • Fax: 21 2295-5897  
seus@drj.cprm.gov.br

**www.cprm.gov.br**  
2010

Apoio Institucional

## SDS

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e  
Desenvolvimento Sustentável



**PAC** PROGRAMA DE  
ACELERAÇÃO DO  
CRESCIMENTO



**CPRM**  
Serviço Geológico do Brasil

Secretaria de Geologia,  
Mineração e Transformação Mineral

Ministério de  
Minas e Energia

