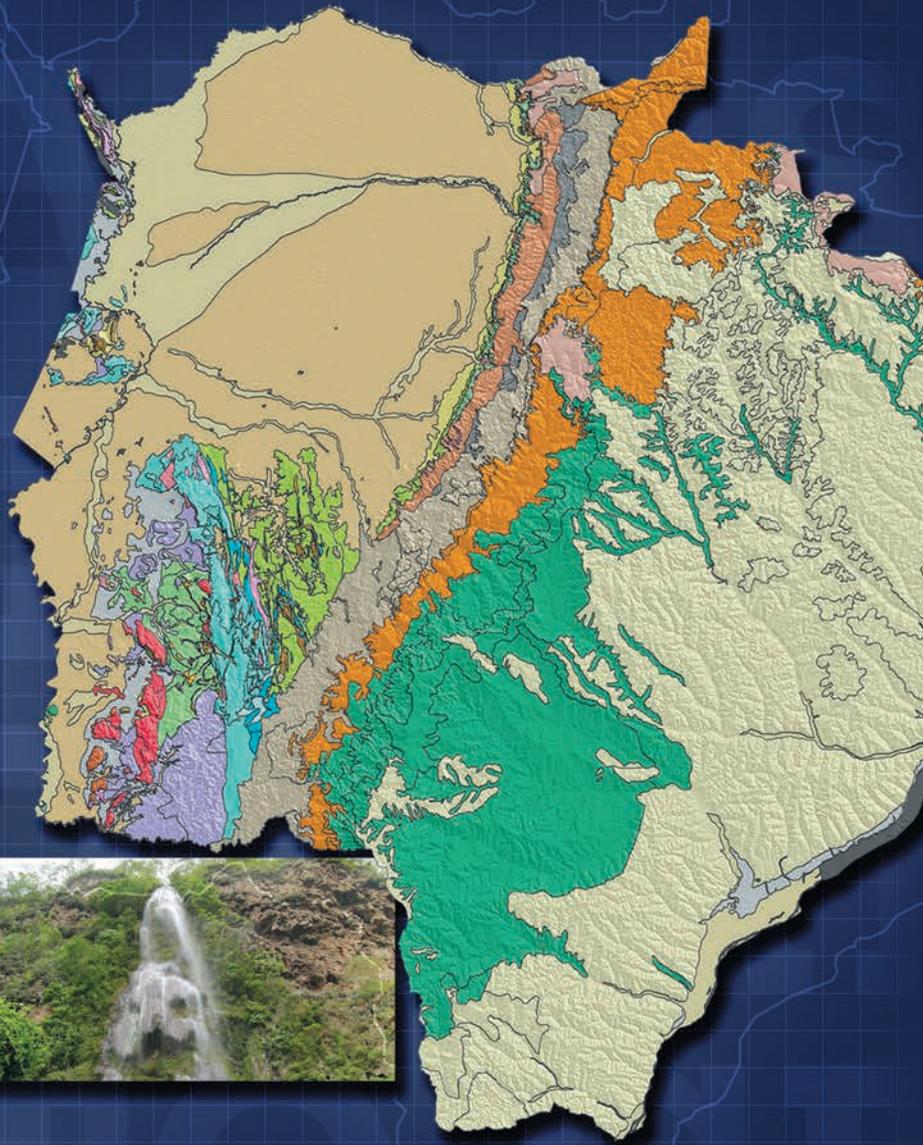


GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE



2010

GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

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 SÃO PAULO

Superintendente

José Carlos Garcia Ferreira

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial

Armando Teruo Takahashi

Supervisão de Gestão Territorial

Antonio Theodorovicz

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

GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

ORGANIZAÇÃO

Angela Maria de Godoy Theodoroviz
Antonio Theodoroviz

São Paulo, Brasil

2010

CRÉDITOS TÉCNICOS

LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

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

Antonio Theodorovicz

Execução Técnica

Angela Maria de Godoy Theodorovicz
Antonio Theodorovicz

Organização do Livro Geodiversidade do Estado de Mato Grosso do Sul

Angela Maria de Godoy Theodorovicz
Antonio Theodorovicz

Sistema de Informação Geográfica e Leitura do Mapa

Marina das Graças Perin
Angela Maria de Godoy Theodorovicz

Apoio banco de dados, SIG e desenvolvimento da base geodiversidade Divisão de Geoprocessamento (DIGEOP)

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

Colaboração

Edgar Shinzato
Gilberto Lima
Jorge Pimentel
José da Costa Pinto
Lauro Gracindo Pizzatto
Léo Teixeira
Marcelo Eduardo Dantas
Mônica Mazzini Perrotta
Nelize Lima dos Santos (estagiária)
Regina Célia Gimenez Armezo
Valter José Marques

Revisão Técnica

Antonio Theodorovicz

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 (DIEDIG) (projeto de editoração/diagramação)

Valter de Alvarenga Barradas
Andréia Amado Continentino
Agmar Alves Lopes

(supervisão de editoração)

Andréia Amado Continentino

Superintendência Regional de Manaus (SUREG-MA)

Gerência de Relações Institucionais e Desenvolvimento (GERIDE) (projeto de multimídia)

Maria Tereza da Costa Dias
Aldemir Justino de Oliveira

Superintendência Regional de São Paulo (SUREG-SP)

Gerência de Relações Institucionais e Desenvolvimento (GERIDE) (editoração e multimídia)

Marina das Graças Perin
Guilherme Redigolo Pereira Barreta

FOTOS DA CAPA:

1. Implicações geotécnicas: deslocamento em sedimentos da Formação Ponta Grossa, município de Rio Verde do Mato Grosso.
2. Geomorfologia: Moraria do Urucum, sedimentos do Grupo Jacadigo, município de Corumbá.
3. Atrativo geoturístico: Tufas calcárias e calcários do Grupo Corumbá. Cachoeira Boca da Onça, Município de Bodoquena.
4. Biodiversidade: Ninho de Tuiuiú, ave símbolo do Pantanal.

Theodorovicz, Angela Maria de Godoy.

Geodiversidade do estado de Mato Grosso do Sul / Organização
Angela Maria de Godoy Theodorovicz [e] Antonio Theodorovicz. –
São Paulo: CPRM, 2010.
179 p.; 30 cm + 1 DVD-ROM

Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.

1. Geodiversidade – Brasil – Mato Grosso do Sul. 2. Meio ambiente – Brasil – Mato Grosso do Sul. 3. Planejamento territorial – Brasil – Mato Grosso do Sul. 4. Geologia ambiental – Brasil – Mato Grosso do Sul. I. Theodorovicz, Antonio Barreto (Org.). II. Título.

CDD 551.098171

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 DE MATO GROSSO DO SUL** aqui apresentado. Trata-se de um produto concebido para oferecer aos diversos segmentos da sociedade sul-mato-grossense 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 sul-mato-grossense 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 de Mato Grosso do Sul foi gerado a partir dos SIGs do Mapa Geológico do Estado de Mato Grosso do Sul (2006), escala 1:500.000, e do Mapa Geodiversidade do Brasil (2006), escala 1:2.500.000, bem como 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 de Mato Grosso do Sul – 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

1. INTRODUÇÃO	09
Pedro A. dos Santos Pfaltzgraff, Antônio Theodorovicz, Angela Maria de Godoy Theodorovicz	
2. CURIOSIDADES SOBRE A GEOLOGIA DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL À LUZ DA TECTÔNICA DE PLACAS	15
Antônio Theodorovicz	
3. METODOLOGIA E ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS EM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	25
Maria Angélica B. Ramos, Marcelo E. Dantas, Antônio Theodorovicz, Valter J. Marques, Vitório O. Filho, Maria Adelaide M. Maia, Pedro A. S. Pfaltzgraff	
4. GEODIVERSIDADE: ADEQUABILIDADES/POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES FRENTE AO USO E À OCUPAÇÃO	41
Angela Maria de Godoy Theodorovicz, Antônio Theodorovicz	
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	135
Angela Maria de Godoy Theodorovicz	

APÊNDICES

I . UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

II . BIBLIOTECA DE RELEVO DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

NOTA SOBRE OS AUTORES



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	09
Pedro A. dos Santos Pfaltzgraff, Antônio Theodorovicz, Angela Maria de Godoy Theodorovicz	
2. CURIOSIDADES SOBRE A GEOLOGIA DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL À LUZ DA TECTÔNICA DE PLACAS	15
Antônio Theodorovicz	
3. METODOLOGIA E ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS EM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	25
Maria Angélica B. Ramos, Marcelo E. Dantas, Antônio Theodorovicz, Valter J. Marques, Vitório O. Filho, Maria Adelaide M. Maia, Pedro A. S. Pfaltzgraff	
4. GEODIVERSIDADE: ADEQUABILIDADES/POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES FRENTE AO USO E À OCUPAÇÃO	41
Angela Maria de Godoy Theodorovicz, Antônio Theodorovicz	
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	135
Angela Maria de Godoy Theodorovicz	

APÊNDICES

I . UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

II . BIBLIOTECA DE RELEVO DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

NOTA SOBRE OS AUTORES

GEODIVERSIDADE

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

Embora seja o sustentáculo para o desenvolvimento da vida na superfície terrestre, o substrato tem recebido menos atenção e estudo que os seres que se assentam sobre ele. Partindo dessa afirmação, são mais antigos e conhecidos o termo e o conceito de biodiversidade que os referentes 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 faz com que essas rochas, minerais, fósseis e solos sejam o substrato para a vida na Terra. Isso inclui suas relações, propriedades, interpretações e sistemas que se inter-relacionam com a paisagem, as pessoas e culturas.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

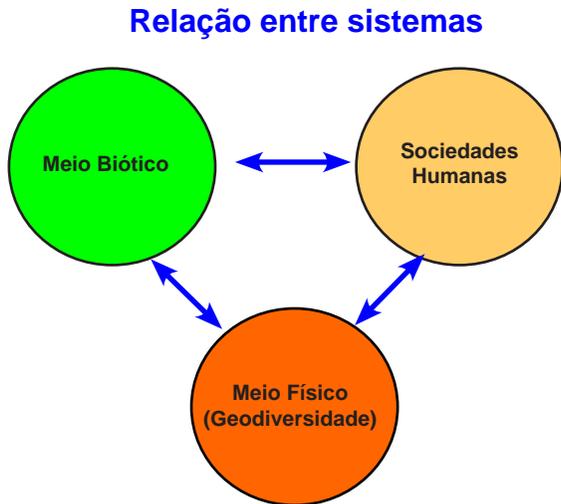


Figura 1.1 – Relação de interdependência entre os meios físico, biótico e a sociedade.

APLICAÇÕES

O conhecimento da geodiversidade nos leva a identificar, de maneira mais segura, 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 do meio físico e de sua capacidade de suporte para subsidiar atividades produtivas sustentáveis (Figura 1.2).



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

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

No caso de uma região do estado de Mato Grosso do Sul, sustentada por solos residuais de rochas basálticas

e com relevo excessivamente plano (Figura 1.3), o que poderíamos supor em termos de limitações, adequabilidades e problemas ambientais frente às várias possibilidades de uso e ocupação?

Em se tratando de uso agrícola, verifica-se que basaltos, independentemente de outras variáveis, alteram-se para solos argilosos, liberando vários nutrientes, onde, no caso de um relevo plano, predomina a pedogênese sobre a morfogênese. Nessa situação, o solo é bem evoluído e há uma diferença significativa de permeabilidade entre os horizontes superiores e os inferiores. Como aspectos positivos, solos argilosos são bastante porosos, de boa capacidade hídrica e de reter elementos – respondem bem à adubação, assimilam bem matéria orgânica e mantêm boa disponibilidade de água para as plantas por longo tempo dos períodos secos, assim como se trata de um relevo sem impedimentos ao uso de maquinários motorizados e de muito baixo potencial de erosão hídrica. Por outro lado, o horizonte agrícola dos solos com pedogênese avançada apresenta baixa fertilidade natural e costuma ser excessivamente ácido. Nesse tipo de relevo, tanto o escoamento superficial como subsuperficial são precários, o que, aliado à baixa permeabilidade dos horizontes inferiores do solo, possibilita que se forme lençol freático, permanente ou temporário, próximo da superfície, acarretando solos maldrenados, apodrecimento de plantas de raízes profundas, contaminação direta do lençol freático por poluentes agrícolas etc.

Rebaixar o nível do lençol freático para melhorar a drenabilidade e secar o solo dessas áreas com abertura de valas (Figura 1.3) é prática não-recomendável, uma vez que as áreas úmidas são de grande importância ambiental e hídrica. Assim, no contexto de um planejamento racional, as características naturais de uma área como essa deveriam ser preservadas.



Figura 1.3 - Terrenos basálticos de região próxima a Campo Grande, com problemas de deficiência de escoamentos superficial e subsuperficial.

Em outro exemplo, destacamos um modelo de urbanização em que os arruamentos são quadriculados e o terreno é arenoso e declivoso. Nesse modelo, muitos dos arruamentos ficam concordantes com o declive do terreno, funcionando, assim, como vias de concentração das águas das chuvas, que, nesse local, formam fortes enxurradas de muito alto potencial erosivo e destruidor de obras. Ademais, esse traçado exige a execução de escavações profundas e, no caso, em materiais problemáticos do ponto de vista geotécnico. Muitos problemas poderiam ser evitados se o traçado fosse executado em concordância com as curvas de nível e desenhado de forma a quebrar – e não concentrar – a energia das águas das chuvas (Figura 1.4).



Figura 1.4 - Focos erosivos em um arruamento concordante com o declive de um terreno arenoso (Bataguassu, MS).

O conhecimento e a consideração das características dos materiais geológicos formadores do substrato de uma região auxiliam na indicação de aptidões e restrições de uso desses materiais, como também apontam alguma forma de prevenção. Por exemplo, podem evitar processos erosivos como os constatados ao longo das rodovias do estado – a prática inadequada de retirar material de empréstimo das laterais das estradas deixa expostos à ação das águas das chuvas horizontes de solo altamente suscetíveis à erosão.

Além dos impactos ambientais negativos, essa prática implica gastos elevados contínuos para execução de obras recuperativas, uma vez que os processos erosivos alcançam rapidamente o leito pavimentado (Figuras 1.5 e 1.6).

Importantes 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 trajeto planejado para as ferrovias Transnordestina, Este-Oeste e Norte-Sul, em que o conhecimento das características da geodiversidade da região se faz importante para escolha não só dos métodos construtivos do empreendimento como também para o total aproveitamento econômico das regiões no entorno desses projetos.



Figura 1.5 - Erosão induzida pela exposição à concentração das águas das chuvas em solos arenosos em uma rodovia em construção e com o pavimento já comprometido pelos processos erosivos (Estrada Campo Grande/Rio Negro).



Figura 1.6 Foco erosivo induzido pela exposição de materiais à base de argilominerais expansivos (rodovia BR-267, região de Jardim).

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 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

CURIOSIDADES SOBRE A GEOLOGIA DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL À LUZ DA TECTÔNICA DE PLACAS

Antônio Theodorovicz (*antonio.theodorovicz@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

SUMÁRIO

Introdução	17
Rochas dos tempos pré- e sin-rodínia.....	18
Rochas dos tempos sin- e pós-pangeia/gondwana	18
Tectônica de fragmentação e separação de massas continentais e rochas correlacionadas	21
Fragmentação de um continente	21
Formação da cadeia meso-ocêânica.....	22
Expansão do fundo oceânico e consolidação de um oceano.....	22
Inversão da fase de expansão para a de contração de um oceano.....	23
Extinção do oceano.....	24

INTRODUÇÃO

A Teoria da Tectônica de Placas é um grupo de conceitos que procura explicar as complexidades geológicas da Terra como resultantes de um contínuo movimento de placas tectônicas que se afastam ou se aproximam uma das outras, conceitos estes advindos da hipótese da Deriva Continental, formulada por Alfredo Wegener em 1912, a qual postula que os continentes atuais, que hoje se encontram separados, há cerca de 500 milhões de anos estiveram unidos em uma única massa continental denominada Pangeia, a qual, por sua vez, dividiu-se, dando origem à atual configuração continental.

Segundo essa teoria, continentes se formam ou se dividem porque a litosfera – parte mais externa da crosta da Terra, que é solidificada – sempre foi compartimentada em várias placas tectônicas, as quais, sobre a astenosfera – parte em que a crosta começa a ser mais viscosa e quente – movimentam-se, fazendo com que a configuração continental e oceânica da Terra e, por consequência, os arcabouços geológicos e geomorfológicos, encontrem-se em contínuo processo de transformação.

Atualmente, baseando-se nessa teoria, os geocientistas admitem que, antes de Pangeia existir, por várias vezes, desde que a Terra começou a se formar, há cerca de 4,5 bilhões de anos, obedecendo a uma periodicidade de aproximadamente 500 milhões de anos, massas continentais ou se uniram para formar supercontinentes ou se fragmentaram para formar várias massas continentais.

Assim, admite-se que, entre 2,3 e 1,8 bilhões de anos, existiu um supercontinente denominado Atlântica, o qual, entre 1,8 e 1,6 bilhões de anos, ter-se-ia dividido em vários outros continentes, que, por sua vez, entre 1,6 e 1,00 bilhão de anos, voltaram a se unir para formar o megacontinente Rodínia.

Por volta de 600 milhões de anos, um processo de fragmentação sobre o Rodínia teria se implantado, levando-o a se dividir em três grandes massas: Gondwana Leste, Laurentia e Gondwana Oeste, essa última, de especial interesse porque englobava parte do que hoje é o território brasileiro. Chegou-se a um momento em que essas massas se uniram novamente, para formar um outro supercontinente

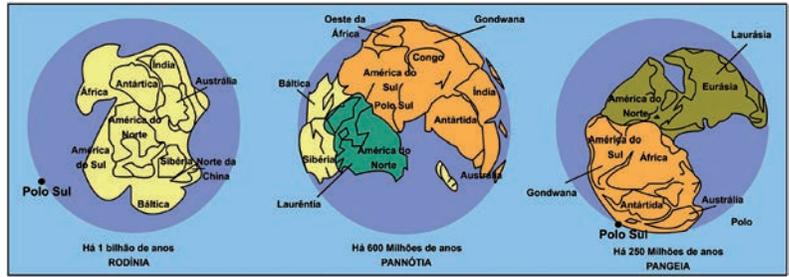


Figura 2.1 - Configuração paleocontinental da Terra entre 1 bilhão e 250 milhões de anos.

– Pannótia –, que também se dividiu e cuja existência, em termos geológicos, supõe-se, teve curta duração.

Há cerca de 250 milhões de anos, as massas continentais derivadas da divisão do Pannótia voltariam a se unir, para formar o supercontinente Pangeia (Figura 2.1).

Há mais ou menos 180 milhões de anos, o Pangeia se compartimentou em duas grandes massas: ao norte, a Laurásia, formada pelas atuais América do Norte, Europa e Ásia; ao sul, o Gondwana, formado pelas atuais América do Sul, África, Índia, Antártida e Austrália.

Há mais ou menos 135 milhões de anos, uma nova tectônica distensiva se implantou, fazendo com que essas duas massas se divissem em vários blocos, que iniciaram um processo de afastamento uns dos outros, dando origem à atual configuração continental da Terra, na qual o continente africano ainda está a se separar do continente sul-americano alguns centímetros por ano.

Nos diferentes momentos dessa tectônica que envolve movimentação de massas continentais, formação e extinção de oceanos, os mais diversos tipos de rochas se formam e rochas que os precedem deformam-se e se metamorizam, transformando-se em outras rochas bem diferentes do que eram originalmente.

As rochas, em sua diversidade e, por consequência, as variações geomorfológicas e os diferentes ecossistemas que existem no estado de Mato Grosso do Sul, que, de acordo com os objetivos deste trabalho, foram diferenciados em vários domínios e unidades geológico-ambientais, exibem evidências de que se formaram ou se transformaram a partir da superposição de vários eventos tectônicos que envolveram fragmentação de massas continentais, abertura e fechamento de oceanos, desenvolvidos em tempos pré-, sin- e pós-existência dos supercontinentes Rodínia e Pangeia (Figura 2.2).

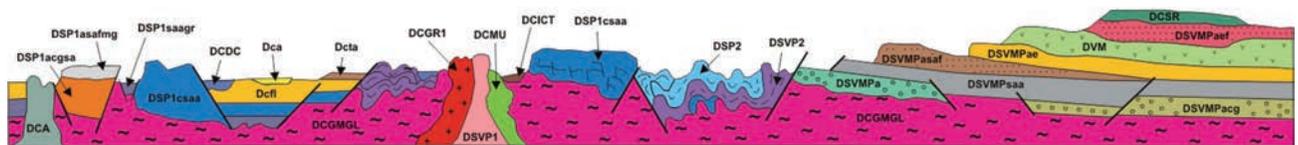


Figura 2.2 - Perfil leste-oeste, esboçando como se relacionam os diferentes domínios e unidades geológico-ambientais no estado de Mato Grosso do Sul.

Dca – Planícies aluvionares recentes; DCfl2 – Planície fluviolacustre do Pantanal; Dcta – Terraços aluvionares; DCICT – Depósito de tálus e colúvios; DCSR – Sedimentos cenozoicos associados a superfícies de aplainamentos; DCDC – Coberturas cenozoicas detritocarbonáticas; DSVMP – Sedimentos mesozoicos depositados em vários ambientes, associados à bacia do Paraná; DVM – Rochas vulcânicas extrusivas mesozoicas; DCA – Rochas magmáticas alcalinas; DSP1 – Coberturas sedimentares proterozoicas não ou muito pouco dobradas e metamorizadas; DSV1 – Rochas vulcânicas ácidas a intermediárias proterozoicas; DSP2 – Sequências sedimentares proterozoicas dobradas, metamorizadas de baixo a médio grau; DSV2 – Sequências vulcanossedimentares proterozoicas dobradas e metamorizadas de baixo a alto grau; DCMU – Corpos máficos proterozoicos metamorizados; DCGR1 – Rochas granitoides não-deformadas; DCGMGL – Rochas granito-gnáissico migmatíticas.

Tomando-se por referência essa história paleocontinental, apresenta-se, de modo sintético, como as rochas que sustentam os diferentes domínios geológico-ambientais com ela se relacionam.

ROCHAS DOS TEMPOS PRÉ- E SIN-RODÍNIA

São encontradas nos terrenos diferenciados como domínios e unidades geológico-ambientais DCGMGL, DCGR1, DSVP2, DSP2mqmtc, DSP2sag, DSVP1. São rochas cujas características e datações geocronológicas indicam que se formaram entre 2,2 e 1,75 bilhões de anos, em consequência de uma tectônica que teria envolvido abertura e fechamento de oceanos muito antigos. Provavelmente, devido ao fechamento desses oceanos, várias massas continentais se juntaram umas às outras para formar, por volta de 1 bilhão de anos, o supercontinente Rodínia.

Esse supercontinente teria permanecido como massa continental única até por volta de 600 milhões de anos, quando um processo de fragmentação sobre ele teria se implantado, dividindo-o em várias massas continentais, as quais iniciaram um processo de afastamento umas das outras, possibilitando que nas zonas de separação novos oceanos se formassem.

Durante a fase de fragmentação do Rodínia, formaram-se várias bacias sedimentares. Rochas depositadas em uma dessas bacias são encontradas nos terrenos diferenciados como unidades geológico-ambientais DSP1acgsa, na qual foi englobada a Formação Urucum; DSP1asafmg, correspondente à Formação Santa Cruz (Figura 2.3) e DSP1saagr, correspondente à Formação Puga.

O processo de fragmentação do Rodínia evoluiu para a abertura de um oceano. Rochas depositadas nesse ambiente oceânico são encontradas nos terrenos diferenciados como unidades geológico-ambientais DSP2mqsafmg (na qual foram agrupadas as rochas quartzoarenosas do Grupo Cuiabá) e DSP1csaa (na qual foram englobadas as rochas calcárias das formações Cerradinho, Tamengo e Bocaina) (Figura 2.4).



Figura 2.3 - Vista parcial da morraria do Urucum, sustentada por sedimentos das formações Urucum (base) e Santa Cruz (topo), respectivamente diferenciadas como subdomínios DSP1acgsa e DSP1asafmg.



Figura 2.4 - A bela serra da Bodoquena, sustentada por rochas calcárias diferenciadas como unidade geológico-ambiental DSP1csaa.

Chegou-se a um momento em que, por causas ainda não bem conhecidas, todos os continentes gerados pela fragmentação do Rodínia iniciaram um processo de movimentação para uma mesma direção. Com isso, os oceanos que existiam entre eles se extinguíram e um novo processo de junção aconteceu para formar, novamente, há cerca de 500 milhões de anos, um novo supercontinente: Pangeia.

ROCHAS DOS TEMPOS SIN- E PÓS-PANGEIA/ GONDWANA

Depois que o Pangeia se formou, a Terra teria passado por um longo período de relativa calma tectônica. No entanto, esporadicamente, reativações tectônicas aconteciam, fazendo com que falhas geológicas soerguessem ou rebaixassem, uma em relação à outra, grandes superfícies do Pangeia, dando origem às maiores bacias sedimentares do mundo. Foi assim que sobre o bloco Gondwana do Pangeia se formou a imensa Bacia Sedimentar do Paraná, um importante compartimento tectônico que recobre boa parte das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e se faz presente no estado de Mato Grosso do Sul por meio de sua borda extremo-oeste, onde seus sedimentos aparecem sustentando a serra do Maracaju, terrenos correspondentes ao domínio geológico-ambiental DSVMP.

Ao longo de sua história evolutiva, que durou mais de 450 milhões de anos, a Bacia Sedimentar do Paraná passou por várias e drásticas mudanças climáticas. Alternavam-se longos períodos muito quentes e muito secos (áridos e semiáridos) com longos períodos muito frios, até glaciais. Durante os períodos quentes, o gelo dos polos derretia-se, fazendo com que o nível do mar subisse e invadisse a Bacia Sedimentar do Paraná, possibilitando que nela se depositassem sedimentos de ambiente marinho. Quando o clima mudava para muito frio, o nível do mar abaixava e suas águas afastavam-se; assim, a deposição marinha dava lugar à deposição continental.

Por causa dessa variação climática, a Bacia Sedimentar do Paraná foi gradativamente preenchida pelos mais variados tipos de sedimentos.

Em seus momentos iniciais de formação, que aconteceu por volta de 443 milhões de anos, no Permiano, até 145 milhões de anos, quando se inicia o Cretáceo, depositaram-se sedimentos associados a ambientes que transicionavam de continentais, glaciais a marinhos. Sedimentos dessa fase ocorreram na região nos terrenos diferenciados como unidades geológico-ambientais DSVMPa, correspondente à unidade que, nos mapas geológicos, é reportada como pertencente à Formação Furnas (Figura 2.5); DSVMPacg, correspondente aos sedimentos arenoconglomeráticos da Formação Rio Ivaí; DSVMPasaf, que engloba sedimentos das formações Aquidauana e Palermo; DSVMPsaa, unidade em que foram agrupados os sedimentos da Formação Ponta Grossa (Figura 2.6).



Figura 2.5 - Uma bela escultura formada em decorrência da alteração diferencial de arenitos laterizados da formação Furnas (Cidade das Pedras, Sonora, MS).



Figura 2.6 - Sedimentos siltico-argilosos da formação Ponta Grossa, depositados durante uma fase em que o mar teria invadido a bacia sedimentar do Paraná.

A partir do Cretáceo, houve uma mudança drástica no clima e a Terra passou por um longo período muito seco, que variava de árido a semiárido, ou seja, um clima de deserto. Foi nesse período e nesse tipo de ambiente que se depositaram os espessos pacotes de arenitos que sustentam os terrenos diferenciados como unidade geológico-ambiental DSVMPae, que corresponde à Formação Botucatu (Figura 2.7), composta por um espesso pacote de areia depositado pela ação dos ventos, por isso, de excelentes características hidrodinâmicas, constituindo-se na principal unidade hidrogeológica do Aquífero Guarani, um dos maiores reservatórios de água subterrânea do mundo.



Figura 2.7 - A bela cachoeira Água Branca, cujo paredão é formado de arenitos eólicos da formação Botucatu (Pedro Gomes, MS).

Depois que se depositaram os arenitos da Formação Botucatu, por muitos milhões de anos ainda o Pangeia e o Gondwana se mantiveram como massa continental única.

No entanto, por volta de 135 e 110 milhões de anos, um processo de fragmentação se implantou, dividindo-o em vários blocos, os quais iniciaram um processo de separação. A partir daí, da porção do Gondwana iniciou-se o processo de separação entre os continentes sul-americano e africano, que se encontra em pleno desenvolvimento e é responsável

peelo fato de o oceano Atlântico ser um oceano ainda em expansão e de esses dois continentes estarem se separando alguns centímetros por ano (Figura 2.8).

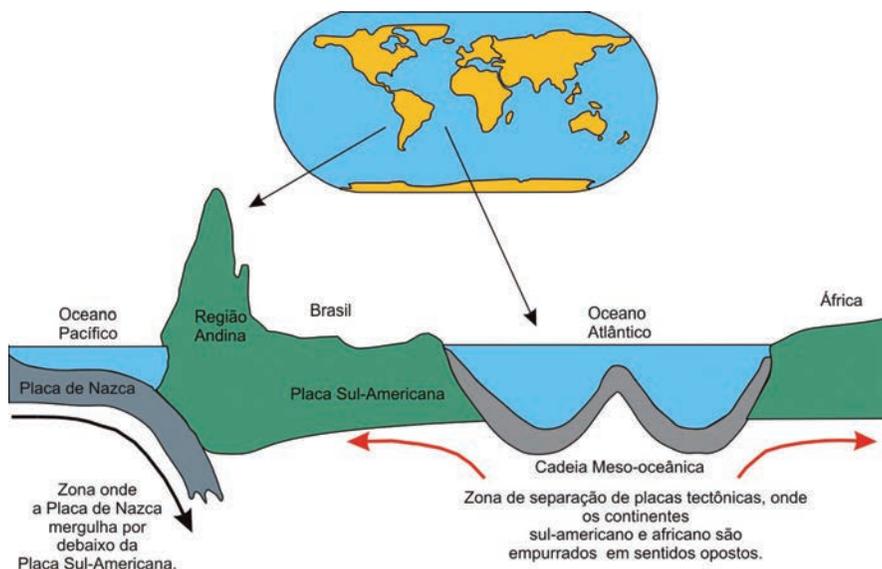


Figura 2.8 - Atual configuração morfo-tectônica do continente sul-americano.

Rochas associadas ao magmatismo que, provavelmente, antecedeu a implantação definitiva do processo de fragmentação do Gondwana, fazem-se presentes na região nos terrenos do domínio geológico-ambiental DCA, sustentado por rochas alcalinas, as quais aparecem edificando os diversos morros que existem isolados em meio ao pantanal da região norte de Porto Murtinho, terrenos reportados nos mapas geológicos como Suíte Alcalina Fecho dos Morros.

À medida que se implantou por definitivo o processo de fragmentação do Gondwana, aconteceu um dos maiores eventos vulcânicos de caráter fissural que se conhece na história geológica da Terra. Profundas fendas se abriram e, por elas, durante um longo tempo, um imenso volume de magma, principalmente de composição básica e, secundariamente, ácida e intermediária, bastante fluido, proveniente de altas profundidades da Terra, infiltrou-se e extravasou sob a forma de sucessivos derrames de lavas, que cobriram, com mais de 1.500 m de espessura, extensões do território sul-americano que se estendem do Mato Grosso ao Paraguai, Uruguai e Argentina.

Esse extraordinário evento magmático encontra-se representado na região pelas rochas do domínio geológico-ambiental DVM, sustentado principalmente por uma sucessão de derrames de lavas básicas, cristalizadas em basaltos (Figura 2.9), rochas das quais se origina a famosa e fértil Terra-Roxa, como a que ocorre nas regiões de Campo Grande e Dourados, dentre outras.

Esse processo de separação entre os continentes africano e sul-americano foi e ainda é acompanhado de atividade tectônica, intrínseca ao próprio processo de separação, e também em decorrência da pressão exercida pela Placa de Nazca (Figura 2.8), que se desloca em sentido contrário ao da Placa Sul-Americana.

Em decorrência dessa tectônica, durante o Cretáceo (entre 144 e 65 milhões de anos) – portanto, depois que ocorreu o magmatismo que formou os derrames basálticos –, grandes falhas geológicas fizeram com que se elevassem e se abatessem umas em relação às outras grandes superfícies do continente sul-americano. Assim, entre mais ou menos 120 e 65 milhões de anos, portanto, ainda no Cretáceo, sobre as rochas basálticas formou-se uma outra bacia sedimentar, a Bacia Bauru, na qual, também em clima árido e semiárido, depositaram-se, principalmente, espessos pacotes de arenitos finos, os quais, nos mapas geológicos, são reportados como pertencentes às formações Vale do

Rio do Peixe e Santo Anastácio e ao Grupo Caiuá, unidades geológicas que foram agrupadas neste trabalho na unidade geológico-ambiental DSVMPaef.



Figura 2.9 - Rochas basálticas exploradas para obtenção de brita.

Depois que se depositaram os sedimentos da Bacia Bauru, o continente sul-americano começou a ficar muito afastado tanto da zona de expansão (cadeia meso-oceânica) como da zona de convergência (região andina). Em consequência, os efeitos tectônicos foram se atenuando na

zona continental. Em um ambiente de calma tectônica, no Terciário, entre 23 e 1,8 milhões de anos, depositaram-se sobre as sequências anteriores e a partir da erosão delas, também em clima árido, os sedimentos do domínio geológico-ambiental DCSR, correspondente aos terrenos reportados na literatura como pertencentes à Formação Cachoeirinha.

Quase que finalizando a história geológica da região, ao que tudo indica, em razão de reativações tectônicas associadas ao soerguimento da cadeia de montanha andina, falhas geológicas possibilitaram que, há mais ou menos 2,5 milhões de anos, um processo de lento abatimento, que continua até os dias atuais, começasse a formar a imensa depressão da Bacia do Pantanal, esse extraordinário ecossistema (Figura 2.10), onde se depositaram e estão se depositando os sedimentos do atual ciclo de erosão. Sedimentos associados à Bacia do Pantanal foram diferenciados neste trabalho como unidades geológico-ambientais DCfl e DCta.



Figura 2.10 - Paisagem bucólica dos terrenos alagados do Pantanal.

Também, sobre as terras planas do Pantanal e sobre os terrenos calcários de relevos mais aplainados, formou-se um material carbonático proveniente do retrabalhamento fluvial e do intemperismo químico das rochas calcárias, material este considerado como pertencente à Formação Xaraés, cuja correspondência se faz com o domínio geológico-ambiental DCDC. Material carbonático ainda está se precipitando ao longo dos cursos d'água supersaturados em carbonatos, dando origem às famosas tufas calcárias que aparecem edificando, ao longo dos cursos, algumas das mais belas e inusitadas esculturas naturais e muitas cachoeiras que existem na região da serra da Bodoquena (Figura 2.11).

Por fim, fechando a história geológica da região, têm-se as planícies aluviais, terrenos distinguidos como unidade geológico-ambiental DCa, que são as áreas planas que margeiam os cursos d'água e nas quais os rios depositaram e estão depositando os sedimentos por eles transportados durante as enchentes.



Figura 2.11 - A bela cachoeira Boca da Onça, por cujo paredão, revestido de tufas calcárias (material carbonático), escorrem as águas.

TECTÔNICA DE FRAGMENTAÇÃO E SEPARAÇÃO DE MASSAS CONTINENTAIS E ROCHAS CORRELACIONADAS

Nos subitens a seguir, exemplificam-se os diversos estágios que caracterizam o início/término de um evento tectônico que leva continentes a se fragmentarem ou a se juntarem e oceanos a se abrirem ou a se extinguírem, assim como se apresentam as correlações existentes entre as rochas que sustentam os diferentes domínios e unidades geológico-ambientais e os diferentes momentos de sua evolução.

Fragmentação de um Continente

Um processo de separação de uma massa continental inicia-se porque, em uma determinada região da Terra, abaixo dessa massa continental, ocorre um aumento do fluxo térmico do manto. Essa fase precursora de um evento de fragmentação de uma crosta continental (Figura 2.12) é acompanhada de manifestações magmáticas, geralmente de composição alcalina.

Esse momento tectônico, ao que tudo indica, precedendo a materialização de ruptura do Gondwana e a abertura do oceano Atlântico, muito provavelmente está representado na região pelas rochas alcalinas diferenciadas como domínio geológico-ambiental DCA, correspondente

aos terrenos reportados nos mapas geológicos como Suíte Intrusiva Fecho dos Morros.

Esse fluxo térmico causa um arqueamento da crosta continental. Com isso, nessa região, ela começa a se fendilhar, possibilitando que se formem falhas que soerguem e rebaixam um bloco em relação a outro bloco da crosta continental. Essas áreas abatidas transformam-se em bacias sedimentares, as quais podem ou não evoluir para a abertura de um oceano. Em uma dessas bacias, formada durante a fase inicial de fragmentação do Rodínia (e, no caso, em uma bacia que não evoluiu para um oceano), depositaram-se os sedimentos reportados na literatura geológica como pertencentes à Formação Puga, englobada na unidade geológico-ambiental DSP1saagr, bem como os do Grupo Jacadigo, composto pela Formação Urucum, englobada na unidade geológico-ambiental DSP1acgsa, e Formação Santa Cruz, diferenciada como unidade geológico-ambiental DSP1asafmg, muito conhecida porque a ela se associam as importantes minas ferromanganesíferas da região de Urucum.

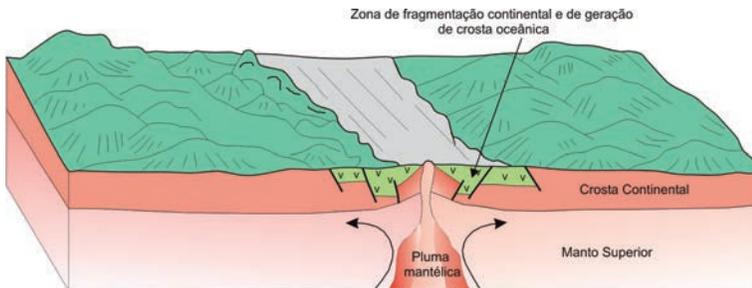


Figura 2.12 - Fragmentação continental.

Na sequência do processo de fragmentação de um continente, pelas fendas que se abrem um magma muito quente, de composição básico-ultrabásica e alcalina, proveniente de altas profundidades, começa a se infiltrar. Esse magma origina as correntes de convecção, que se formam porque o magma quente, ao chegar próximo à superfície, entra em atrito com a litosfera rígida, perde calor, desloca-se lateralmente e desce, gerando um movimento circulatório, o qual faz com que os blocos da massa continental fragmentada comecem a se deslocar em sentidos opostos, formando na zona de separação uma fossa tectônica, a qual passa a ser o embrião de um oceano, cuja base, que começa a ser formada, é composta de rochas derivadas do magma que se infiltra continuamente pelas fendas (Figura 2.13). Rochas associadas a esse momento tectônico e, no caso, relacionado à fase inicial de afastamento entre os continentes sul-americano e africano, ocorrem na área sustentando os terrenos do domínio geológico-ambiental DVM.

Na continuidade desse processo, o magma vai extravasando lateralmente. Assim, começa a se formar e a crescer uma crosta oceânica, ou fundo oceânico, composto de rochas magmáticas básicas.

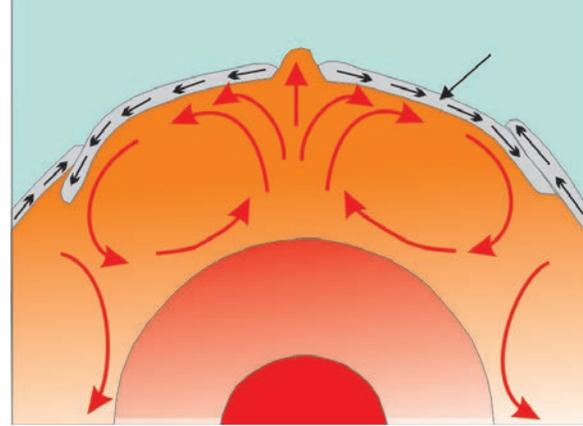


Figura 2.13 - Desenho esquemático da atuação das correntes de convecção (fenômeno que faz com que os blocos de um continente fragmentado iniciem um processo de afastamento uns dos outros).

Formação da Cadeia Meso-Oceânica

Com a ampliação do processo de divergência e contínua subida de material magmático, a fase de ruptura dá lugar à formação da cadeia meso-oceânica (Figura 2.14), ou seja, elevações de rochas vulcânicas que se formam na zona de ruptura, a qual passa a ser um limite de divergência entre dois blocos que iniciam um processo de separação. Em razão do contínuo aporte de material magmático em ambos os lados da cadeia meso-oceânica, um fundo oceânico vai

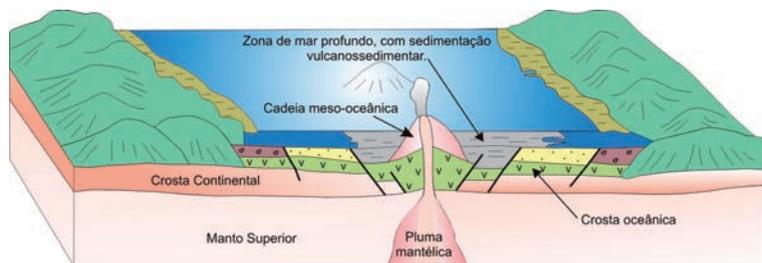


Figura 2.14 - Formação da cadeia meso-oceânica e expansão de um oceano.

se originando e crescendo lateralmente, fazendo com que a fossa oceânica se amplie gradativamente.

Rochas provavelmente remanescentes de crostas oceânicas basálticas muito antigas – uma formada entre 2,2 e 1,95 bilhões de anos; outra, em torno de 800 milhões de anos – são encontradas nos terrenos da unidade geológico-ambiental DSVP2bu.

Expansão do Fundo Oceânico e Consolidação de um Oceano

À medida que o oceano vai se expandindo (Figura 2.15), nele se depositam sedimentos diversos, como

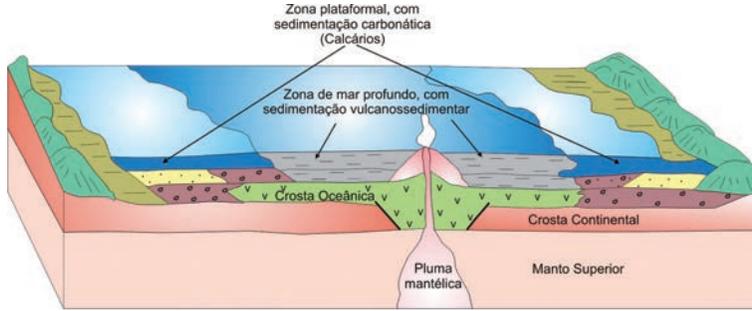


Figura 2.15 - Consolidação de um oceano.

cascalho, areia, argila, dentre outros, transportados dos continentes pelos rios, bem como precipitados químicos. A fase inicial de expansão oceânica é acompanhada de intensa atividade magmática. Assim, juntamente com os sedimentos, deposita-se grande quantidade de rochas vulcânicas.

Vestígios dessas sequências vulcanossedimentares associadas a um ambiente oceânico que teria existido entre 2,2 e 1,95 bilhões de anos, portanto, em tempos pré-formação do Rodínia, são encontrados nos terrenos correspondentes ao Grupo Alto Tererê, englobados na unidade geológico-ambiental DSVP2bu.

Por muitos milhões de anos, um oceano se expande e vai ficando cada vez maior, o que possibilita que nele se formem os mais diversos tipos de ambientes tectonodeposicionais. Chega-se a um momento em que um oceano atinge tamanhas proporções que a linha de costa, também conhecida como plataforma continental, fica muito afastada da zona de expansão (da cadeia meso-oceânica), a exemplo do que acontece hoje com a costa brasileira. Nessa região, os efeitos tectônicos se atenuam, configurando-se uma situação ambiental especial, propícia a que se depositem, juntamente com outros sedimentos oriundos da área continental, precipitados químicos carbonáticos, os quais dão origem às rochas calcárias. Tais rochas, formadas em uma zona de transição de plataforma rasa para mar um pouco mais profundo e associadas a um ambiente oceânico mais novo que o anteriormente citado, que teria se formado e extinguido entre 800 e 650 milhões de anos, são encontradas nos terrenos da unidade geológico-ambiental DSP2mcsaa, na qual foram englobadas as rochas calcárias que, nos mapas geológicos, são consideradas como pertencentes ao Grupo Cuiabá.

Nesse ambiente oceânico, também em uma zona plataformal, agora de mar bem raso, teriam se depositado os espessos pacotes de rochas calcárias que sustentam a serra da Bodoquena, bem como as que ocorrem na região de Corumbá, reportadas nos mapas geológicos como pertencentes às formações Cerradinho, Tamengo e Bocaina, as quais foram agrupadas neste trabalho na unidade geológico-ambiental DSP1csaa.

Inversão da Fase de Expansão para a de Contração de um Oceano

Em sendo a Terra redonda e porque ao longo de sua história evolutiva sempre existiram várias placas tectônicas se deslocando ao mesmo tempo, logicamente pode se chegar a um momento em que duas placas tectônicas, carregando oceanos ou continentes, desloquem-se para a mesma direção, exercendo, com isso, uma força ao contrário, uma sobre a outra (Figura 2.16).

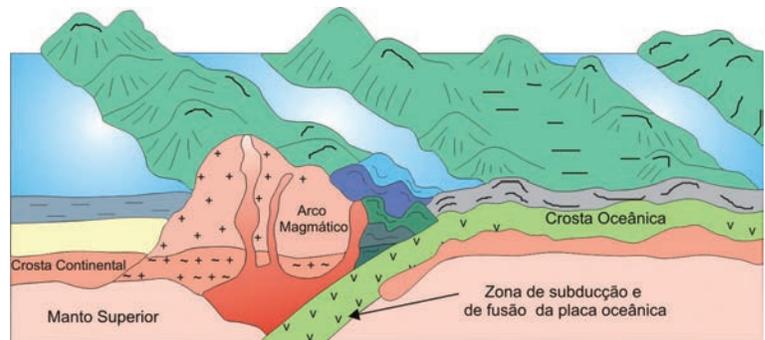


Figura 2.16 - Contração de um oceano.

Nessa situação, o processo de expansão de um oceano se inverte para um processo de contração e é gerada uma zona de convergência de placas tectônicas. O que acontece em termos tectônicos nessa zona depende da natureza das placas que se aproximam: (i) se ambas as placas são de natureza continental, a zona de convergência se caracteriza como uma zona de colisão de massas continentais; (ii) se ambas são de natureza oceânica (de natureza basáltica), isso leva, também, continentes a se chocarem; (iii) caso uma placa seja oceânica e a outra, continental, a placa oceânica, por ser mais densa, mergulha por sob a placa continental, configurando-se uma zona de subducção, onde, ao final do processo, a quase totalidade da placa oceânica é consumida, permanecendo na superfície apenas vestígios dela.

Esse tempo de contração e consumo da placa oceânica é acompanhado por um processo de deformação, de dobramento e de esquentamento diferenciado das rochas, cujos resultados, em termos de transformações das sequências afetadas, dependem da profundidade e do ambiente que elas ocupam na zona de convergência.

Em razão desse esquentamento sob pressão, as camadas de sedimentos detríticos (areia, argila, cascalho), as de precipitados químicos (calcários) e as rochas vulcânicas, que eram horizontalizadas, dobram-se e os materiais metamorfizam-se, ou seja, transformam-se em rochas bem diferentes do que eram originalmente – camadas de areia submetidas a menor esquentamento transformam-se em metarenito; as submetidas a tem-

peraturas muito elevadas, transformam-se em quartzitos; as argilas transformam-se em metargilitos, filitos ou xistos e assim por diante (Figura 2.17).



Figura 2.17 - Rocha calcária do grupo Cuiabá, dobrada como um papel amassado.

Tal metamorfização se deu com as seqüências dos domínios geológico-ambientais DSVP2 e DCMU, as quais se diferenciam por serem rochas metamórficas complexamente deformadas.

Em determinados lugares, esses sedimentos, bem como as rochas do continente sobre o qual se formou um oceano, podem ser submetidos a temperaturas e pressões tão elevadas que podem se fundir total e/ou parcialmente, dando origem a um tipo especial de rocha denominada gnáissico-migmatítica. Rochas que sofreram esse tipo de deformação e esquentamentos são encontradas nos terrenos do domínio geológico-ambiental DCGMGL. Datações geocronológicas indicam que elas se originaram entre 1.000 e 900 milhões de anos, a partir da fusão total ou parcial de rochas que teriam sido geradas entre 2.200 e 1.750 milhões de anos. Por isso, supõe-se que sejam vestígios de supercontinentes anteriores ao Rodínia.

Extinção do Oceano

O processo de dobramento das camadas as leva a emergirem em meio às águas oceânicas, obrigando essas águas a migrarem para outros lugares, continuamente, até o momento em que o oceano se extingue completamente e o que era mar se transforma em montanhas, como o ocorrido na região da serra da Bodoquena (Figura 2.18). Nessa fase final, os efeitos tectônicos se estabilizam, mas manifestações magmáticas tardias podem ocorrer, originando os granitos conhecidos como pós-tectônicos.

Tais granitos sustentam os terrenos diferenciados como domínio geológico-ambiental DCGR1, no qual se agruparam os granitos não-deformados conhecidos como Taboco, Rio Negro, Coxim e Aluminador, gerados há cerca de 500 milhões de anos, portanto, associados à fusão de uma crosta oceânica que existiu em tempos pós-Rodínia e pré-Pangeia.

Em consequência dessa complexa e longa história geológica, no estado de Mato Grosso do Sul existem os mais diversos tipos de terrenos e cada qual com suas particularidades em termos de respostas ao uso e à ocupação, o que levou a compartimentá-lo, neste trabalho, em vários domínios e unidades geológico-ambientais, conforme apresentado no Capítulo 4 (Geodiversidade: Adequabilidades/Potencialidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação).



Figura 2.18 - Transformação de um oceano em montanhas.

Levar tais particularidades em conta nas decisões de uso e ocupação é dever de todos e de fundamental importância para o desenvolvimento sustentado desse belo estado, cuja diversidade geológica o fez um território único e privilegiado em termos ambientais.

3

METODOLOGIA E ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS EM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Maria Angélica Barreto Ramos (*angelica.barreto@cprm.gov.br*)¹

Marcelo Eduardo Dantas (*marcelo.dantas@cprm.gov.br*)¹

Antônio Theodorovicz (*antonio.theodorovicz@cprm.gov.br*)¹

Valter José Marques (*valter.marques@cprm.gov.br*)¹

Vitório Orlandi Filho (*vitórioorlandi@gmail.com*)²

Maria Adelaide Mansini Maia (*adelaide.maia@cprm.gov.br*)¹

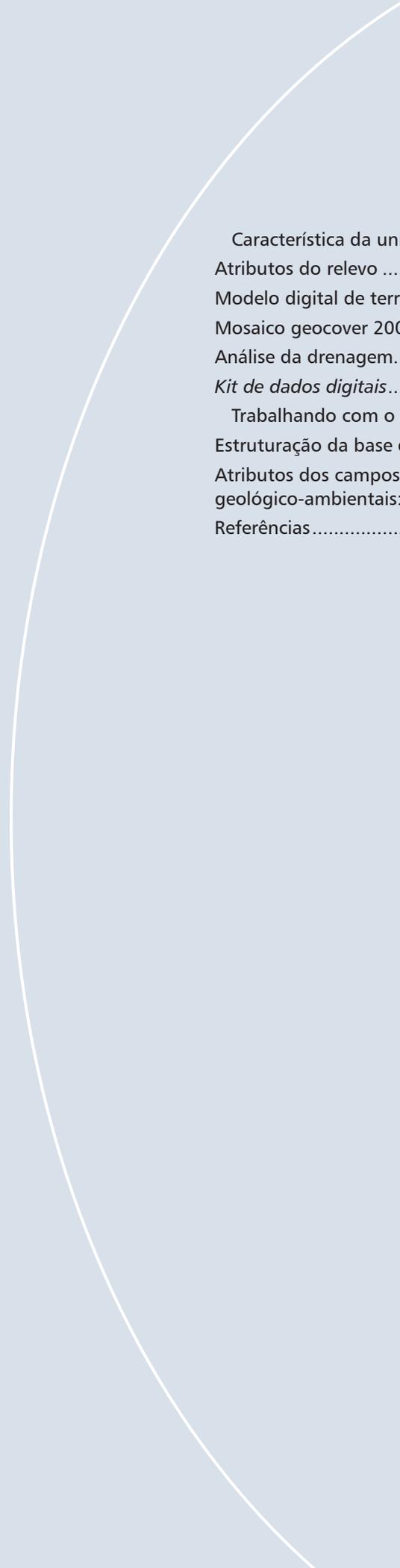
Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff (*pedro.augusto@cprm.gov.br*)¹

¹CPRM – Serviço Geológico do Brasil

²Consultor

SUMÁRIO

Introdução	27
Procedimentos metodológicos	27
Definição dos domínios e unidades geológico-ambientais	27
Atributos da geologia	28
Deformação	28
Tectônica: dobramentos	28
Tectônica: fraturamento (juntas e falhas)/cisalhamento	28
Estruturas	28
Resistência ao intemperismo físico	28
Resistência ao intemperismo químico	28
Grau de coerência	29
Características do manto de alteração potencial (solo residual)	29
Porosidade primária	30



Característica da unidade lito-hidrogeológica	31
Atributos do relevo	31
Modelo digital de terreno – shuttle radar topography mission (SRTM).....	32
Mosaico geocover 2000	33
Análise da drenagem.....	33
<i>Kit de dados digitais</i>	33
Trabalhando com o <i>kit</i> de dados digitais.....	35
Estruturação da base de dados: geobank.....	36
Atributos dos campos do arquivo das unidades geológico-ambientais: dicionário de dados	37
Referências.....	38

INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as diversas etapas que envolveram o tratamento digital dos dados no desenvolvimento do SIG Mapa Geodiversidade do Estado de Mato Grosso do Sul, 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 de Mato Grosso do Sul, informações temáticas de infraestrutura, recursos minerais, unidades de conservação, áreas de proteção ambiental (APA), terras indígenas e áreas de proteção integral e de desenvolvimento sustentável estaduais e federais, dados da rede hidrológica e de água subterrânea, áreas impactadas (erosão, desertificação), áreas oneradas pela mineração, informações da Zona Econômica Exclusiva da Plataforma Continental (ZEE), gasodutos e oleodutos, dados paleontológicos, geoturísticos e paleontológicos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Assim como para o Mapa Geodiversidade do Brasil e o 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 (CPRM/SGB), 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 (CPRM/SGB), 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 de Mato Grosso do Sul 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 de Mato Grosso do Sul, 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 (CPRM/SGB), bem como na larga experiência em mapeamento e em projetos de ordenamento e gestão do território dos profissionais da CPRM/SGB.

Em alguns casos foram agrupadas, em um mesmo domínio, unidades estratigráficas com idades diferentes, desde que a elas se aplicasse um conjunto de critérios classificatórios, como: posicionamento tectônico, nível crustal, classe da rocha (ígnea, sedimentar ou metamórfica), grau de coesão, textura, composição, tipos e graus de deformação, expressividade do corpo rochoso, tipos de metamorfismo, expressão geomorfológica ou litotipos especiais. Se, por um lado, agruparam-se, por exemplo, quartzitos friáveis e arenitos friáveis, por outro foram separadas formações sedimentares muito semelhantes em sua composição, estrutura e textura, quando a geometria do corpo rochoso apontava no sentido da importância em distinguir uma situação de extensa cobertura de uma situação de pacote restrito, limitado em riftes.

O principal objetivo para tal compartimentação é atender a uma ampla gama de usos e usuários interessados em conhecer as implicações ambientais decorrentes do embasamento geológico. Para a elaboração do Mapa Geodiversidade do Brasil (escala 1:2.500.000), analisaram-se somente as implicações ambientais provenientes de características físico-químicas, geométricas e genéticas dos corpos rochosos. Na escala 1:1.000.000, do recorte ao milionésimo e dos estados, foram selecionados atributos aplicáveis ao planejamento e dos compartimentos de relevo, reservando-se para as escalas de maior detalhe o cruzamento com informações sobre clima, solo e vegetação.

Como a Base Geodiversidade é fruto da reclassificação das unidades litoestratigráficas contidas na Base multiescalar Litoestratigrafia, compondo conjuntos estratigráficos de comportamento semelhante frente ao uso e ocupação, atualmente essa base possui a estruturação em domínios e unidades geológico-ambientais apresentados no Apêndice I (Unidades Geológico-Ambientais do Território Brasileiro). 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 sua interpretação a partir da ambiência tectônica, litológica e análise de estruturas refletidas nos sistemas de relevo e drenagem.

Tectônica: dobramentos

- **Ausente:** sedimentos inconsolidados (aluviões, dunas, terraços etc.).
- **Não-dobrada:** sequências sedimentares, vulcanossedimentares e rochas ígneas não-dobradas e não-metamorfizadas.
- **Pouco a moderadamente dobrada:** a exemplo das sequências sedimentares ou vulcanossedimentares do tipo Bambuí, por exemplo.
- **Intensamente dobrada:** a exemplo das sequências sedimentares ou vulcanossedimentares complexa e intensamente dobradas (por exemplo, grupos Açungui, Minas, dentre outros) e das rochas granito-gnaiss migmatíticas.

Tectônica: fraturamento (juntas e falhas)/cisalhamento

- **Não-fraturada:** caso das coberturas sedimentares inconsolidadas.
- **Pouco a moderadamente fraturada:** sequências sedimentares moderadamente consolidadas, a exemplo da Formação Barreiras.
- **Intensamente fraturada:** caso das coberturas proterozoicas e vulcânicas mesozoicas (ex.: Bacia do Paraná).
- **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 geológico-ambiental ou se forem complexos plutônicos de várias litologias, são definidas as seguintes classificações para esse atributo:

- **Baixa:** rochas ricas em minerais ferromagnesianos, arenitos, siltitos, metassedimentos argilosos, rochas ígneas ricas em micas, calcários, lateritas, rochas ígneas básico-ultrabásico-alcálicas efusivas.
- **Moderada a alta:** ortoquartzitos, arenitos silicificados, leucogranitos e outras rochas pobres em micas e em minerais ferromagnesianos, formações ferríferas, quartzitos e arenitos impuros.
- **Não se aplica:** sedimentos inconsolidados.

Se forem várias litologias que sustentam a unidade geológico-ambiental, a classificação será:

- **Baixa a moderada na vertical:** caso de coberturas pouco a moderadamente consolidadas.
- **Baixa a alta na vertical:** unidades em que o substrato rochoso é formado por empilhamento de camadas horizontalizadas, não-dobradas, de litologias de composição mineral e com grau de consolidação muito diferentes, como as intercalações irregulares de calcários, arenitos, siltitos, argillitos 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 apresentar grande heterogeneidade composicional, textural e deformacional lateral e vertical.

Resistência ao Intemperismo Químico

Procede-se à dedução a partir da análise da composição mineral da rocha ou das rochas que sustentam a unidade geológico-ambiental.

Se for só um tipo de litologia que sustenta a unidade geológico-ambiental ou se forem complexos plutônicos de várias litologias, são definidas as seguintes classificações para esse atributo:

- **Baixa:** calcários, rochas básicas, ultrabásicas, alcalinas etc.
- **Moderada a alta:** ortoquartzitos, leucogranitos e outras rochas pobres em micas e em minerais ferromagnesianos, quartzitos e arenitos impuros, granitos ricos em minerais ferromagnesianos e micáceos etc.
- **Não se aplica:** aluviões.

Entretanto, se forem várias litologias que sustentam a unidade geológico-ambiental, a classificação será:

- **Baixa a moderada na vertical:** unidades em que o substrato rochoso é formado por empilhamento de camadas horizontalizadas, não-dobradas, de composição mineral e grau de consolidação semelhantes a ligeiramente diferentes e mesma composição mineralógica.
- **Baixa a alta na vertical:** unidades em que o substrato rochoso é formado por empilhamento de camadas horizontalizadas, não-dobradas, de litologias de composição mineral e grau de consolidação muito diferentes, como as intercalações irregulares de calcários, arenitos, siltitos, argilitos etc.
- **Baixa a alta na horizontal e na vertical:** sequências sedimentares e vulcanossedimentares dobradas e compostas de várias litologias; rochas gnáissico-migmatíticas e outras que se caracterizam por apresentar 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 3.1). Para o caso de complexos plutônicos com várias litologias, todas podem ser 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, relevo e evolução do solo, o manto de

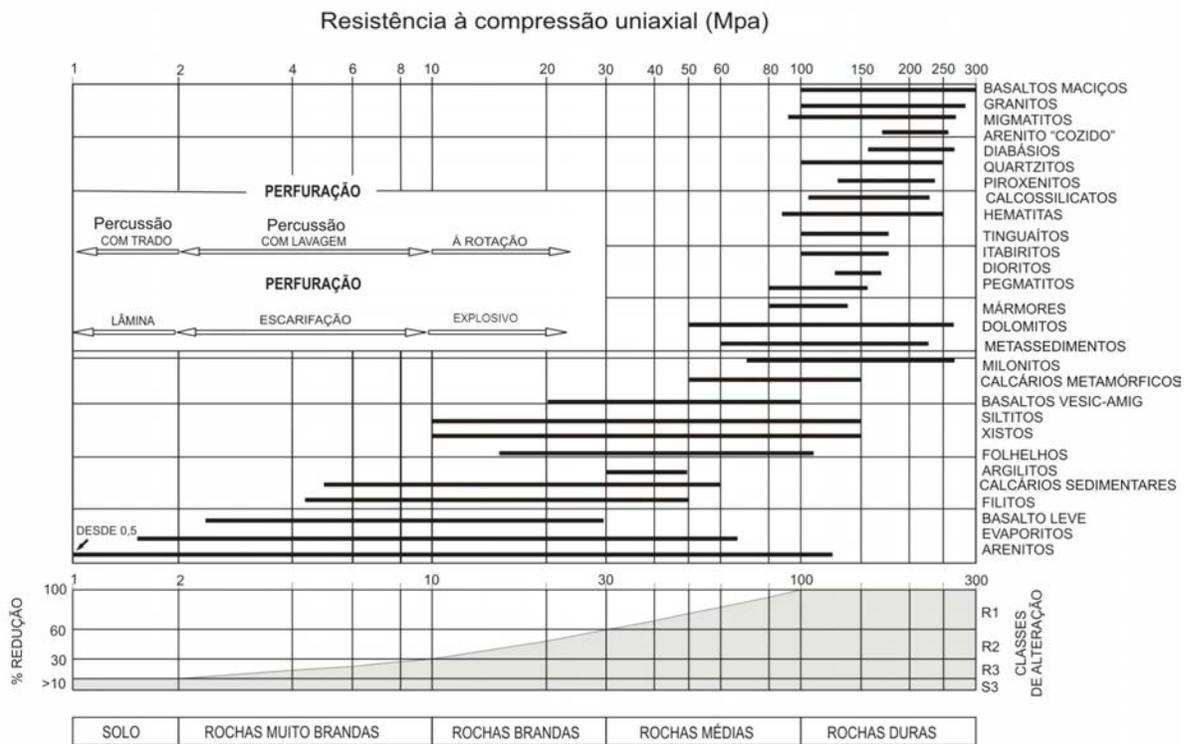


Figura 3.1 – Resistência à compressão uniaxial e classes de alteração para diferentes tipos de rochas.
Fonte: Modificado de Vaz (1996).

alteração de um basalto será argiloso e, o de um granito, argilo-siltico-arenoso.

- **Predominantemente arenoso:** substrato rochoso sustentado por espessos e amplos pacotes de rochas predominantemente arenoquartzosas.

- **Predominantemente argiloso:** predominância de rochas que se alteram para argilominerais, a exemplo de derrames basálticos, complexos básico-ultrabásico-alcalinos, terrenos em que predominam rochas calcárias etc.

- **Predominantemente argilossiltoso:** siltitos, folhelhos, filitos e xistos.

- **Predominantemente argilo-siltico-arenoso:** rochas granitoides e gnáissico-migmatíticas ortoderivadas.

- **Variável de arenoso a argilossiltoso:** sequências sedimentares e vulcanossedimentares compostas por

alternâncias irregulares de camadas pouco espessas, interdigitadas e de composição mineral muito contrastante, a exemplo das sequências em que se alternam, irregularmente, entre si, camadas de arenitos quartzosos com pelitos, calcários ou 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 3.1.

Caso seja apenas um tipo de litologia que sustenta a unidade geológico-ambiental, observar o campo

Tabela 3.1 – Tabela de porosidade total dos diversos materiais rochosos.

Material		Porosidade Total % m					Porosidade Eficaz % m _e			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 turfas	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
	<i>Creta 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	
	Loess	45	55	40			<5	10	0,1	E
	Areias	35	45	20			25	35	10	
	Depósitos glaciais	25	35	15			15	30	5	
	Silte	40	50	25			10	20	2	E
	Argilas não-compactadas	45	60	40	85	30	2	10	0,0	E
Solos superiores	50	60	30			10	20	1	E	

Fonte: Modificado de Custodio e Llamas (1983).

Nota: Alguns dados, em especial os referentes à porosidade eficaz (m_e), devem ser tomados com precauções, segundo as circunstâncias locais.

A = Aumenta m e m_e por meteorização; **B** = Aumenta m e m_e por fenômenos de dissolução; **C** = Diminui m e m_e com o tempo; **D** = Diminui m e pode aumentar m_e com o tempo; **E** = m_e muito variável segundo as circunstâncias do tempo; **F** = Varia segundo o grau de cimentação e solubilidade

“Descrição”, da Tabela 3.1. 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 3.1.

Variável (0 a >30%): a exemplo das unidades em que o substrato rochoso é formado por um empilhamento irregular de camadas horizontalizadas porosas e não-porosas.

Característica da Unidade Lito-Hidrogeológica

São utilizadas as seguintes classificações:

- Granular: dunas, depósitos sedimentares inconsolidados, planícies aluviais, coberturas sedimentares etc.

- Fissural
- Granular/fissural
- Cárstico
- Não se aplica

ATRIBUTOS DO RELEVO

Com o objetivo de conferir uma informação geomorfológica clara e aplicada ao mapeamento da 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

Tabela 3.2 – Atributos e biblioteca de padrões de relevo do território brasileiro.

Símbolo	Tipo de Relevo	Declividade (graus)	Amplitude Topográfica (m)
R1a	Planícies Fluviais ou Fluvialacustres	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 Fluviomarinhas	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

aos propósitos deste estudo. Portanto, termos como: depressão, crista, patamar, platô, *cuesta*, *hog-back*, pediplano, peneplanos, etchplano, escarpa, serra e maciço, 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 28 padrões de relevo para os terrenos existentes no território brasileiro (Tabela 3.2), 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 (MDT) 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-se 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 3.2 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 de Mato Grosso do Sul, 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, em parceria com as agências espaciais da Alemanha (DLR) e Itália (ASI), realizada durante 11 dias do mês de fevereiro de 2000, visando à geração de um modelo digital de elevação quase global] foi devida ao fato de os MDTs disponibilizados por esse sensor já se encontrarem disponíveis para toda a América do Sul, com resolução espacial de aproximadamente 90 x 90 m, apresentando alta acurácia e confiabilidade, além da gratuidade (CCRS, 2004 citado por BARROS *et al.*, 2004).

Durante a realização dos trabalhos de levantamento da geodiversidade do território brasileiro, apesar de todos os pontos positivos apresentados, os dados SRTM, em algumas regiões, acusaram problemas, tais como: valores espúrios (positivos e negativos) nas proximidades do mar e áreas onde não são encontrados valores. Tais problemas são descritos em diversos trabalhos do SRTM (BARROS *et al.*, 2004), sendo que essas áreas recebem o valor -32768, indicando que não há dado disponível.

A literatura do tema apresenta diversas possibilidades de correção desses problemas, desde substituição de tais áreas por dados oriundos de outros produtos – o GTOPO30

aparece como proposta para substituição em diversos textos – ao uso de programas que objetivam diminuir tais incorreções por meio de edição de dados (BARROS *et al.*, 2004). Neste estudo, foi utilizado o software ENVI 4.1 para solucionar o citado problema.

MOSAICO GEOCOVER 2000

A justificativa para a utilização do Mosaico GeoCover 2000 é o fato de este se constituir em um mosaico 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
- ZEE (Zona Econômica Exclusiva da Plataforma Continental): recursos minerais e feições da ZEE
- 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) para implementação das simbologias para leiaute – instruções de uso por meio do arquivo **leia-me.doc**, que se encontra dentro da pasta.

As figuras 3.2 a 3.4 ilustram parte dos dados do *kit* digital para o Mapa Geodiversidade do Estado de Mato Grosso do Sul.

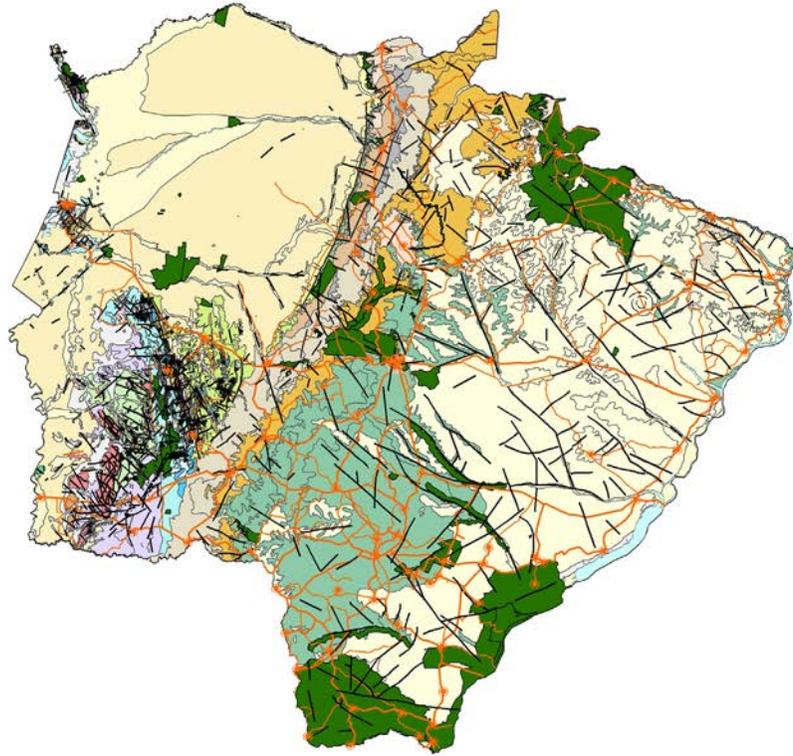


Figura 3.2 – Exemplo de dados do *kit* digital para o estado de Mato Grosso do Sul: unidades geológico-ambientais *versus* infraestrutura, planimetria, recursos minerais e áreas de proteção ambiental.

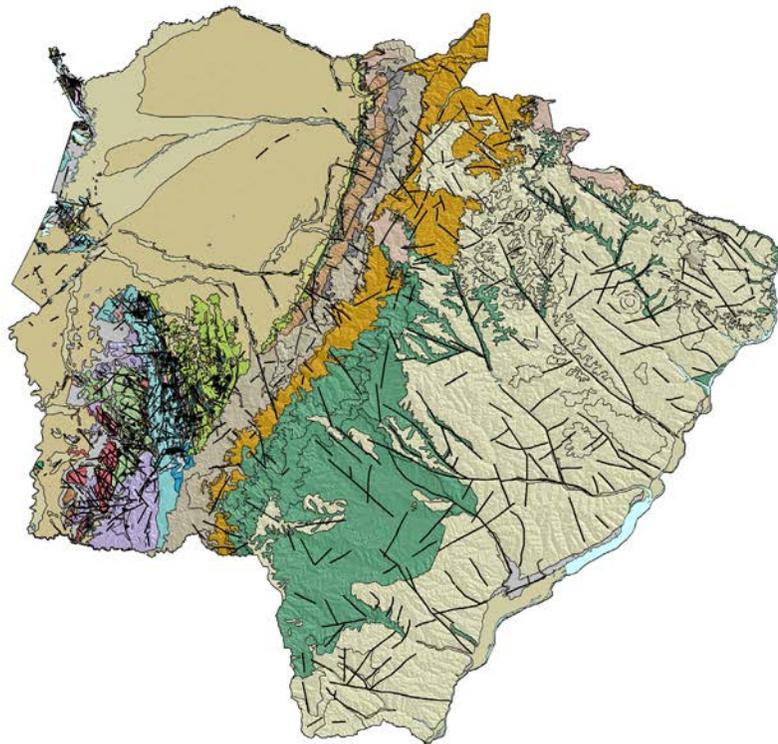


Figura 3.3 – Exemplo de dados do *kit* digital para o estado de Mato Grosso do Sul: unidades geológico-ambientais *versus* relevo sombreado (MDT_SRTM).



Figura 3.4 – Exemplo de dados do *kit* digital para o estado de Mato Grosso do Sul: modelo digital de elevação (SRTM) versus drenagem bifilar.

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*), é a unidade fundamental de análise, na qual foram agregadas todas as informações da geologia possíveis de serem obtidas a partir dos produtos gerados pela atualização da cartografia geológica dos estados, pelo SRTM, mosaico GeoCover 2000 e drenagem.

Com a utilização dos dados digitais contidos em cada DVD-ROM 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 definida na primeira etapa 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 (CPRM/SGB).

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 de 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 3.5).

Posteriormente, de acordo com a escala adotada, o usuário cadastra todos os atributos da geologia de interesse para o planejamento (Figura 3.6).

Na última tela, o usuário cadastra os compartimentos de relevo (Figura 3.7).

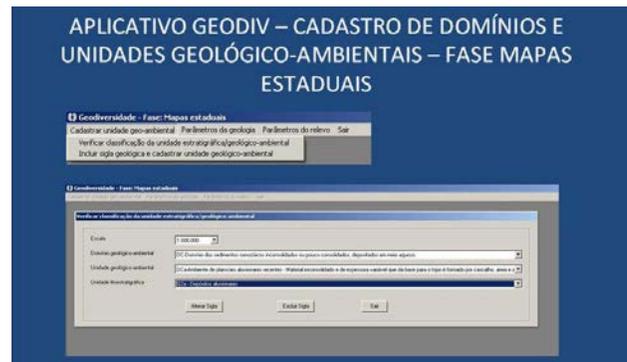


Figura 3.5 – Tela de cadastro das unidades geológico-ambientais para os mapas estaduais de geodiversidade (aplicativo GEODIV).

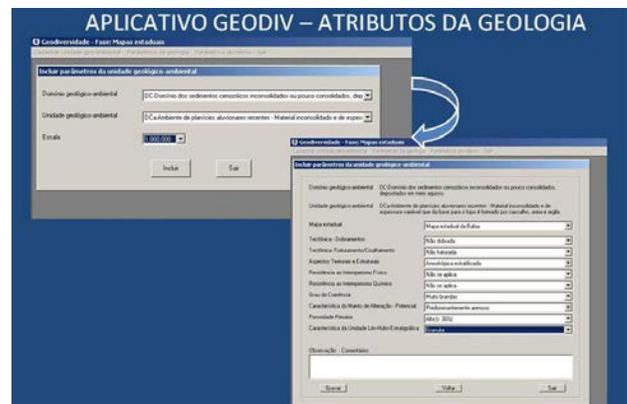


Figura 3.6 – Tela de cadastro dos atributos da geologia (aplicativo GEODIV).

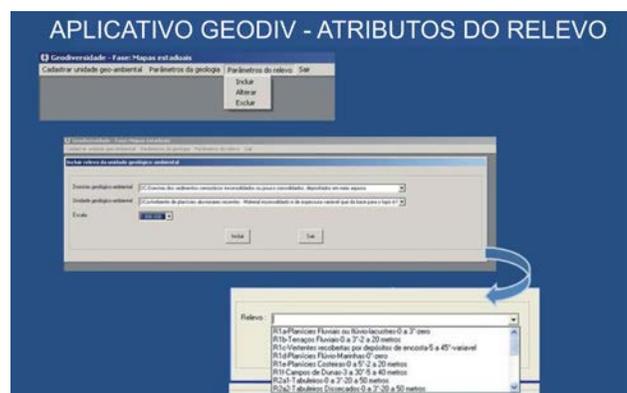


Figura 3.7 – Tela de cadastro dos atributos do relevo (aplicativo GEODIV).

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 3.8).

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.

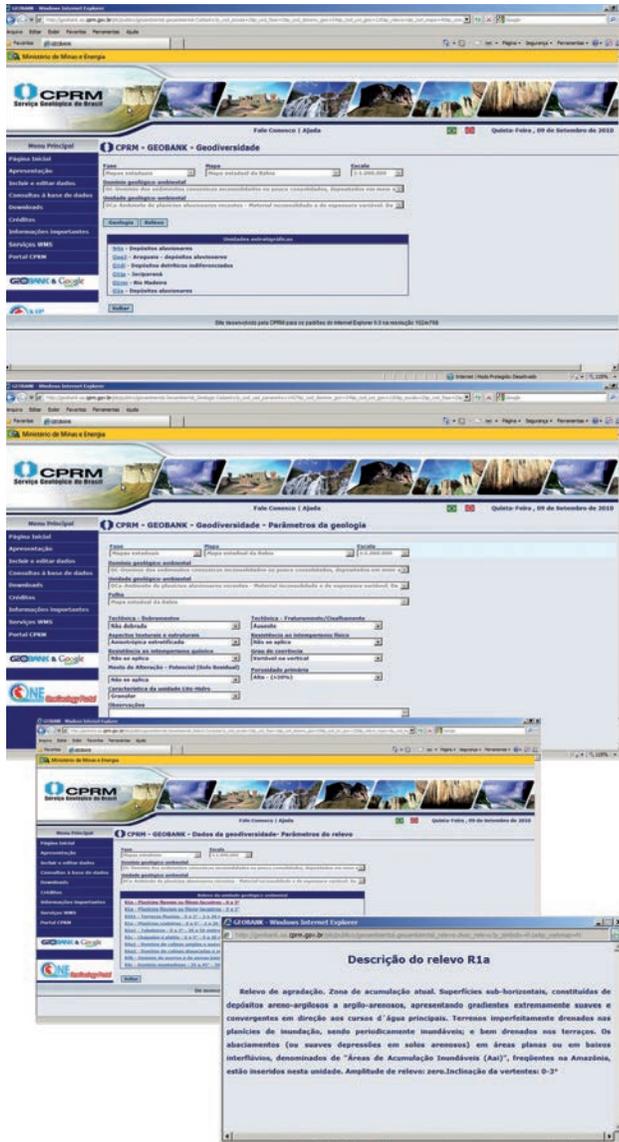


Figura 3.8 – Fluxograma simplificado da base Geodiversidade (GeoBank).

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 3.9).

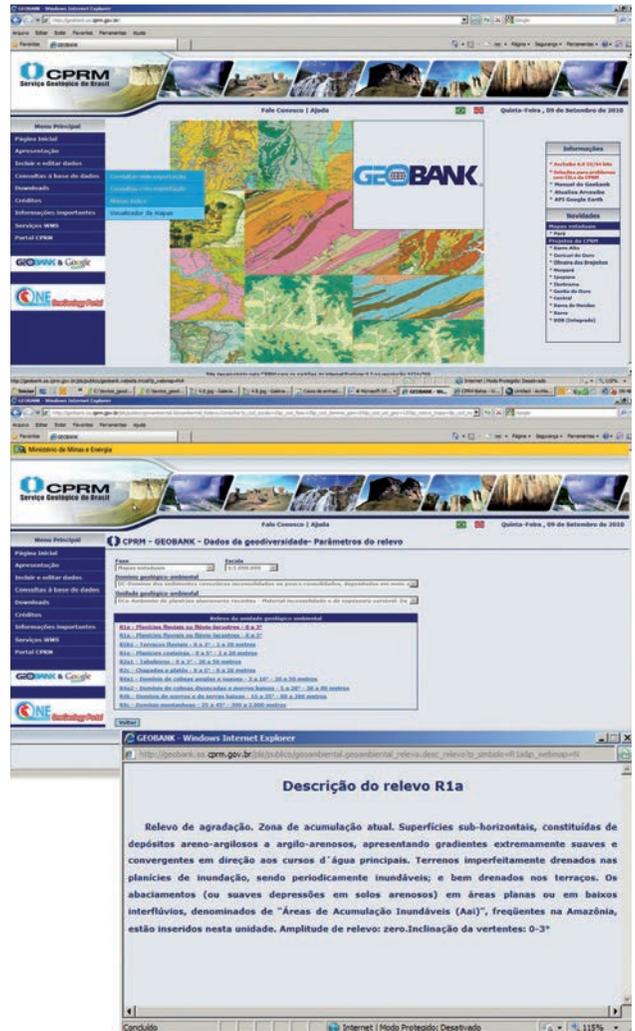


Figura 3.9 – Módulo Web Map de visualização dos arquivos vetoriais/base de dados (GeoBank).

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. Geoinicators: 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. DVD-ROM anexo.
- CCRS. **Natural resources Canada**, 2004. Disponível em: <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. Barceleno: Omega, 1983. Tomo I. 1157 p. il.

DINIZ, N. C.; DANTAS, A.; SCLiar, C. Contribuição à política pública de mapeamento geoambiental no âmbito do levantamento geológico. In: OFICINA INTERNACIONAL DE ORDENAMENTO TERRITORIAL E MINEIRO: subsídios ao mapeamento geoambiental, no contexto do LGB e do patrimônio geomineiro, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CPRM, 2005.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

LATRUBESSE, E.; RODRIGUES, S.; MAMEDE, L. Sistema de classificação e mapeamento geomorfológico: uma nova proposta. **GEOSUL**, Florianópolis, v. 14, n. 27, p. 682-687, 1998.

LIMA, M. I. C. **Análise de drenagem e seu significado geológico-geomorfológico.** Belém: [s.n.], 2006. 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: SBG/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: SBG, 2006. 1 CD-ROM.

RAMOS, M. A. B. *et al.* Proposta para determinação de atributos do meio físico relacionados às unidades geológicas, aplicado à análise geoambiental. In: OFICINA INTERNACIONAL DE ORDENAMENTO TERRITORIAL E MINEIRO: subsídios ao mapeamento geoambiental, no contexto do LGB e do patrimônio geomineiro, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CPRM, 2005.

RODRIGUES, C.; COLTRINARI, L. Geoindicators of urbanization effects in humid tropical environment: São Paulo (Brazil) metropolitan area. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 32nd, 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/FEPAM/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.

4

GEODIVERSIDADE: ADEQUABILIDADES/ POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES FRENTE AO USO E À OCUPAÇÃO

Angela Maria de Godoy Theodorovicz (*angela.godoy@cprm.gov.br*)
Antônio Theodorovicz (*antonio.Theodorovicz@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

SUMÁRIO

Introdução	43
Domínio dos sedimentos cenozoicos inconsolidados ou pouco consolidados depositados em meio aquoso (DC).....	43
Domínio dos sedimentos cenozoicos inconsolidados do tipo coluvião e tálus (DCICT).....	51
Domínio dos sedimentos indiferenciados cenozoicos, relacionados ao retrabalhamento de outras rochas, geralmente associados a superfícies de aplainamento (DCSR)	53
Domínio das coberturas cenozoicas detritocarbonáticas (DCDC).....	57
Domínio das coberturas sedimentares e vulcanossedimentares mesozoicas e paleozoicas pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise (DSVMP).....	61
Domínio do vulcanismo mesozoico do tipo plateau (DVM).....	84
Domínio dos complexos alcalinos intrusivos e extrusivos, diferenciados do terciário, mesozoico e proterozoico (DCA)	93
Domínio das sequências sedimentares e vulcanossedimentares proterozoicas (DSP1, DSP2, DSVP2).....	96
Domínio das sequências vulcanossedimentares proterozoicas, não ou pouco dobradas e metamorizadas (DSVP1)	119
Domínio dos corpos máfico-ultramáficos, básicas e ultrabásicas, alcalinas e vulcanismo associado (DCMU)	122

Domínio dos complexos granitoides não-deformados (DCGR1)	125
Domínio do complexo granito-gnássico migmatítico e granulitos (DCGMGL) ...	129
Referências.....	134

INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta os resultados obtidos da interpretação da influência da geologia e das formas de relevo dos diferentes tipos de terrenos que ocorrem no estado de Mato Grosso do Sul nas adequabilidades e limitações desses terrenos frente ao uso e à ocupação do solo e em seus potenciais mineral e geoturístico.

A cartografia dos diferentes tipos de terrenos individualizados no Mapa Geodiversidade do Estado de Mato Grosso do Sul está fundamentada na metodologia descrita no Capítulo 3 (Metodologia e Estruturação da Base de Dados em Sistema de Informação Geográfica, item Definição dos Domínios e Unidades Geológico-Ambientais) e teve como suporte geológico o Projeto Mapas Geológicos e de Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul (escala 1:1.000.000).

Com base nessa metodologia, os critérios geológicos adotados levaram a compartimentar o território do estado em 14 grandes compartimentos de terrenos denominados domínios geológico-ambientais, os quais, em função de particularidades também geológicas, foram subdivididos em 31 unidades geológico-ambientais. A essas unidades foram agregados critérios geomorfológicos que implicaram novas divisões, resultando em 112 unidades geológico-ambientais e formas de relevo associadas.

Para melhor entendimento das informações descritas a seguir, bem como da organização da legenda no Mapa Geodiversidade do Estado de Mato Grosso do Sul, os domínios geológico-ambientais são uma macrodivisão com conotação geológica amarrada a uma unidade geotectônica e à cronologia de origem das rochas que os sustentam, por isso estão hierarquizados segundo um empilhamento, do mais novo para o mais antigo, ou seja, dos sedimentos cenozoicos inconsolidados ou pouco consolidados para o Complexo Granito-Gnaiss Migmatítico e Granulitos Proterozoicos.

Há de se ressaltar que as denominações desses domínios são bastante abrangentes e foram definidas para atender a todo o território brasileiro. Assim, às vezes, alguns termos não se identificam no estado de Mato Grosso do Sul, a exemplo do Complexo Granito-Gnaiss Migmatítico e Granulitos, onde granulitos não são descritos nesse estado. As unidades geológico-ambientais são subdivisões dos domínios, baseadas, principalmente, na predominância de litotipos que os constituem. Também são denominações abrangentes, com o propósito de atender a todo o território brasileiro. Por fim, a sobreposição do mapa de formas de relevo, previamente preparado para este trabalho (Capítulo 3, item Atributos do Relevo), com as unidades geológico-ambientais levou a novas subdivisões, denominadas unidades geológico-ambientais e formas de relevo associadas.

As informações a seguir apresentadas estão fundamentadas na premissa de que aos diferentes agrupamentos

litológico-estruturais/formas de relevo logicamente está associada uma série de características as quais, quando analisadas em conjunto, podem indicar com segurança as adequabilidades e as limitações dos terrenos, caso sejam destinados a uma determinada forma de uso ou quando se analisam seus potenciais mineral, hidrológico e geoturístico. Muitas dessas informações são factuais e independem de outras variáveis. Pode-se assumir, por exemplo, dentre outras características e implicações positivas e negativas, que um sedimento arenoso vai gerar um solo arenoso, por consequência, espera-se que seja um solo bastante permeável, ácido, de baixa capacidade de reter elementos, de alta erodibilidade natural; se associado a um relevo suavizado, com baixos declives e amplitudes, será mais espesso, sujeito à arenização pela água das chuvas. Outras informações podem ser previstas, porém assumidas ou não somente por meio de levantamento de campo, que, no caso deste trabalho, ficou no âmbito de reconhecimento, muito aquém da escala de apresentação 1:1.000.000.

Cada domínio, com suas respectivas divisões em unidades geológico-ambientais e formas de relevo associadas, é descrito individualmente da seguinte forma:

- A primeira abordagem discorre sobre os aspectos geológicos que serviram de parâmetros para as suas definições e mostra suas áreas de ocorrências em mapa reduzido.
- A segunda abordagem apresenta as diferentes formas de relevo que levaram às novas subdivisões, também identificadas em mapa reduzido.
- A terceira abordagem destaca as características do substrato rochoso, do relevo, do solo e do sistema de drenagem que influenciam nas adequabilidades e limitações dos terrenos frente às obras, à agricultura e aos recursos hídricos e fontes poluidoras, sempre que possível ilustrada com fotografias e desenhos. Também, sempre que possível, são relatados problemas ambientais causados pelo uso e ocupação atuais, implantados sem se levar em conta as limitações e as fragilidades do meio físico, assim como recomendações sobre as formas de uso e ocupação mais adequadas e os cuidados que se deve ter para minimizar impactos negativos.
- Por fim, são abordados seus potenciais minerais e geoturísticos.

Essa forma de apresentação, individualizada por domínio geológico-ambiental, tem por objetivo facilitar a pesquisa, evitando a leitura de todo o relatório para a busca de informações sobre um determinado tipo de terreno.

DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS INCONSOLIDADOS OU POUCO CONSOLIDADOS DEPOSITADOS EM MEIO AQUOSO (DC)

Corresponde aos terrenos sustentados por sedimentos quaternários representados pelas planícies aluviais e pela Formação Pantanal.

Elementos de Definição e Área de Ocorrência

São sedimentos inconsolidados ou pouco consolidados, formados por um empilhamento irregular de camadas horizontalizadas de espessuras variadas de vários tipos de areia, argila, cascalho e silte.

Ocupam expressiva área a oeste do estado, na divisa com o Paraguai, Bolívia e o estado de Mato Grosso. Mais restritamente, pequenas áreas ao longo do rio Paraná, na divisa dos estados de São Paulo e Paraná (Figura 4.1).

Nesse domínio, foram diferenciadas três unidades geológico-ambientais:

- **Planícies Aluvionares Recentes (DCa):** Também conhecidas como várzeas dos rios. As mais expressivas ocorrem na porção oeste do estado, ao longo dos canais de drenagens de maior porte da bacia hi-

drográfica do rio Paraguai, especialmente no contexto da Bacia do Pantanal. Outras áreas ocorrem associadas ao rio Paraná, na divisa dos estados de São Paulo e Paraná; outras, ainda, sem expressão areal na escala de estudo, ocorrem em grande quantidade nos mais variados setores do estado, o que significa que muitas das informações aqui apresentadas podem ser estendidas a essas áreas.

- **Planícies Fluviolacustres (DCfl):** Correspondem à porção do topo da Formação Pantanal. São os terrenos de maior expressão areal, com complexa rede hidrográfica, sujeitos a inundações periódicas.

- **Terraços Aluvionares (DCta):** Os mais expressivos estão relacionados à Formação Pantanal. Ocorrem em áreas descontínuas, margeando, principalmente, os terrenos dos domínios geológico-ambientais dos complexos Granitoides Não-Deformados (DCGR1) e Granito-Gnaiss Migmatítico e Granulitos (DCGMGL). Outros depósitos, de menor expressão areal, estão associados às planícies do rio Paraná.

Geologicamente, as unidades Planícies Aluvionares Recentes (DCa) e Planícies Fluviolacustres (DCfl) constituem os terrenos mais jovens da área, ainda em processo de construção, pois estão recebendo sedimentos do atual ciclo de erosão, os quais são erodidos das partes altas circunvizinhas e para eles transportados pelos rios e enxurradas. Já a unidade geológico-ambiental Terraços Aluvionares (DCta) é constituída por material aluvionar um pouco mais antigo e situa-se em nível um pouco mais alto que o nível das enchentes dos rios e das várzeas atuais.

Formas de Relevo

Os terrenos sustentados por esse domínio caracterizam-se por áreas planas ou quase planas, de superfícies sub-horizontalizadas, com declividades entre 0 e 3%. Neles foram identificadas duas formas de relevo: uma com configuração geomorfológica de zona de acumulação atual e amplitude de relevo zero, que são as planícies fluviais ou fluviolacustres; outra, representada por terraços fluviais, relaciona-se à zona de acumulação subatual, ou seja, às paleoplanícies de inundação que ocorrem em nível mais elevado que o das várzeas atuais e acima do nível das cheias sazonais, com amplitude de relevo entre 2 a 20 m (Figura 4.1).



Figura 4.1 - Área de ocorrência das unidades geológico-ambientais e formas de relevo associadas do domínio DC (sedimentos cenozoicos inconsolidados ou pouco consolidados depositados em meio aquoso) no estado de Mato Grosso do Sul.

Características, Adequabilidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação

Embora tenha sido dividido em três unidades geológico-ambientais, esse domínio é constituído por terrenos que, do ponto de vista de relevo e constituição litológica, apresentam mais características, adequabilidades e limitações que são comuns a todas as unidades que variações peculiares a cada uma delas. Por essa razão, as referidas unidades serão tratadas em conjunto, com destaque para as individualizações quando necessário.

Destaca-se que esses terrenos apresentam sérias limitações a todo tipo de uso e ocupação e exploração de seus recursos minerais. A maior parte corresponde ao Pantanal, imensa planície inundável e bioma de extrema fragilidade que abriga uma das maiores diversidades biológicas e concentração de fauna do mundo, com vocação natural para o turismo. Outro segmento importante são as planícies aluvionares recentes, que são áreas de domínio dos rios e como tal deveriam ser preservadas.

Obras de engenharia

São terrenos bastante problemáticos frente à execução de qualquer tipo de obra, apresentando muito mais limitações que adequabilidades, considerando-se que:

- Por serem sustentados por um empilhamento de camadas horizontalizadas constituídas de sedimentos com características granulométricas e composicionais diferentes, as características geotécnicas variam bastante na vertical; como essas camadas mudam bruscamente de uma para

outra, há formação de descontinuidades geomecânicas e hidráulicas que facilitam a desestabilização e os processos erosivos em paredes escavadas. Por outro lado, são terrenos com boa homogeneidade geomecânica e hidráulica lateral (Figura 4.2).

- O lençol freático aflora ou situa-se a baixas profundidades (Figuras 4.3 e 4.4) e tanto os solos como os sedimentos são poucos consolidados, com baixa capacidade de suporte, geralmente saturados em água. Por isso, são terrenos problemáticos para execução de escavações (estas se alagam rapidamente), obras subterrâneas (podem sofrer encharcamento) ou para fundações – deformam-se se submetidos a cargas elevadas; nesse caso, uma obra



Figura 4.2 - Erosão diferencial na unidade geológico-ambiental DCta, nesse caso, sobre os terraços aluvionares da formação Pantanal, devido à variação composicional das camadas; a porção superior, constituída por areia grossa e parcialmente lateritizada, é menos erosiva que a porção inferior, constituída por areia fina muito friável (erosão induzida pelas fortes enxurradas que vêm das áreas altas circunvizinhas).



Figura 4.3 - Unidade DCa (planícies aluvionares recentes), nesse caso, relacionada ao rio Paraná, com nível freático aflorando em alguns locais, formando pequenas lagoas (Bataguassu, MS).



Figura 4.4 - Unidade DCfl (planícies fluviolacustres), com exposição do lençol freático em cavas abertas para retirada de materiais de empréstimo, provavelmente para construção da BR-262 (Corumbá, MS).

apoiada sobre eles estará sujeita a sofrer abatimentos e trincamentos (Figura 4.5).

- Não existem rochas duras que possam ser utilizadas como agregados. No caso da Unidade DCfl (Planícies Fluviolacustres), que recobre grandes superfícies, qualquer obra sobre ela implicará o transporte de agregados de longas distâncias, o que encarece o custo do empreendimento.

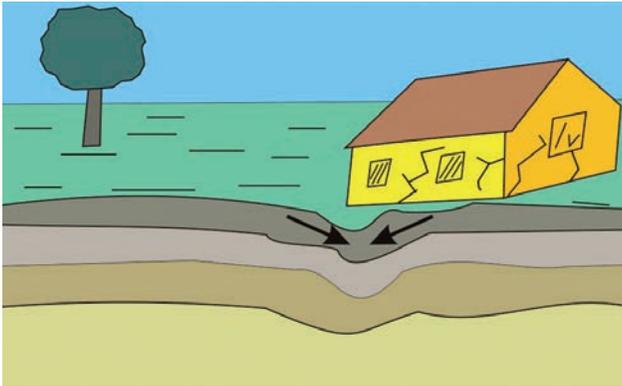


Figura 4.5 - Exemplo de danos em construções devido a recalques em materiais de baixa capacidade de suporte.

- Existência de solos e sedimentos ricos em matéria orgânica que se mantêm excessivamente encharcados na maior parte do ano. Essa situação propicia a formação de ácidos bastante corrosivos, que, aliados à baixa profundidade do lençol freático, danificam rapidamente materiais de obras enterradas. Destaca-se, ainda, que boa parte da Unidade DCfl (Planícies Fluviolacustres) é constituída por solos salinos, os quais são bastante corrosivos. Por essa razão, deve-se tomar cuidado com a qualidade dos materiais empregados, principalmente quando tais áreas forem destinadas a armazenamento ou circulação de substâncias poluentes. Caso ocorra vazamento, o impacto negativo será de grandes proporções, de longa duração e de difíceis e onerosas soluções recuperativas (Figura 4.6). Também se



Figura 4.6 - Vazamento de poluente em áreas onde o lençol freático situa-se próximo à superfície.

deve considerar que a matéria orgânica pode liberar gás metano, de alta mobilidade, altamente inflamável e que pode entrar em combustão espontânea e se infiltrar nas tubulações de obras, criando condições propícias a incêndios ou explosões (Figura 4.7).

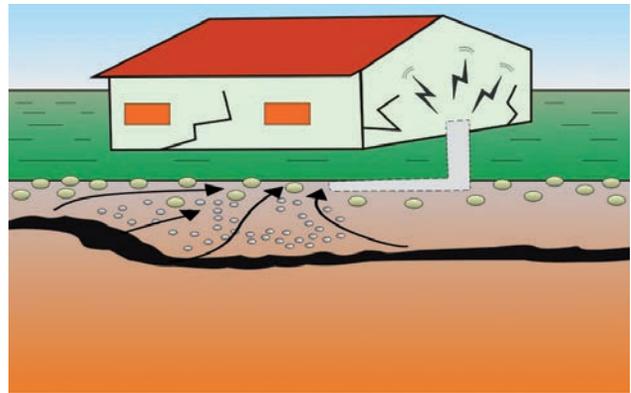


Figura 4.7 - Exemplo de infiltração de gás metano em tubulação de obra construída sobre uma camada rica em matéria orgânica.

- Grande possibilidade de haver camadas de cascalhos à base de seixos, blocos e matacões de rochas duras e abrasivas (Figura 4.8), assim como de camadas de argilas que, quando secas, mostram-se excessivamente rijas e duras; quando saturadas em água, tornam-se bastante plásticas e aderentes. São materiais que oferecem resistência à escavação, à colocação de estacas e à perfuração com sondas rotativas. Nesse último caso, os materiais abrasivos causam desgaste rápido das brocas, sendo mais recomendável o uso de bate-estacas. Além disso, as camadas de argilas saturadas em água, caso sejam descompressionadas durante as escavações, podem desencadear o fenômeno conhecido como "corrida de lama", gerando condições propícias a



Figura 4.8 - Sedimentos da unidade DCfl (planícies fluviolacustres), onde ocorre, na porção inferior, um nível de cascalho à base de seixos angulosos de quartzo, sobre eles, uma camada de areia grossa e, no topo, solo orgânico laterizado (Aquidauana, MS).

que ocorram colapsos nas áreas próximas às escavações, situação problemática se existir obra nas proximidades, além de causar emplastamento excessivo nos equipamentos e ferramentas.

- Terrenos planos ou quase planos, com declividades entre 0 e 3%. Se, por um lado, são áreas de relevos suavizados e estabilizados, de baixo potencial de erosão hídrica e movimentos naturais de massa, por outro lado apresentam escoamentos superficial e subsuperficial muito precários, com lenta circulação das águas e alto potencial para formação de poças d'água e alagamentos de longo tempo de duração (Figura 4.9). Nessas condições, redes de esgoto estarão sujeitas a entupimentos frequentes, com necessidade de bombeamento para melhorar o fluxo, assim como possibilidades de ocorrer reversão de fluxo e entupimento em dutos enterrados. A umidade alta favorece a proliferação de fungos e bactérias, tornando o ambiente insalubre para moradias; ruas e acessos estarão sujeitos a alagamentos constantes.



Figura 4.9 - Empoçamento de água da chuva em um condomínio de veraneio, denominado ecológico, instalado na unidade DCa (planícies aluvionares recentes), relacionada ao rio Ivinhema (Ivinhema, MS).

- Obras viárias têm de ser executadas sobre altos aterros, o que implica custos elevados referentes ao transporte de material de empréstimo de longas distâncias; além disso, se não forem dotadas de canalizações que permitam o escoamento das águas das chuvas com facilidade, serão obras indutoras de formação de enchentes pelo represamento das águas das chuvas, o que interferirá negativamente no escoamento superficial, que naturalmente já é precário (Figura 4.10).

- Em caso de obras viárias que seccionam esse domínio no âmbito do Pantanal, além dos aspectos negativos anteriormente mencionados, recomenda-se dotá-las de passadores de animais, sinalizadores e cercas nas laterais, o que evitaria uma cena bastante comum nas estradas que cruzam o Pantanal: animais mortos por atropelamento quando tentam passar de um lado para o outro das planícies (Figura 4.11).



Figura 4.10 - Estrada Parque Pantanal Sul, construída sobre aterro em terrenos da unidade DCfl (planícies fluviolacustres), com trechos alagados por longos períodos pelas enchentes do rio Paraguai, impedindo a trafegabilidade (Ladário, MS).



Figura 4.11 - Tamanduá, animal em extinção, morto por atropelamento na rodovia BR-262 (Miranda, MS).

- Outra recomendação para essas obras viárias seria construí-las sobre viadutos. A eliminação de aterros evitaria o represamento das águas das chuvas, o atropelamento de animais silvestres e não causaria tanto impacto ao meio ambiente, além de que, com os recursos que a engenharia oferece, tais obras seriam, também, atrativos turísticos. Há de se considerar que o Pantanal é um dos maiores atrativos turísticos do Brasil e qualquer gasto adicional com a execução de obras é compensado pelo retorno econômico do turismo.

- Os cursos d'água que drenam esse domínio são de baixa energia, portanto, depositam mais do que escavam; conseqüentemente, encontram-se em franco e acelerado processo de assoreamento. Os rios formadores da bacia hidrográfica do rio Paraguai que drenam a planície do Pantanal nascem nas terras altas circunvizinhas, portanto, estão sujeitos aos efeitos das fortes enxurradas provenientes daquelas áreas que carregam alta carga de detritos que vão

atulhando suas calhas. Assim, os rios que cortam essa planície tornam-se reféns do uso e ocupação das terras altas circundantes e o que se observa é que o manejo inadequado dessas terras está acelerando os processos erosivos e, em consequência, aumentando o aporte de detrito nos leitos dos rios que correm sobre a planície pantaneira.

- Áreas com potencial para ocorrência de enchentes que atingem, com maior frequência e com longo tempo de duração, as unidades DCa (várzeas dos rios) e DCfl (Formação Pantanal). Essa última unidade é periodicamente inundável, com grandes cheias que se prolongam de janeiro a abril, quando se inicia uma lenta vazante que vai até julho. Já nas áreas de terraços (unidade DCta), por serem terrenos um pouco mais elevados que o nível das enchentes dos rios, os alagamentos são menos frequentes e com menor tempo de duração. Entretanto, deve-se considerar que nessas áreas o nível do lençol freático é bastante influenciado pelas oscilações das enchentes que se formam nas áreas adjacentes aos cursos d'água (Figura 4.12).

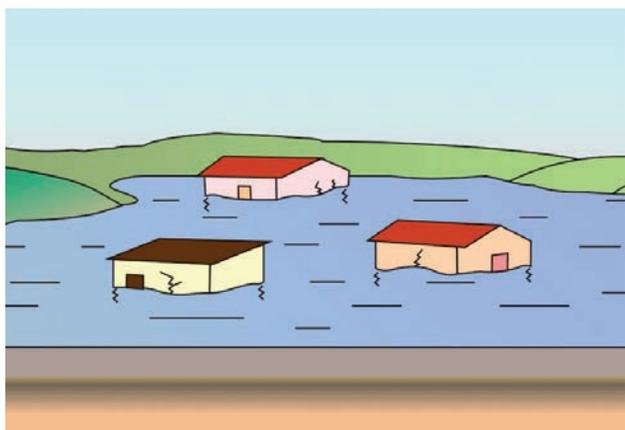


Figura 4.12 -: Exemplo do que pode acontecer na urbanização de terrenos com potencial para enchentes.

- Grande parte dos terrenos da Unidade DCfl (Planícies Fluviolacustres), especialmente uma larga faixa de sua borda leste (Figura 4.13), apresenta, no topo, sedimentos arenosos pouco consolidados, naturalmente erosivos, sujeitos ao fenômeno da liquefação e arenização. Muitos desses terrenos estão sendo desmatados e ocupados por pastagem, o que vem acelerando esses processos, tornando as estradas de difícil trafegabilidade (Figura 4.14).

Agricultura

São terrenos bastante problemáticos para o uso agrícola. Embora apresentem algumas adequabilidades, há um número maior de limitações bastante severas, tais como: Áreas de relevo plano ou quase plano. Se, por um lado, são de baixa suscetibilidade à erosão hídrica e sem impedimento ao uso de maquinários motorizados, por outro lado apre-

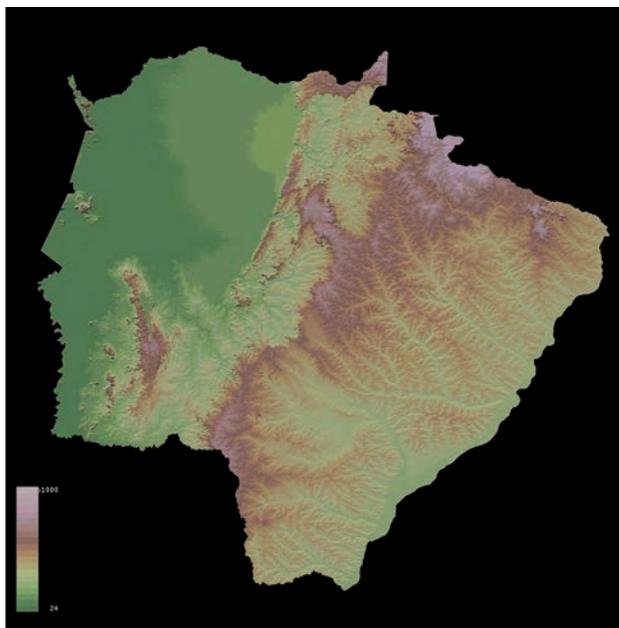


Figura 4.13 - O mapa de relevo da Embrapa (monitoramento por satélite, 2005 e 2006) mostra diferenças altimétricas: os tons de verde mais claro que aparecem na borda leste da planície do Pantanal (unidade DCfl) são os terrenos mais elevados e recobertos por sedimentos arenosos, pois estão recebendo sedimentos dos terrenos adjacentes sobrelevados, predominantemente arenosos.



Figura 4.14 - Aspecto dos espessos areões inconsolidados que se formam nas estradas sobre a unidade DCfl (planícies fluviolacustres), onde esta é mais arenosa (fazenda Fortaleza, de criação de gado) (Aquidauana, MS).

sentam drenabilidade superficial e subsuperficial deficientes (Figura 4.15). Estão sujeitas à formação de poças d'água e a alagamentos de longo período de duração, o que as torna inadequadas ao plantio de espécies de raízes profundas e daquelas que necessitam de agrotóxicos, limitando o uso de maquinários apenas aos períodos de seca. Ademais, o lençol freático é aflorante ou se situa muito próximo à superfície, portanto, extremamente vulnerável à contaminação por agrotóxicos (Figura 4.16).



Figura 4.15 - Unidade DCa (planícies aluvionares recentes), relacionada ao rio Ivinhema, ocupada por pastagem (as valas abertas são para melhorar a drenabilidade). Tal prática interfere negativamente na dinâmica das águas superficiais e subterrâneas e expõe o lençol freático à poluição (Nova Andradina, MS).



Figura 4.16 - Unidade DCa (planícies aluvionares recentes); planície do rio Miranda, com plantação de arroz em que se utiliza o sistema de polders, com abertura de valas e comportas que inundam os terraços de plantação, prática não-recomendável para esse frágil ecossistema, que o torna sujeito à contaminação por agrotóxicos (Miranda, MS).

- Áreas onde a umidade do ar e do solo se mantém elevada na maior parte do ano, favorecendo a proliferação de pragas agrícolas, fator limitante a culturas mais suscetíveis a pragas, a exemplo de diversas hortaliças.

- Predomínio de solos com diferenciações de características físico-químicas. Em muitos locais, ocorrem solos com excesso de matéria orgânica, por isso são bastante porosos, de alta capacidade de reter e fixar nutrientes, respondem bem à adubação e à correção, mas também são excessivamente ácidos, necessitando de muito calcário dolomítico para sua correção.

- As unidades DCa (Planícies Aluvionares Recentes) e DCfl (Planícies Fluviolacustres) (Formação Pantanal) são áreas sujeitas a enchentes. No caso do Pantanal, elas permanecem inundadas de janeiro a julho. Já a Unidade DCta (Terraços Aluvionares), por ter áreas mais sobrelevadas que o nível das enchentes dos rios, pode ser mais bem aproveitada, desde que o uso agrícola seja bem planejado e que se leve em conta que o nível freático está sujeito às oscilações

das enchentes que ocorrem nas áreas vizinhas. No caso dos terraços que ocorrem na planície do Pantanal, deve-se prever que são áreas sujeitas a alagamentos, porém, menos frequentes e de menor período de duração.

- De modo geral, os solos da Unidade DCfl (Planícies Fluviolacustres) apresentam muitas limitações à lavoura, pois são todos alagáveis, em maior ou menor grau, e de baixa fertilidade natural. Além disso, em extensa e irregular faixa dessa unidade, que se estende de Porto Murtinho a Corumbá, bordejando a porção oeste do estado na divisa com Paraguai e Bolívia, ocorrem solos com alto teor de sódio (solos salinos), de péssimas características químicas para agricultura e de correção inviável. Outra larga faixa de sua borda leste (Figura 4.13) é recoberta por solos arenosos, friáveis, bastante erosivos, sujeitos à arenização e a voçorocamentos (Figura 4.17), ácidos, excessivamente permeáveis, de muito baixa fertilidade natural, de baixa capacidade hídrica e para reter nutrientes. Apesar de todas essas limitações, esses terrenos são amplamente utilizados por pastagens, com derrubada indiscriminada da mata nativa (Figura 4.18), abertura de estradas e exposição intensa do solo arenoso ao pisoteamento do gado, induzindo ao aparecimento de processo de arenização em muitas áreas.



Figura 4.17 - Processo erosivo instalado sobre a unidade DCfl (planícies fluviolacustres), representado por um nível de cascalho parcialmente laterizado sobreposto por camadas de areia bastante friável e erosiva (Aquidauana, MS).



Figura 4.18 - Vista parcial de área desmatada, para uso como pastagem, na unidade DCfl (planícies fluviolacustres) (Aquidauana, MS).

- Na Unidade DCa (Planícies Aluvionares Recentes), depositam-se solos e matéria orgânica transportados pelas enxurradas e enchentes dos rios das áreas altas circunvizinhas. Nessas áreas, há maior possibilidade de ocorrerem manchas de solos ricos em matéria orgânica, de boa fertilidade natural, periodicamente renovados pelas enchentes dos rios.

Recursos hídricos e fontes poluidoras

São áreas de grande importância hídrica e extremamente vulneráveis à instalação de qualquer fonte potencialmente poluidora. Sob esse enfoque, destacam-se como aspectos importantes a serem considerados:

- Terrenos constituídos por camadas horizontalizadas de areia e cascalho, sedimentos altamente permeáveis e de alta capacidade de armazenamento e de transmissividade d'água. Por um lado, são de excelentes características hidrodinâmicas, de boa homogeneidade lateral, constituindo-se em aquíferos sedimentares porosos, expostos ou situados muito próximos à superfície e de grande expressividade areal, portanto, excelentes fontes de água doce de fácil exploração, a custos baixos. Por outro lado, são extremamente vulneráveis à contaminação, pois o lençol freático expõe-se ou se situa a baixas profundidades e o fluxo d'água se dá na horizontal, em todas as direções, entre sedimentos de baixa capacidade de reter e depurar poluentes. No caso de um acidente com substâncias poluentes, estas podem se deslocar rapidamente em todas as direções e atingir o lençol freático. Tais limitações são minimizadas nas áreas da Unidade DCta (Terraços Aluvionares), por serem terrenos um pouco mais elevados que a cota dos rios, com lençol freático pouco mais profundo, portanto, menos vulnerável à contaminação.

- Terrenos inundáveis, com sedimentos que se mantêm úmidos na maior parte do ano, muitos deles enriquecidos em matéria orgânica. No caso da Unidade DCfl (Planícies Fluvio-lacustres), em muitos locais ocorrem solos salinos, que são corrosivos. Tais situações põem em risco de corrosão material de obras enterradas, fato a ser considerado no caso de se implantar dutos e tanques para armazenamento e circulação de substâncias poluentes. Além disso, a matéria orgânica pode comprometer a qualidade das águas para consumo humano, devido a problemas de acidez elevada e odor desagradável.

- Trata-se de ambiente com sistemas de relevo e drenagem com características mais concentradoras que dispersoras, onde os rios são de baixa energia, com águas lentas, pouco turbulentas, com baixo potencial de se oxigenar e de se autodepurar. Um derramamento de poluentes nessas áreas poderá causar impactos ambientais gravíssimos e exigir complexas e onerosas soluções.

- A Unidade DCa, também conhecida como várzeas dos rios por sua configuração morfolitoestrutural, é composta por terrenos de grande importância hídrica, pois tanto recarrega as águas subterrâneas como a dos rios,

portanto, favorável tanto à recarga como à descarga das águas subterrâneas (Figura 4.19).

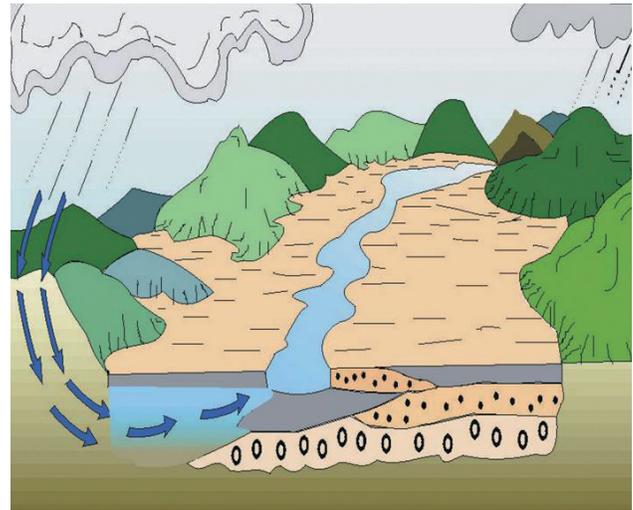


Figura 4.19 - Esboço da configuração morfológica da unidade DCa (planícies aluvionares recentes).

Potencial mineral

- A Unidade DCa (Planícies Aluvionares Recentes) é favorável à existência de várias substâncias minerais, com destaque para areia para uso industrial e construção civil, argila comum e plástica, cascalhos, depósitos de ouro e diamante do tipo pláceres e com potencial para turfa. Há várias atividades mineiras nessa unidade, como: extração de argilas vermelhas nas aluviões do rio Paranapanema (Três Lagoas) e nas aluviões geradas sobre a Formação Caiuá (Ivinhema-Angélica); areia e cascalho dragados das calhas dos rios relacionados às aluviões recentes sobre a Bacia do Paraná; diamante em aluviões dos rios Coxim e São Lourenço e ouro em aluviões do rio Miranda e seus afluentes.

- As crostas lateríticas existentes na Unidade DCta (Terraços Aluvionares), especialmente no domínio da Formação Pantanal, podem ser fontes interessantes de rocha duras e de pedras de revestimento, considerando a carência de rochas duras nessas planícies.

- Cabe destacar que a exploração de bens minerais na área do Pantanal é uma atividade incompatível com o ambiente dessa planície, pois, dentre outros impactos ambientais, desmata, compromete a produtividade biológica e leva ao assoreamento de córregos e rios.

Potencial geoturístico

Como potencial turístico desse domínio destaca-se a área do Pantanal, uma das maiores áreas inundáveis do planeta e uma das mais exuberantes e diversificadas reservas naturais do mundo. Com aproximadamente 190.000 km², que se estende pela Bolívia e Paraguai, dois terços de sua área (cerca de 138.000 km²) estão localizados no estado de

Mato Grosso do Sul. Constitui-se em uma mistura de vários ecossistemas com diferentes paisagens como savanas, cerrados, lagos, baías e florestas, com complexo e denso sistema de drenagem ligado à bacia hidrográfica do rio Paraguai.

Essa complexa planície, que apresenta um regime hídrico de cheias com vazantes lentas e periódicas, que deixam em seu rastro lagoas e corixos, assim como vazantes ricas em vida aquática, além de um solo enriquecido por nutrientes que se disseminam nas cheias e da existência de solos salinos conhecidos como “barreiros”, atrai e sustenta uma enorme variedade e quantidade de vida animal (já foram catalogadas cerca de 50 espécies de répteis, 80 de mamíferos, 260 de peixes e 650 de aves). Uma rica diversidade da fauna e flora faz dessa região um dos maiores atrativos geoturísticos do Brasil, reconhecida pela UNESCO como Sítio do Patrimônio Natural Mundial e Reserva da Biosfera. Essa imensa área inundável é dotada de uma fisiografia que se altera de acordo com as duas estações do ano: seca e chuvosa. Assim, apresenta grande variedade de paisagens e de atrativos que se renovam, repletos de belezas naturais inigualáveis (Figuras 4.20, 4.21 e 4.22).



Figura 4.20 - Aspecto bucólico das áreas alagadas com buritizais.



Figura 4.21 - Tuiuiú, ave-símbolo do Pantanal.



Figura 4.22 - Jacaré, um dos animais da rica fauna pantaneira.

DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS INCONSOLIDADOS DO TIPO COLUVIÃO E TÁLUS (DCICT)

Corresponde aos terrenos sustentados por materiais detríticos depositados rapidamente por ação da gravidade nos sopés e nas meias-encostas de relevos com declives acentuados.

Elementos de Definição e Área de Ocorrência

Terrenos compostos por uma mistura caótica de materiais das frações argila, silte, areia, seixos, blocos e matacões, cuja composição depende da geologia da área-fonte. São materiais pouco consolidados, sem nenhuma seleção granulométrica e com muitos espaços vazios entre os fragmentos de diferentes tamanhos.

Ocorrem em algumas áreas de distribuição bastante irregular e dispersa. A de maior expressão areal margeia a borda da serra do Maracaju, em uma faixa contínua de aproximadamente 25 km de comprimento por 5 km de largura, constituída por depósitos conglomeráticos com matriz arenosa, com fragmentos desde a fração seixo até matacão, principalmente de metassedimentos do Grupo Cuiabá e arenitos da Formação Furnas. Outra área que se destaca por sua importância econômica, por ser extremamente rica em minérios de ferro, ocorre na região de Corumbá, nos sopés do maciço de Urucum. As outras, de menor expressão e sem interesse econômico, ocorrem a nordeste de Porto Murtinho e no extremo norte da área, na região da serra do Amolar (Figura 4.23). Outras áreas não-mapeáveis na escala deste trabalho ocorrem junto a relevos mais movimentados de várias unidades geológico-ambientais. Na descrição dessas unidades, foi destacada sua presença, o que significa que muitas das informações aqui apresentadas podem ser estendidas a essas áreas.

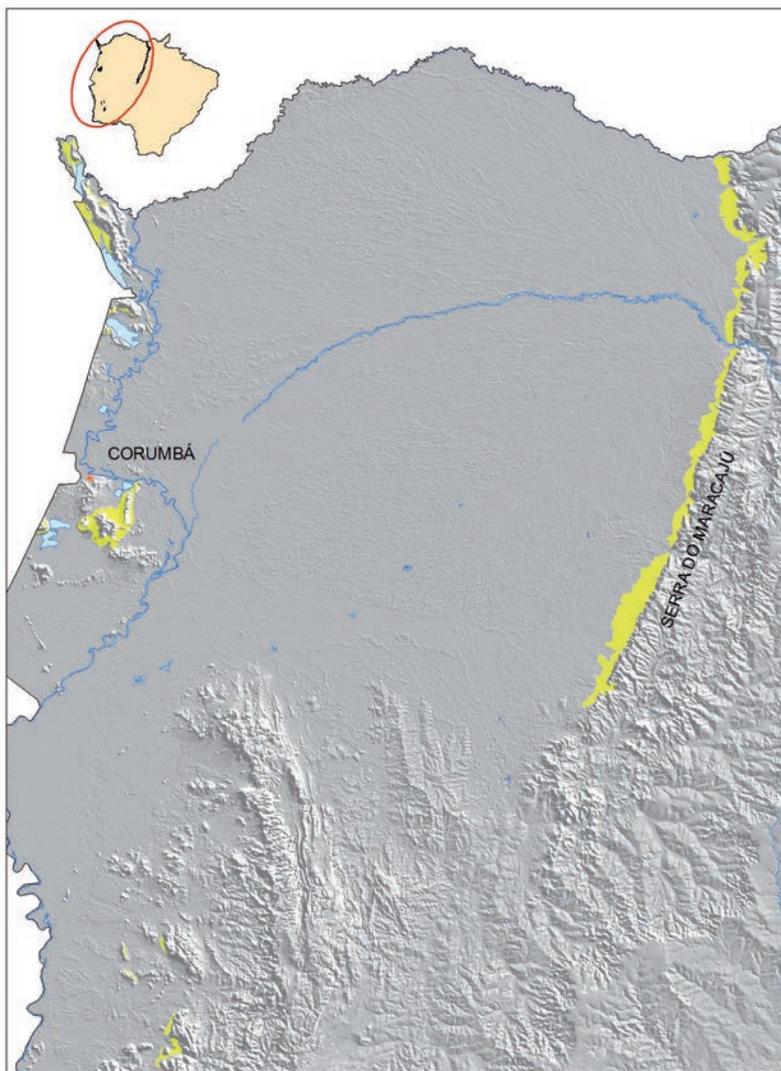


Figura 4.23 - Área de ocorrência das unidades geológico-ambientais e formas de relevo associadas do domínio DCICT (sedimentos cenozoicos inconsolidados do tipo colúvio e tálus) no estado de Mato Grosso do Sul.

Formas de Relevo

As formas de relevo identificadas nesse domínio foram classificadas como vertentes recobertas por depósitos de encostas, incluindo leques aluviais, rampas de colúvio e tálus, sem distinção nessa escala de trabalho. Destaca-se que os depósitos que ocorrem margeando a escarpa da serra do Maracaju consistem em superfícies suavemente inclinadas, tipo colinosas, com desnível de até 400 m entre a escarpa e a planície coluvial, a qual apresenta cotas de até 220 m, junto à escarpa, e até 130 m, junto à Unidade DCfl (Planícies Fluvio-lacustres), quase plana, representada pela Formação Pantanal. Os demais depósitos se caracterizam por superfícies fortemente inclinadas nos sopés das vertentes íngremes de terrenos montanhosos, com declives entre 20 a 45° (Figura 4.23).

Características, Adequabilidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação

Obras de engenharia

Depósitos de colúvio e tálus não apresentam adequabilidade a qualquer tipo de obra, considerando-se que:

- Dada a natureza de sua composição, são materiais de características geomecânicas extremamente heterogêneas, com drenagem interna e resistência aos esforços ruins, de baixa capacidade de suporte, o que significa que uma obra sobre eles locada pode sofrer abatimentos, trincamentos e ter suas fundações desestabilizadas por recalques desses terrenos, quando submetidos a cargas elevadas. Por serem constituídos por blocos e matacões de rochas duras e abrasivas, oferecem resistência à escavação, à colocação de estacas e à perfuração com sondas rotativas. Nesse último caso, os materiais abrasivos causam desgaste rápido das brocas, sendo mais recomendável o uso de bate-estacas.
- Geralmente, apresentam espessura reduzida e bastante irregular; isso significa que escavações podem alcançar litologias ou solos de outras unidades geológicas e de características composicionais bastante diferentes, o que faz com que exista uma descontinuidade geomecânica e hidráulica que facilita as desestabilizações e os processos erosivos em paredes escavadas e potencializa os processos erosivos e os movimentos naturais de massa, especialmente nas situações de relevos declivosos e quando estão sobrepostos a materiais pouco permeáveis. Portanto, obras locadas

sobre eles podem se desestabilizar com facilidade.

- Os depósitos que ocorrem margeando a serra do Maracaju, nas áreas mais afastadas da serra, apresentam relevo suave ondulado, o que, em parte, minimiza as implicações negativas retromencionadas.

Agricultura

Não são terrenos adequados ao uso agrícola, considerando-se que:

- São constituídos por material de textura e características físico-químicas muito diferenciadas de local para local, de pedregosidade elevada, naturalmente erosivos e associados a relevos declivosos, de alta erosão hídrica, com sistema de drenagem fluindo diretamente para os terrenos do Pantanal e com declives impeditivos ao uso de implementos agrícolas motorizados.

- Os depósitos mapeados ao longo da serra do Maracaju apresentam declives mais suaves quanto mais afastados da serra, por isso, em muitas áreas, em relação à declividade, não há impedimentos à agricultura motorizada.
- Grande parte dos depósitos de tálus que se associam às morrarias da região de Corumbá é derivada de rochas quartzoferromanganesíferas, contém excesso de ferro e deve ser excessivamente ácida e de fertilidade natural muito baixa.

Recursos hídricos e fontes poluidoras

São terrenos de pouca expressividade areal para serem considerados como relevantes do ponto de vista de recursos hídricos, mas onde cuidados especiais devem ser tomados em relação à locação de fontes potencialmente poluidoras, pois:

- Apresentam configuração geomorfológica com características dispersoras.
- São áreas de alto risco de movimentos de massa, onde se formam fortes enxurradas que podem transportar rapidamente poluentes para longas distâncias, principalmente naqueles terrenos de relevo fortemente inclinado. Além disso, toda a drenagem que diseca esses terrenos tem seu fluxo em direção às planícies do Pantanal.
- Trata-se de material altamente permeável e poroso associado a sopés de encostas, que são áreas de descarga de aquíferos, onde nascem muitos córregos. Geralmente, apresenta espessura reduzida para se constituir em bons aquíferos, além de ser altamente vulnerável à contaminação de poluentes e apresentar resistência à escavação e perfuração.

Potencial mineral

Depósitos de tálus e colúvio podem ser boas fontes para exploração de blocos e matacões de rochas duras. Os colúvios e tálus existentes no entorno das Morrarias do Urucum são formados por blocos, matacões e fragmentos de minério de ferro (Figura 4.24). Entretanto, seu potencial



Figura 4.24 - Depósito de tálus com blocos de minério de ferro e manganês (Morrarias do Urucum, Corumbá, MS).

de exploração é prejudicado pela configuração geomorfológica de frentes erosivas escarpadas, com densa e típica flora, constituindo-se em importante e frágil ecossistema.

Potencial geoturístico

Como unidade individualizada, não apresenta qualquer atrativo. Destaca-se, porém, que, nesse contexto, os depósitos de colúvio e tálus que ocorrem no sopé das Morrarias do Urucum não podem ser dissociados da beleza paisagística das frentes erosivas escarpadas dessas morrarias.

DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS INDIFERENCIADOS CENOZOICOS RELACIONADOS AO RETRABALHAMENTO DE OUTRAS ROCHAS, GERALMENTE ASSOCIADOS A SUPERFÍCIES DE APLAINAMENTO (DCSR)

Esse domínio corresponde às coberturas arenoglomeráticas e/ou siltico-argilosas associadas a superfícies de aplainamento, derivadas da erosão de vários tipos de rochas e que sofreram pequeno transporte em meio não ou pouco aquoso.

Elementos de Definição e Área de Ocorrência

Constituem um pacote de sedimentos com espessura, em geral, entre 20 a 30 m, podendo alcançar 70 m, formado por camadas horizontalizadas constituídas, principalmente, por arenitos finos com matriz siltico-argilosa, arenitos conglomeráticos intercalados irregularmente com níveis subordinados de siltitos, argilitos (lamitos) e cascalhos à base de seixos de arenitos ferruginosos (lateritas) e silexitos.

Ocorrem na porção norte-nordeste do estado, configurando áreas esparsas, localizadas nos municípios de Sonora, Coxim, São Gabriel do Oeste, Costa Rica, Chapadão do Sul, Paranaíba e Rio Verde de Mato Grosso (Figura 4.25).

Geologicamente, correspondem aos terrenos mapeados como Formação Cachoeirinha e coberturas detrito-lateríticas. Ressalta-se que, com os trabalhos de campo, as características geológicas e ambientais das coberturas detritolateríticas mostraram-se semelhantes às da Formação Cachoeirinha, portanto, não se justifica serem tratadas separadamente.

Formas de Relevo

Caracterizam-se por apresentarem relevos residuais elevados, de topos aplainados, com baixíssima densidade de canais de drenagem e amplitudes de no máximo 20 m. Assentam-se sobre superfícies de aplainamentos esculpidas em rochas do Domínio DSVMP, posicionadas em cotas elevadas, em torno de 600 a 870 m de altitude, ressaltando-se em meio ao relevo mais rebaixado e dissecado das rochas

que lhes servem de embasamento, o que lhes confere a configuração de amplas chapadas. As maiores são conhecidas como Chapadão do Rio Correntes, com altitude em torno de 600 m; Chapadão de São Gabriel, com 700 m de altitude; Chapadão das Emas, com altitude que ultrapassa 850 m (Figura 4.25).

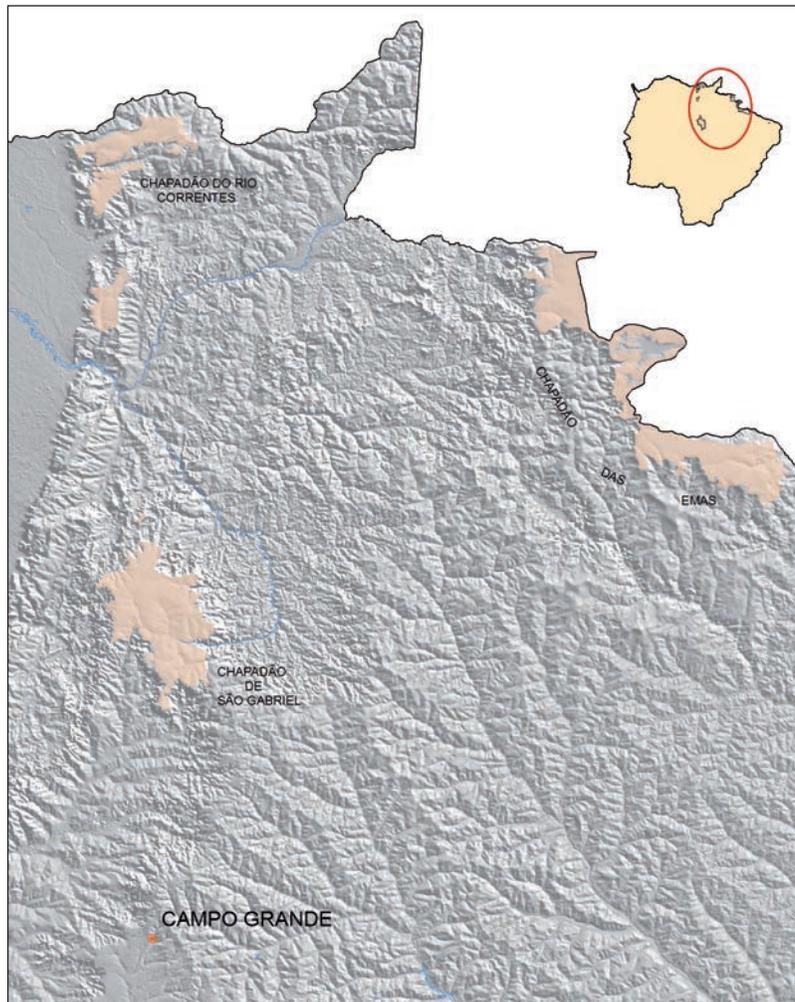


Figura 4.25 - Área de ocorrência das unidades geológico-ambientais e formas de relevo associadas do domínio dos sedimentos indiferenciados cenozoicos relacionados a retrabalhamento de outras rochas, geralmente associadas a superfícies de aplainamento (DCSR) no estado de Mato Grosso do Sul.

Características, Adequabilidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação

Obras de engenharia

As características dos sedimentos, relevo, drenagem e solos desse domínio lhe conferem tanto adequabilidades como limitações geotécnicas importantes de serem consideradas em caso de execução de obras, destacando-se:

- Por esses terrenos serem constituídos por um empilhamento de camadas horizontalizadas de diferentes sedimentos que mudam bruscamente de uma camada para outra, as características geotécnicas e hidráulicas variam bastante na vertical. Portanto, no caso de execução de obras que envolvam escavações, devem-se prever mudanças abruptas entre essas camadas e

que tais mudanças se constituem em descontinuidades geomecânicas e hidráulicas que potencializam a desestabilização e os processos erosivos nas paredes escavadas. Além disso, como o pacote sedimentar não é muito espesso e a espessura é irregular, em alguns locais as escavações ou perfurações podem alcançar litologias de outras unidades geológicas de características geotécnicas e hidráulicas bem distintas.

- Predominam sedimentos com baixo grau de consolidação. Se, por um lado, isso favorece a escavação, que pode ser facilmente executada com maquinários e ferramentas de corte, por outro, podem apresentar problemas de deficiência de capacidade de suporte, além de serem terrenos com deficiência de rochas duras para utilização como agregados.

- Dentre os sedimentos, predominam os que se alteram para solos areno-siltico-argilosos, formando manto de alteração, em geral, com mais de 5 m de espessura, bastante erosivo, com permeabilidade moderada a elevada e potencial para existência de solos colapsíveis, que, se submetidos ao acréscimo de tensão e/ou de grau de umidade, sofrem rearranjo brusco de sua estrutura e conseqüente redução de volume, ou seja, são de baixa capacidade de suporte; logo, uma obra sobre eles apoiada pode sofrer abatimentos ou trincamentos. Dentre eles também existem tipos portadores de argilominerais expansivos (Figura 4.26) que, se expostos à variação do grau de umidade, sofrem o fenômeno do empastilhamento, ou seja, fendilham-se e se

desagregam em pequenas pastilhas, desmoronando com facilidade em taludes de corte; assim, obras neles enterradas podem se desestabilizar e sofrer trincamentos.

- Relevo plano ou quase plano, declividades e amplitudes muito baixas e baixa densidade de canais de drenagem são características adequadas desses terrenos para execução de obras viárias e infraestrutura, pois não haverá necessidade de cortes para minimizar declives; caso seja necessário executar obras de aterro e de transposição de drenagem, estas serão de pequeno porte.



Figura 4.26 - Aspecto de solo bastante fraturado que se desmorona sob a forma de pequenas pastilhas, um indicativo da existência de argilominerais expansivos (Coxim, MS).

- Apresentam baixo potencial de erosão hídrica e nulo potencial de movimentos naturais de massa, portanto, são terrenos bem estabilizados. Por outro lado, devido às características de relevo, neles existem muitas parcelas excessivamente planas, com escoamento superficial precário. Como são sustentados por um empilhamento de litologias com permeabilidades muito diferentes, nas épocas de concentração de chuvas podem ocorrer problemas de deficiência de escoamento superficial, formação de lençol freático temporário próximo à superfície, reversão de fluxo de redes de esgoto e empoçamento de água de longo período de duração (Figura 4.27).

- A condição morfológica de relevo plano ou quase plano e sobrelevado em relação aos terrenos circunvizinhos faz com



Figura 4.27 - Vista geral da chapada de São Gabriel, totalmente desmatada (São Gabriel do Oeste, MS).

que esse domínio sofra a ação dos ventos que sopram forte em boa parte do ano, o que lhe confere uma configuração favorável à implantação de geradores eólicos. No entanto, essa mesma condição morfológica favorece o processo de arenização do solo pela ação dos ventos – que carrega as partículas mais finas, como silte e argilas (Figura 4.28). A permeabilidade elevada dos solos também favorece esse processo, pela ação das águas das chuvas – que carrega as partículas mais finas para a subsuperfície. Caso sejam destinados à urbanização, recomenda-se não deixar o solo dos lotes e arruamentos expostos, de modo a se evitar a arenização desses solos, que resultaria em processos erosivos, conforme verificado em várias estradas construídas sobre esses terrenos (Figura 4.29). Ressalta-se que essas áreas são delimitadas, em alguns locais, por frentes erosivas escarpadas e que parte das chapadas do rio Correntes e de São Gabriel apresenta sistema de drenagem fluindo diretamente para a planície do Pantanal, para onde estão carreando alta carga de detritos.



Figura 4.28 - A formação de nuvens de poeira, devido à ação de redemoinhos de ventos, é frequente nessas áreas (São Gabriel do Oeste, MS).



Figura 4.29 - Solo bastante lixiviado e arenoso, em processo erosivo induzido pela concentração das águas das chuvas na lateral da estrada (Sonora, MS).

Agricultura

De modo geral, esse domínio não apresenta sérias limitações à agricultura, considerando-se que:

- Predominam litologias que se alteram para solos arenosíltico-argilosos, com alta proporção de areia fina quartzosa. Quando pouco lixiviados, apresentam boas características texturais para uso agrícola, razoável capacidade hídrica e de reter e fixar nutrientes e assimilar matéria orgânica, respondendo relativamente bem à adubação; por conter alta proporção de areia quartzosa, podem ser mecanizados, mesmo molhados. Por outro lado, devido à alta participação de quartzo, quando bem evoluídos são erosivos e ácidos, apresentando baixa fertilidade natural e teores relativamente elevados de alumínio trocável, elemento nocivo à maioria das culturas, cuja correção exige aplicação de altas cargas de calcário dolomítico.

- Devido às características de seu relevo, são terrenos de baixo potencial natural para erosão hídrica, porém, são desprovidos de cursos e nascentes de água e, portanto, com deficiência de água superficial para irrigação, o que os torna inadequados ao cultivo de plantas que necessitam de irrigação constante. Esse tipo de relevo favorece a pedogênese, predominando solos profundos, bem evoluídos, de fácil escavabilidade, desprovidos de pedregosidade superficial e subsuperficial; portanto, tanto o solo como o relevo não apresentam problema para utilização de arados ou de implementos agrícolas motorizados (Figura 4.30).



Figura 4.30 - Aspecto de solo bastante evoluído, lixiviado, sem distinção de horizontes, de fácil escavabilidade (Coxim, MS).

- Por serem de relevo muito plano e de topografia mais elevada em relação aos terrenos circunvizinhos e estarem completamente desmatados, esses terrenos sofrem mais a ação dos ventos que sopram forte em boa parte do ano, que coincide com as épocas em que o solo é preparado para o plantio. A falta de vegetação, a qual poderia funcionar como quebra-vento, faz com que se formem redemoinhos (Figura 4.31) que arrancam e transportam a fração argila (mais leve)

do solo, ficando a fração areia quartzosa, desencadeando, assim, um processo de arenização que tende a se agravar com o passar do tempo. Além disso, como os solos têm permeabilidade elevada, a ação das águas das chuvas carrega as partículas mais finas para a subsuperfície, desencadeando, também, um processo de arenização pela lixiviação do solo. Tal processo gerou grandes manchas de solos excessivamente arenosos, permeáveis, de muito baixa capacidade hídrica e de reter/fixar nutrientes e de assimilar matéria orgânica; em consequência, respondem mal à adubação e perdem água rapidamente, assim que passam as chuvas.



Figura 4.31 - Formação de nuvens de poeira devido à mecanização do solo (São Gabriel do Oeste, MS).

- Como os terrenos desse domínio são intensamente utilizados para agricultura de grãos (Figura 4.32), recomenda-se o plantio direto, técnica de cultivo em que as sementes são plantadas sem retirada da cobertura morta da colheita anterior, o que impede a exposição do solo e agrega mais húmus ao solo.



Figura 4.32 - Aspecto da atividade agrícola de cultivo de grãos (nesse caso, milho), cobrindo extensas áreas, gerando uma paisagem monótona, completamente desmatada (Chapadão do Sul, MS).

- Recomenda-se, também, compartimentar a área em parcelas delimitadas com cercas vivas e com espécies de porte alto, de modo a minimizar os efeitos da erosão eólica do solo e revegetar as bordas das chapadas, principalmente do rio Correntes e de São Gabriel, cujos sistemas de drenagem fluem diretamente para a planície do Pantanal.

Recursos hídricos e fontes poluidoras

Quanto a esses recursos e uso, são terrenos que apresentam tanto adequabilidades como limitações, destacando-se:

- Existência de camadas horizontalizadas de areia e cascalho pouco consolidados, sedimentos altamente permeáveis e de alta capacidade de armazenamento e de transmissividade de água, aflorantes ou situadas próximas à superfície, constituindo-se, portanto, em aquíferos porosos, de boa homogeneidade hidrodinâmica lateral e grande expressividade areal (Figura 4.33). Nesses tipos de aquíferos, os poços são de fácil exploração, a custos baixos; se um poço der boa vazão, é grande a possibilidade de que outros, nas mesmas profundidades, apresentem vazões semelhantes. Deve-se considerar a possibilidade de essas camadas ocorrerem intercaladas com camadas de sedimentos argilosos, gerando condições para aquíferos do tipo confinado e, por isso, mais protegidos da contaminação (Figura 4.34).

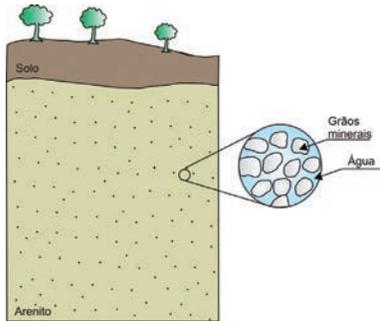


Figura 4.33 - Esboço da constituição de um aquífero poroso, constituído por sedimentos arenosos, onde a água circula entre os grãos minerais.

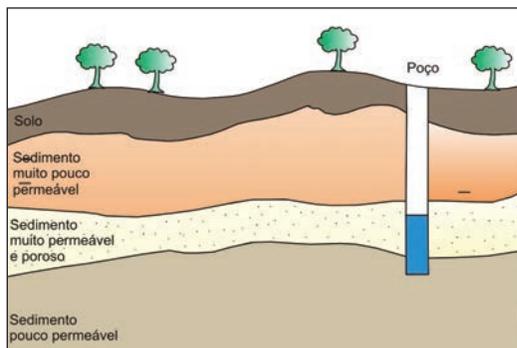


Figura 4.34 - Esboço de um aquífero confinado, onde sedimentos muito permeáveis e porosos ocorrem intercalados a sedimentos muito pouco a pouco permeáveis.

- Tais coberturas apresentam espessura máxima de 70 m, portanto, poços que ultrapassam essa profundidade terão contribuição de água subterrânea de outras unidades geológicas.

- Tanto os solos como os sedimentos apresentam alta participação de quartzo, mineral de muito baixa capacidade de reter poluentes; por isso, as águas subterrâneas estão bastante vulneráveis à contaminação, tanto por fontes pontuais como difusas. Como aspecto positivo, destaca-se que águas subterrâneas associadas a litologias à base de quartzo costumam apresentar excelente potabilidade.

- A condição morfolitoestrutural desses terrenos de superfícies sobrelevadas, aplainadas e delimitadas por escarpas e recobertas por solos bastante permeáveis é desfavorável a que o lençol freático aflore; por isso, são desprovidos de cursos d'água. Por um lado, tal condição é bastante propícia a que as águas subterrâneas sejam abundantemente recarregadas; por outro, também é favorável à percolação de poluentes, o que exige cuidados especiais com as fontes potencialmente poluidoras. Além disso, trata-se de uma morfoestrutura favorável a que as águas subterrâneas migrem para as zonas escarpadas e nelas aflorem como nascentes.

Potencial mineral

Destaca-se que os níveis de cascalhos existentes nesse domínio podem ser produtos do retrabalhamento de unidades geológicas portadoras de mineralizações de ouro e diamante.

Potencial geoturístico

Esses terrenos não apresentam atrativo geoturístico. São excessivamente desmatados, configurando uma paisagem bastante desoladora e ambientalmente impactante pela intensa atividade agrícola. Quilômetros são percorridos sem vegetação. Quando é época de aragem do solo, elevam-se nuvens de poeira vermelha que permanecem por longo tempo até se dispersarem. São regiões economicamente ricas, porém, ambientalmente muito pobres.

O conjunto dessas superfícies planas alçadas topograficamente com as rochas que lhe dão suporte, em alguns locais, forma áreas escarpadas com vegetação arbórea associada, de cenário bastante interessante, principalmente por estarem em ambiente bastante desolador.

DOMÍNIO DAS COBERTURAS CENOZOICAS DETRITOCARBONÁTICAS (DCDC)

Esse domínio corresponde aos sedimentos da Formação Xaraiés, constituída por litologias à base de carbonatos, produtos da erosão, redeposição fluvial e remobilização química de rochas calcárias.

Elementos de Definição e Área de Ocorrência

Os terrenos desse domínio são formados, principalmente, por tufas calcárias, travertinos, geralmente fosfíferos, e conglomerados calcíferos. Em alguns locais, o material carbonático aparece envolvendo seixos de vários tipos de rochas que ocorrem nas imediações.

Afloram em pequenas áreas na região de Corumbá, recobrendo rochas granitoides migmatíticas (Domínio DCGMGL) e rochas calcárias do Grupo Corumbá (unidade geológico-ambiental DSP1csaa – Domínio DSP1); na região de Bonito, recobrendo metacalcários e metassedimentos do Grupo Cuiabá (unidades geológico-ambientais DSP2mcsaa e DSP2sag – Domínio DSP2) e calcários do Grupo Corumbá (unidade geológico-ambiental DSP1csaa – Domínio DSP1); como precipitados químicos sob a forma de tufas calcárias ao longo de vários cursos d'água (Figura 4.35).

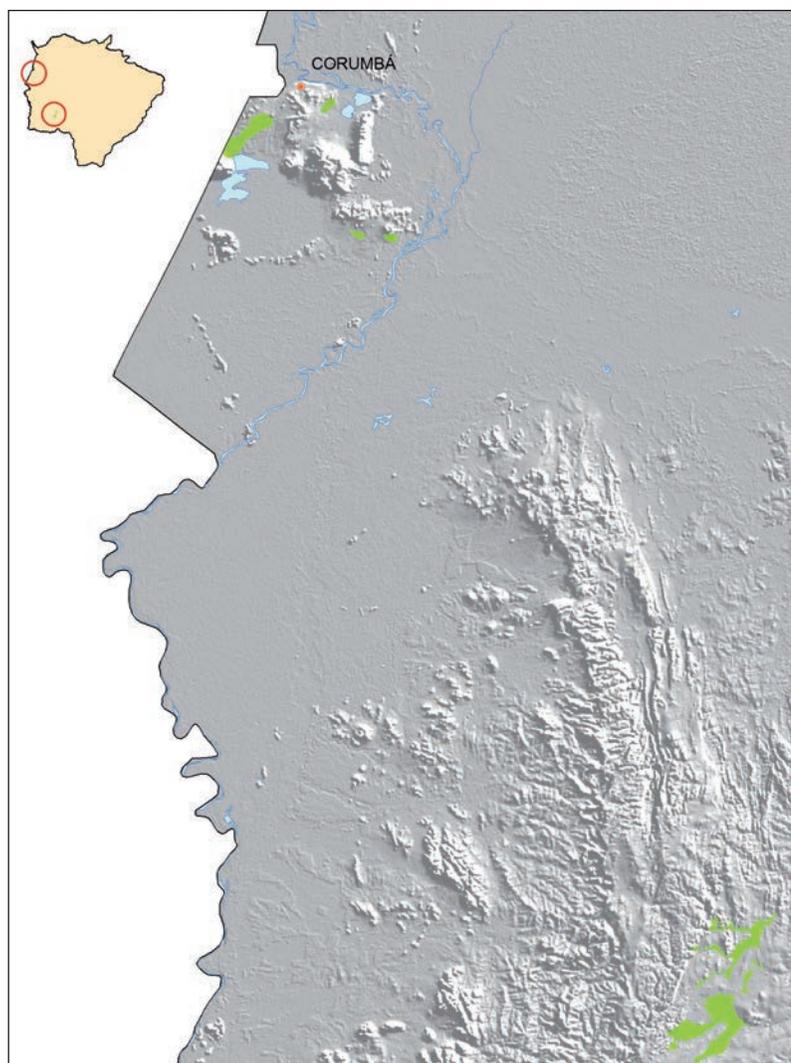


Figura 4.35 - Área de ocorrência das unidades geológico-ambientais e formas de relevo associadas do domínio das coberturas cenozoicas detritocarbonáticas (DCDC) no estado de Mato Grosso do Sul.

Formas de Relevo

Ocorrem em terrenos baixos, levemente ondulados a aplainados, classificados como Superfícies Aplainadas Conservadas (Figura 4.35).

Características, Adequabilidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação

Obras de engenharia

Na execução de obras sobre esses terrenos, deve-se considerar que:

- Trata-se de uma unidade geológica não muito espessa e de espessura bastante irregular; portanto, escavações podem alcançar litologias de outras unidades geológicas com características composicionais e texturais bastante diferentes, constituindo-se em descontinuidades geomecânicas e

hidráulicas que facilitam a desestabilização e os processos erosivos em paredes escavadas.

- Sustentam esses terrenos rochas à base de carbonatos, mineral de alta reatividade química; por isso, são boas para utilização como agregado para fabricação de concreto. Por outro lado, esse mineral apresenta baixa resistência ao intemperismo químico e se dissolve com facilidade com a ação das águas; conseqüentemente, esses terrenos apresentam porosidade e permeabilidade secundárias elevadas, são bastante percolativos e podem conter cavidades dos mais diferentes tamanhos, portanto, com potencial de afundamentos bruscos (colapsos).

- Os terrenos dessa unidade são constituídos por rochas cujas características texturais e grau de consistência variam bastante lateral e verticalmente, portanto, de resistência ao corte e à penetração, e de características geomecânicas e hidráulicas bastante diferenciadas, tanto na lateral como na vertical.

- Terrenos constituídos por rochas que se alteram para solos, em geral, com textura similar à das argilas; são pouco permeáveis, com boa capacidade de compactação, baixa erosividade natural e alta reatividade química. São bons para utilização como material de empréstimo, inclusive como barreiras de contenção de elementos químicos. O aspecto negativo é que o manto de alteração torna-se bastante pegajoso e escorregadio quando molhado, tornando as vias não-pavimentadas difíceis de trafegar durante os períodos chuvosos, assim como obras que envolvem escavações e perfurações durante

esses períodos estarão sujeitas a problemas decorrentes de emplastamento excessivo de ferramentas e equipamentos. Já quando secos, tais solos entram facilmente em suspensão, o que faz com que o tráfego nas vias não-pavimentadas levante muita poeira.

- São formados por rochas que se alteram de modos muito diferenciados, por isso, mesmo onde o manto de intemperismo é mais profundo, pode haver restos de rochas bem preservados da alteração. Portanto, em caso de escavações e perfurações, deve-se prever que estas podem atingi-los.

- O relevo desses terrenos varia de plano a suave ondulado, apresenta baixas declividades, amplitudes e densidade de canais de drenagem. São bem estabilizados, com baixo potencial erosivo e de movimentos naturais de massa, o que significa que na implantação de infraestrutura urbana e viária não será necessária a execução de cortes profundos para minimizar declives nem grandes obras de aterro e de transposição de drenagem. Nas áreas próximas a Corumbá, tal característica de relevo possibilita que o lençol freático seja influenciado pelas oscilações das enchentes do Pantanal, ou seja, durante as cheias do Pantanal ele pode se elevar.

- Em diversos locais, há possibilidade de que tais materiais sejam produtos da alteração de rochas calcárias. Deve-se considerar que o substrato desses terrenos pode conter cavidades (cavernas) – descontinuidades geomecânicas e hidráulicas importantes –, portanto, apresentam potencial para desmoronamentos subterrâneos, com consequentes colapsos na superfície. Obras sobre ou nas proximidades dessas cavidades estarão sujeitas a trincamentos em paredes, abalos nas fundações e até afundamentos bruscos (colapsos) (Figura 4.36). Tais cavidades podem estar ligadas à superfície por meio de dolinas ou sumidouros de drenagem, locais de ligação direta entre os fluxos de água superficial e subterrâneo; por isso, além do risco de afundamento brusco, dolinas são locais de alta vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas. Antes da execução de obras sobre esse domínio, recomenda-se a realização de estudos geotécnicos com sondagens com malha bem adensada, complementado com estudos geofísicos para verificação da existência ou não dessas cavidades (Figura 4.36).



Figura 4.36 - Ilustração do que pode ocorrer com construções sobre terrenos sujeitos a colapso.

Agricultura

No que se refere às adequabilidades e limitações desses terrenos ao uso agrícola, destaca-se:

- Por serem sustentados por rochas à base de carbonatos, podem conter dolinas e sumidouros de água, por onde poluentes agrícolas alcançam rapidamente as águas subterrâneas sem ser depurados. Recomenda-se não plantar sobre esses locais e revegetar seu entorno. A vegetação é uma barreira que pode impedir que poluentes agrícolas alcancem esses locais, neles se infiltrem e atinjam o lençol subterrâneo.

- São rochas que se alteram para solos bastante porosos, em geral, com textura similar à das argilas, por isso: apresentam boa capacidade hídrica; a permeabilidade varia de moderada, em solos bem evoluídos, a baixa, nos poucos evoluídos. São de alta reatividade química, com boa capacidade de reter e fixar elementos e assimilar matéria orgânica. Respondem bem à adubação e mantêm boa disponibilidade de água para as plantas por longo tempo dos períodos mais secos. Embora sejam de baixa erosividade natural, se forem continuamente mecanizados com equipamentos pesados ou pisoteados por gado, compactam-se, impermeabilizam-se e se tornam suscetíveis à erosão laminar, dando origem ao fenômeno conhecido como “pé-de-grade” (formação de uma camada subsuperficial altamente impermeável e endurecida, que faz com que a camada superior, por ser mais porosa e permeável, fique encharcada nos períodos de chuva e seja facilmente removida por erosão laminar). Nos períodos de chuva, esses solos tornam-se excessivamente aderentes e difíceis de ser mecanizados, devido ao emplastamento de ferramentas e equipamentos; já nos períodos secos, podem se tornar muito endurecidos e entrar facilmente em suspensão, provocando muita poeira durante o processo de mecanização do solo.

- No processo de alteração, essas rochas liberam bastante cálcio e magnésio; portanto, os solos são básicos e costumam apresentar boa fertilidade natural.

- A pedregosidade superficial é baixa, o relevo é suave ondulado a quase plano, favorável à pedogênese e a que predominem solos profundos; portanto, não há restrição quanto ao uso de equipamentos agrícolas motorizados. Porém, são desprovidos de cursos d’água, portanto, sem disponibilidade hídrica superficial para irrigação.

- Os terrenos próximos a Corumbá estão sob influência do Pantanal e sujeitos à subida do nível freático durante as cheias, o que pode causar problemas de podridão em raízes profundas de culturas de ciclo longo. Qualquer iniciativa de uso agrícola desses terrenos deve levar em consideração que eles fazem parte do contexto ambiental do Pantanal, o que exige cuidados especiais, ou mesmo restrições a práticas agrícolas com potencial poluidor.

Recursos hídricos e fontes poluidoras

Na exploração de recursos hídricos ou na locação de fontes potencialmente poluidoras do lençol subterrâneo, deve-se considerar que:

- São terrenos sustentados por rochas à base de carbonatos, portanto, pode haver dolinas e sumidouros d'água, por onde poluentes podem alcançar rapidamente as águas subterrâneas sem ser depurados. Sobre esses locais ou em suas proximidades, recomenda-se não local fontes potencialmente poluidoras, tais como cemitério, aterro sanitário, posto de gasolina dentre outras.

- Os solos derivados de rochas à base de carbonatos apresentam textura similar à das argilas, são pouco permeáveis, de alta reatividade química e alta capacidade de reter e fixar elementos, por isso, onde são profundos e afastado dos cursos d'água e das dolinas, o risco de contaminação das águas subterrâneas é baixo. No entanto, há de se considerar que o lençol freático pode estar situado próximo à superfície.

- Trata-se de um aquífero exposto na superfície, portanto, de alto risco de contaminação. Por outro lado, o fato de as rochas apresentarem moderada a baixa resistência à penetração facilita a sua exploração a baixo custo.

- Ressalva-se que, devido à pouca expressividade areal, esse domínio não deve ter grande potencial para recursos hídricos subterrâneos. No entanto, há de se considerar que, em muitos lugares, são produto de intemperismo *in situ* de rochas calcárias e, nesses casos, o substrato desses terrenos pode se constituir em bons aquíferos cársticos (Figura 4.37).

- Nesses aquíferos, as águas subterrâneas se armazenam e circulam através de cavidades de dissolução e em falhas e fraturas; são de bom potencial armazenador e circulador de água subterrânea, mas de características hidrodinâmicas extremamente complexas e potencial hidrogeológico bastante irregular. Este depende de o poço cruzar fraturas, alcançar cavidades com água e do tamanho dessas cavidades, por isso, às vezes, um poço pode dar excelente vazão e outro, ao lado, ser seco. Além disso, são aquíferos que sofrem recarga e descarga rápidas. Quando chove, o nível do lençol freático sobe rapidamente, mas assim que a chuva passa, abaixa também rapidamente. São aquíferos que exigem estudos hidrogeológicos detalhados; se a exploração de água não for planejada, pode-se rebaixar excessivamente o lençol freático, esvaziar e descompressionar cavidades, gerando condições propícias a que ocorram desmoronamentos subterrâneos, colapsos da superfície e secamento das águas superficiais, consequências danosas no caso de haver construções nas proximidades, obras enterradas, açudes para irrigação ou reserva de água para o gado. Além disso, durante a perfuração, a sonda pode atingir uma cavidade e ocorrer desprendimento de equipamentos, nesse caso, de difícil resgate.

- Nos aquíferos cársticos, as águas podem conter excesso de carbonatos (água dura) e, dependendo da quantidade, ser impróprias para o consumo. Além disso, os carbonatos dissolvidos podem se incrustar nas paredes das tubulações e entupi-las rapidamente.

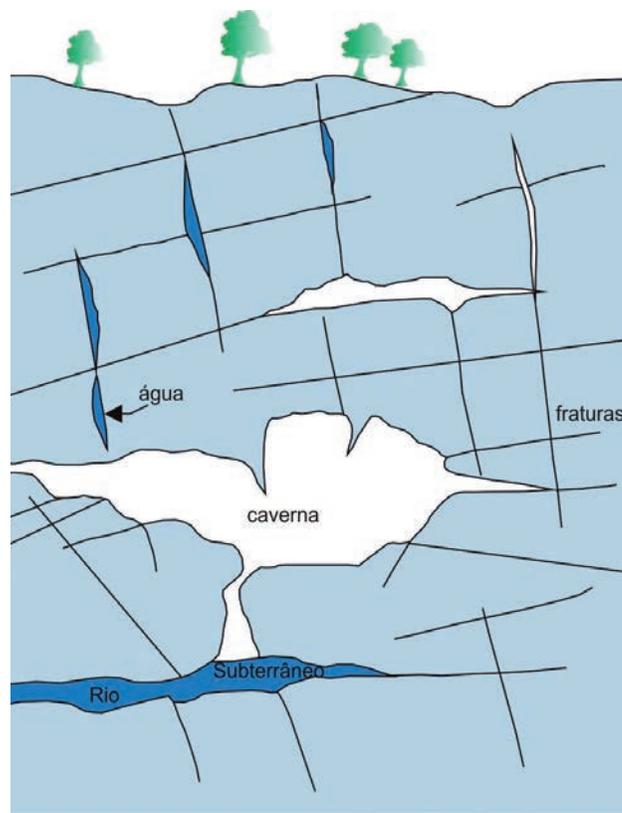


Figura 4.37 - Aquífero cárstico.

- São terrenos com relevo plano a suave ondulado, com deficiência de água superficial; porém, com escoamento superficial lento, o que favorece a recarga das águas subterrâneas.

- Nos terrenos próximos a Corumbá, o lençol freático sofre influência da dinâmica das águas do Pantanal. Assim, as águas subterrâneas podem estar sendo recarregadas pelas águas armazenadas nos sedimentos e solo do Pantanal.

Potencial mineral

São áreas-fontes para calcário para corretivo de solos e rocha ornamental. As tufas calcárias, face à sua pouca consistência, elevada porosidade e fácil desagregação, são empregadas *in natura* na agricultura como corretivo de solo ou em revestimento de estradas. O travertino é usado como pedra de revestimento.

Potencial geoturístico

É um domínio de ocorrência bastante restrita e sem atrativo geoturístico, a não ser o fato de ser uma unidade fossilífera, com vegetais e gastrópodes (Figura 4.38). No entanto, destaca-se como curiosidade geológica, pois o nome "Xaraiés" se associa à lenda da existência de um antigo mar na região: o mar de Xaraiés, que teria dado origem ao Pantanal. As lagoas "salinas" e as conchas existentes

nessas planícies levaram a interpretar que o ambiente de sedimentação do Pantanal teria sido marinho, o que não é verdadeiro, pois a sedimentação do Pantanal é exclusivamente fluvial. As lagoas “salinas” são, na verdade, de águas bicarbonatadas, o que lhes confere gosto salobro; já as conchas são de moluscos de água doce, os quais ainda vivem nas lagoas da planície pantaneira. Por volta de 1930, Monteiro Lobato, acreditando existir petróleo no Pantanal, popularizou a ideia do “Mar de Xaraiés” nas obras “O escândalo do petróleo” e “O poço do Visconde”.



Figura 4.38 - Aspecto dos calcários fossilíferos com “moldes” de conchas de moluscos (Corumbá, MS).

DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES E VULCANOSSEDIMENTARES MESOZOICAS E PALEOZOICAS POUCA A MODERADAMENTE CONSOLIDADAS, ASSOCIADAS A GRANDES E PROFUNDAS BACIAS SEDIMENTARES DO TIPO SINÉCLISE (DSVMP)

Esse domínio é formado, predominantemente, por sedimentos de origem clástica e clastoquímica pertencentes à Bacia do Paraná – unidade geotectônica de longa história evolutiva, que durou mais de 400 milhões de anos, e que foi preenchida por materiais de diferentes ambientes deposicionais dos tipos continental, marinho, fluvial, desértico, glacial e vulcânico.

Ressalva-se que, de ocorrência muito restrita, no extremo oeste do estado afloram arenitos da Formação Coimbra, pertencente à Bacia Gran Chaco, a qual, por semelhanças litológicas, cronológicas e deposicionais com outras formações da Bacia do Paraná foi incluída nesse domínio.

Elementos de Definição e Área de Ocorrência

Os sedimentos que constituem esse domínio recobrem grande parte do estado de Mato Grosso do Sul e incluem diversas formações geológicas, representantes de várias fases de preenchimento da bacia. Tais formações ocorrem sob a forma de camadas horizontalizadas ou sub-horizontalizadas, tanto formando espessos e extensos pacotes de uma única litologia como espessos pacotes com várias litologias irregularmente intercaladas entre si em finas camadas, com ou sem predominância de um litotipo. As diferenças de associações ou de predomínio litológico levaram a dividir o domínio em seis unidades geológico-ambientais (Figura 4.39):

- **Predomínio de Sedimentos Arenosos Malselecionados (DSVMPa):** Corresponde aos terrenos sustentados pelas formações Furnas, do Grupo Paraná, e Coimbra, da Bacia Gran Chaco.

- **Predomínio de Espessos Pacotes de Arenitos de Deposição Eólica (DSVMPae):** Corresponde aos terrenos sustentados pela Formação Botucatu, do Grupo São Bento.

- **Predomínio de Espessos Pacotes de Arenitos de Deposição Mista – Eólica e Fluvial (DSVMPaef):** Corresponde aos terrenos sustentados pelas formações Vale do Rio do Peixe, do Grupo Bauru, e Santo Anastácio, do Grupo Caiuá, e Grupo Caiuá indiviso.

- **Predomínio de Arenitos e Conglomerados (DSVMPacg):** Corresponde aos terrenos sustentados pelo Grupo Rio Ivaí.

- **Intercalações de Sedimentos Arenosos, Siltico-Argilosos e Folhelhos (DSVMPasaf):** Corresponde aos terrenos sustentados pelas formações Aquidauana e Palermo, do Grupo Itararé, e Marília, do Grupo Bauru.

- **Predomínio de Sedimentos Siltico-Argilosos, com Intercalações Arenosas (DSVMPsaa):** Corresponde aos terrenos sustentados pela Formação Ponta Grossa, do Grupo Paraná.

Formas de Relevô

Dada sua ampla variação litológica e expressão areal, foram identificadas diferentes formas de relevos (Figura 4.40), desde os termos mais acidentados, como escarpas (Figura 4.41), degraus estruturais, *inselbergs*, morros e serras baixas; os tipos fortemente ondulados a ondulados, classificados como colinas dissecadas e morros baixos (Figura 4.42), e os tipos suave ondulados a aplainados, classificados como colinas amplas e suaves (Figura 4.43), superfícies aplainadas retocadas ou degradadas, planaltos (Figura 4.44), tabuleiros, chapadas e platôs. De modo geral, há predominância dos tipos mais suavizados; dentre eles, os de colinas amplas e suaves, onde as amplitudes variam de 20 a 50 m e os declives, entre 3 a 10°.

Características, Adequabilidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação

Trata-se de um empilhamento de camadas horizontalizadas de diversas espessuras formadas por sedimentos diferentemente consolidados, de características mineralógicas e granulométricas distintas, que, na maior parte das vezes, mudam bruscamente de uma camada para outra. Significa que, independentemente de outras variáveis, nesses

terrenos, escavações e sondagens razoavelmente profundas podem alcançar litologias das mais variadas características geotécnicas, hidráulicas e hidrogeológicas. Além disso, em áreas de relevos mais acidentados – escarpas, morros e serras baixas, *inselbergs* e degraus estruturais (Figura 4.40) –, podem se expor, nas encostas, litologias das mais diferentes características mineralógicas e texturais. Pelo fato de as camadas serem horizontalizadas a sub-horizontalizadas, desde que o relevo seja aplainado ou suave ondulado,

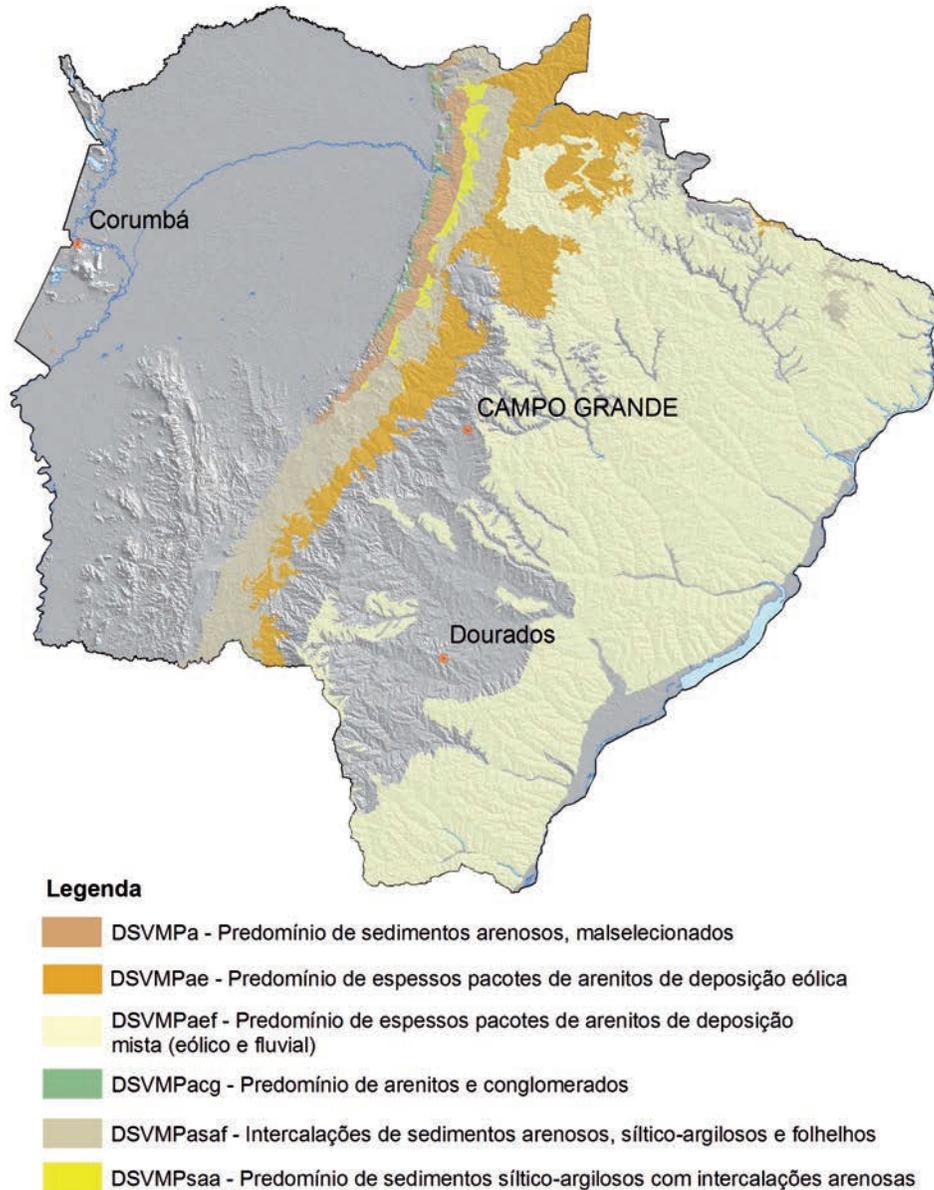


Figura 4.39 - Área de ocorrência das unidades geológico-ambientais do domínio das coberturas sedimentares e vulcanossedimentares mesozoicas pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise (DSVMP) no estado de Mato Grosso do Sul.

essa característica imprime aos terrenos uma extensa e boa homogeneidade geomecânica na lateral, como é o caso das áreas de colinas amplas e suaves, planaltos, tabuleiros, chapadas e platôs e superfícies aplainadas (Figura 4.40).

As demais características, adequabilidades e limitações dependem dos litotipos que constituem as unidades geológico-ambientais, ou que predominam, ou que ocupam a posição superior da unidade, assim como das formas de relevo.

Nesse sentido, essas unidades foram agrupadas em dois conjuntos: terrenos com predomínio de espessos pacotes formados por sedimentos à base de quartzarenitos e terrenos com predomínio de intercalações irregulares de finas camadas de sedimentos arenosos e siltico-argilosos. Destaca-se que cada um desses conjuntos apresenta diferentes formas de relevo, as quais também serão discutidas em cada um deles.

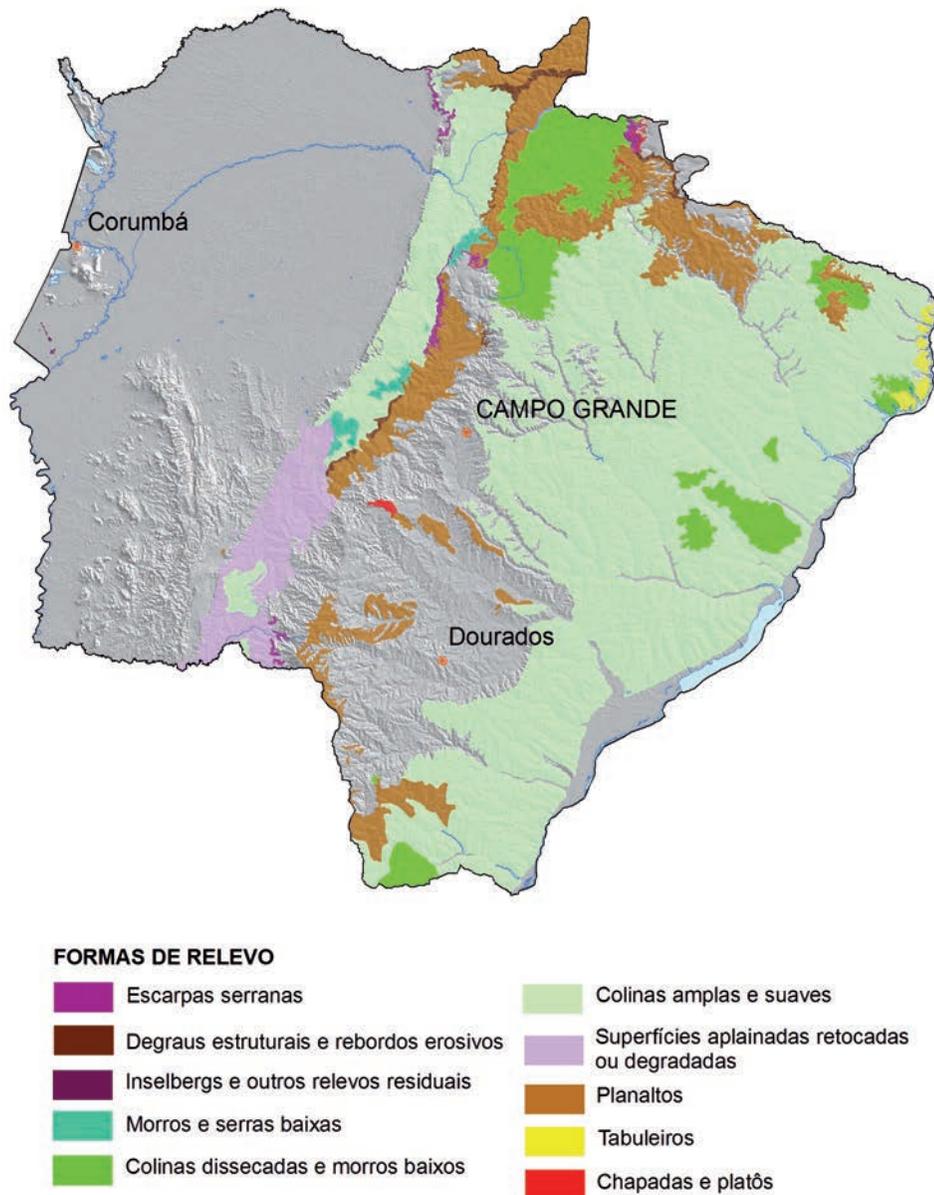


Figura 4.40 - Formas de relevo associadas dos terrenos sustentados pelo domínio das coberturas sedimentares e vulcanossedimentares mesozoicas e paleozoicas pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise (DSVMP).



Figura 4.41 - Escarpa da serra da Alegria, sustentada pela unidade DSVMPacg (predomínio de arenitos e conglomerados), no caso, representada pela formação rio Ivaí (Rio Verde do Mato Grosso, MS).



Figura 4.44 - Relevo de planalto sobre a unidade DSVMPaef (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista), nesse caso, representada pela formação Caiuá (Água Clara, MS).



Figura 4.42 - Paisagem do relevo de colinas dissecadas sobre a unidade DSVMPae (predomínio de espessos pacotes de arenito de deposição eólica), com muitos focos erosivos em ravinas profundas (Camapuã, MS).



Figura 4.43 - Relevo de colinas amplas com encostas muito suaves que ocorrem na unidade DSVMPaef (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista), nesse caso, representada pela formação Caiuá (Água Clara, MS).

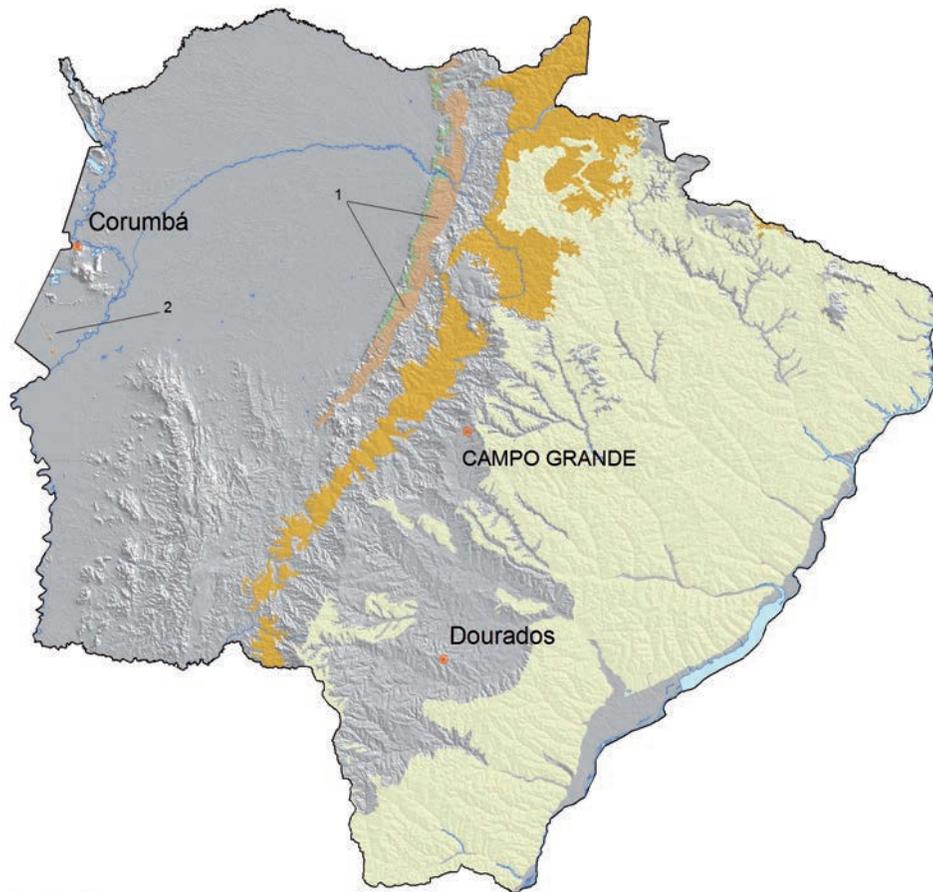
Terrenos com predomínio de espessos pacotes formados por sedimentos à base de quartzarenitos

São os terrenos formados, principalmente, por espessos pacotes de composição arenosa; outros litotipos de composição síltico-argilosa e conglomerado também estão presentes, embora de modo bastante subordinado. Nessas unidades, as características composicionais e texturais permanecem mais homogêneas na vertical. Estão representados por quatro das seis unidades geológico-ambientais que compõem esse domínio: DSVMPa, DSVMPae, DSVMPaef e DSVMPacg (Figura 4.45).

• Obras de engenharia

Na execução de obras, deve-se considerar que:

- São terrenos sustentados por sedimentos quartzarenosos, que apresentam resistência à escavação e à perfuração por sonda rotativa, pois o quartzo é um mineral duro e abrasivo que causa o desgaste rápido das brocas. Também é um mineral de baixa resistência ao cisalhamento, quebrando-se com facilidade quando submetido a tensão. Por isso, em muito locais, os sedimentos podem se encontrar densamente fraturados em várias direções; conseqüentemente, são percolativos e se desestabilizam com facilidade quando escavados e expostos em talude de corte – soltam blocos condicionados pelos planos de fraturas (Figura 4.46).
- As camadas arenosas, especialmente as mais consolidadas, podem abrigar cavidades formadas pela remoção das areias pelas águas do lençol freático. Tais cavidades são consideradas pseudodolinas e, assim como as dolinas, estão sujeitas a sofrer afundamentos bruscos, bem como ser indicativas da existência de rio subterrâneo. A execução de obras nesses locais deve ser precedida de estudos geofísicos para avaliar o real risco de afundamento, assim como cuidados especiais devem ser tomados



Legenda

-  DSVMPa - Predomínio de sedimentos arenosos malseleccionados (1-Formação Furnas; 2-Formação Coimbra)
-  DSVMPae - Predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição eólica (Formação Botucatu)
-  DSVMPaef - Predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista (Formações Santo Anastácio e Vale do Rio do Peixe; Grupo Caiuá indiviso)
-  DSVMPacg - Predomínio de arenitos e conglomerados (Grupo Rio Ivaí)

Figura 4.45 - Área de ocorrência dos terrenos com predomínio de espessos pacotes formados por sedimentos à base de quartzarenitos.



Figura 4.46 - Afloramento de arenitos arcoseanos da unidade DSVMPa (predomínio de sedimentos malseleccionados), no caso, da formação Furnas, com denso sistema de fraturas horizontais e verticais (Rio Verde do Mato Grosso, MS).

com obras destinadas ao armazenamento ou circulação de substâncias poluentes, pois, além dessa feição, são terrenos extremamente permeáveis, tanto em relação aos solos como aos sedimentos, com alto risco de contaminação do lençol subterrâneo.

- Alteram-se para solos arenoquartzosos, friáveis, permeáveis, de alto potencial erosivo, que desmoronam com facilidade em talude de corte, principalmente se submetidos à concentração de águas pluviais, característica não considerada nas estradas que seccionam essas unidades geológico-ambientais, onde se observam grandes focos erosivos, que estão fornecendo alta carga de detritos para os rios que correm para as planícies do Pantanal e para o rio Paraná.

- Quando esses terrenos ocorrem em áreas de relevo suave ondulado a aplainado (Figura 4.47), a pedogênese é bastante avançada e os solos costumam ser intensamente lixiviados. Em muitos locais, já se encontram em processo

de arenização (Figura 4.48), formando, por vezes, espessos areões inconsolidados e altamente erosivos (Figura 4.49). Em tais áreas, muitas das vias não-pavimentadas são de difícil trafegabilidade, pois os carros podem “atolar” nesses areões (Figuras 4.50 e 4.51).

- No caso de serem derivados de sedimentos de origem eólica (unidade geológico-ambiental DSVMPae) (Figura 4.47), por se tratar de grãos de quartzo esféricos e bem selecionados, os solos estão sujeitos ao fenômeno da liquefação, podendo se comportar como areia movediça; além disso, são essencialmente quartzoarenosos, portanto, extremamente friáveis e de muito alto potencial erosivo.

- As formas de relevos aplainados a suave ondulado apresentam uma série de adequabilidades frente à execução de obras, pois são terrenos onde as declividades, as amplitudes de relevo, a densidade de drenagem e o potencial natural de movimento de massa são baixos. Isso significa que, na

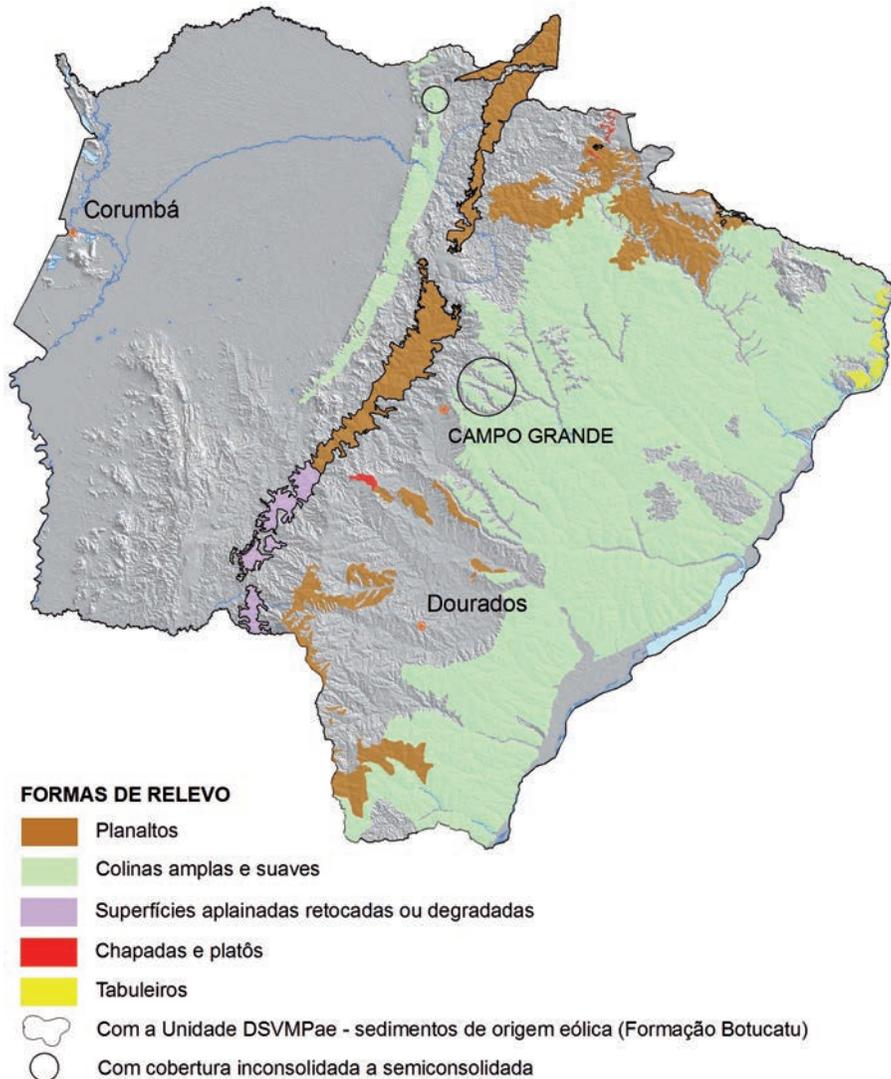


Figura 4.47 - Área de ocorrência dos terrenos com predomínio de espessos pacotes formados por sedimentos à base de quartzoarenitos, com relevo suave ondulado a aplainado.



Figura 4.48 - Processo de arenização sobre a unidade DSVMpa (predomínio de sedimentos arenosos malselecionados), nesse caso, correspondente à formação Furnas, onde o relevo é de colinas amplas e suaves (Rio Verde do Mato Grosso, MS).



Figura 4.49 - Cicatrizes de erosão na unidade DSVMpaef (predomínio de arenitos de deposição mista), nesse caso, correspondente à formação Caiuá, induzida pela abertura de cava para retirada de material de empréstimo para uso na rodovia (Ribas do Rio Pardo, MS).



Figura 4.50 - Aspecto das estradas em área em processo de arenização sobre a unidade DSVMpa (predomínio de sedimentos arenosos malselecionados), nesse caso, correspondente à formação Furnas, onde o relevo é de colinas amplas e suaves; nesse local, o processo de arenização parece ser natural, consequência da lixiviação pelas águas das chuvas (localidade de Jacobina, Corguinho, MS).

implantação de obras de infraestrutura viária, não haverá necessidade de execução de muitas obras para transpor drenagem nem de muitos cortes profundos em taludes. Além disso, outros tipos de obra não encontrarão resistência para escavação e perfuração, pois o solo é profundo e predominam sedimentos com grau de alteração avançado, podendo ser facilmente desmontáveis e escavados com ferramentas de corte.

- Em qualquer tipo de obra a ser instalada nas áreas onde afloram sedimentos e solos arenosos, devem-se adotar procedimentos que evitem a deflagração de processos erosivos. Por exemplo, evitar obras de terraplenagem ou exposição dos solos por longos períodos nas épocas de chuvas (Figura 4.52). Nas áreas mais declivosas, não se deve planejar arruamentos concordantes com os declives dos terrenos nem deixá-los sem pavimentação, pois nesses arruamentos concentra-se a energia das águas das chuvas que induz ao aparecimento de imensos focos erosivos. Deve-se considerar, também, que obras viárias não-pavimentadas



Figura 4.51 - Aspecto de uma estrada com espessos areões, de difícil trafegabilidade, sobre a unidade DSVMpaef (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista), nesse caso, associada à formação Santo Anastácio, em área onde o relevo é bastante suavizado, constituído por amplas e suaves colinas (Costa Rica, MS).



Figura 4.52 - Voçoroca sobre a unidade DSVMpaef (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista), no caso, representada pelo grupo Caiuá, com relevo suave ondulado (Ribas do Rio Pardo, MS).

sobre esses terrenos são de difícil trafegabilidade, pois os carros aprofundam o leito e podem “atolar” na areia (Figuras 4.53, 4.54 e 4.55).



Figura 4.53 - Arruamentos na periferia da cidade de Campo Grande sobre a unidade DSVMPaef (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista), nesse caso, representada pelo grupo Caiuá, construídos segundo o modelo quadriculado.



Figura 4.54 - Erosão em sulco em ruas sem pavimentação e sem obras de drenagens de um loteamento implantado sobre a unidade DSVMPaef (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista), no caso, do grupo Caiuá (Bataguassu, MS).

- Um fato a considerar é que esses solos, muito erosivos, não se prestam à utilização como material de empréstimo para aterros ou obras desprovidas de revestimento. Por serem friáveis, também podem, ao longo do tempo, causar problemas de recalques diferenciais em fundações e outras obras enterradas. Porém, podem ser utilizados como um dos elementos para compor agregados, pois têm alta resistência ao intemperismo físico-químico, boa capacidade de suporte e pouco se deformam quando submetidos a esforços e a cargas.

- Em área de ocorrência da unidade DSVMPae (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição eólica), os arenitos podem ocorrer confinados entre lavas vulcânicas do Domínio DVM e estar bastante endurecidos, devido à recristalização do quartzo pelo calor das lavas, e oferecer resistência a escavações e perfurações. Há, ainda, possibilidade de haver rochas magmáticas intrudidas nos arenitos (Figura 4.56).

- Na unidade DSVMPacg (predomínio de arenitos e conglomerados), deve-se considerar que os conglomerados são constituídos por seixos e blocos de rochas duras e abrasivas e com baixo grau de seleção granulométrica, por isso é um material de comportamento geomecânico bastante heterogêneo, difícil para cravar estacas e de ser perfurado com sondas rotativas.



Figura 4.55 - Material erodido concentrado nas partes mais baixas de arruamentos cujos traçados são coincidentes com a declividade da encosta, mesmo em área de relevo de colinas muito amplas e suaves. Trata-se de um loteamento implantado sobre a unidade DSVMPaef (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista), no caso, é uma areia muito fina, muito bem selecionada e extremamente friável, associada ao grupo Caiuá (Paranaíba, MS).



Figura 4.56 - Particularidade localizada do arenito silicificado, que é o intenso fraturamento do tipo disjunção colunar; esse tipo de fratura e a silicificação se formam durante o esfriamento do magma que originou as rochas do domínio DVM, nas quais, nesse caso, o arenito ocorre intercalado (morro das Antenas, Jardim, MS).

- No norte do estado, no município de Sonora, e a norte da cidade de Campo Grande (Figura 4.47), em muitos locais os sedimentos estão capeados por um material inconsolidado a semiconsolidado, lateritizado e, por vezes, contendo crostas lateríticas bem endurecidas e níveis argilosos com evidência de argilominerais expansivos. Tal cobertura é pouco espessa – em geral não ultrapassa 2 m – e ocorre como manchas esparsas e não-mapeáveis na escala deste trabalho. Nessa região, as características geotécnicas variam e contrastam bastante de local para local, tanto na lateral como na vertical. Tais coberturas oferecem resistência à cravação de estacas e à perfuração com sondas rotativas e, por conterem argilominerais expansivos, tornam-se suscetíveis à erosão se expostas à oscilação dos estados úmido e seco (Figuras 4.57 e 4.58).



Figura 4.57 - Material laterítico capeando a unidade DSVMaPa (predomínio de sedimentos arenosos malselecionados), no caso, representada pelos arenitos grosseiros e conglomeráticos da formação Furnas; ambos são bastante suscetíveis à erosão; no caso das coberturas, em decorrência de argilominerais expansivos (Sonora, MS).



Figura 4.58 - Processo erosivo de grandes proporções ao lado da BR-163, induzido pela retirada de material de empréstimo para obras na estrada, sobre a unidade DSVMaPaef (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista), no caso, do grupo Caiuá, localmente com coberturas detritolateríticas; as duas litologias são de alta suscetibilidade à erosão induzida, maior ainda nas coberturas, por estas conterem argilominerais expansivos (Jaraguari, MS).

- Nas áreas onde o relevo é bastante movimentado (Figura 4.59), esses terrenos apresentam limitações à implantação de qualquer tipo de obra. Nesses locais, o escoamento superficial é rápido, sujeito a formar enxurradas de alto potencial erosivo e destruidor de obras. Os declives são acentuados, o que implica a execução de muitas obras de transposição de drenagens e cortes profundos em taludes na implantação de obras viárias e de infraestrutura. A profundidade do substrato rochoso é bastante irregular e, em muitos locais, pode situar-se próximo à superfície, o que dificulta a execução de escavações e perfurações. Além disso, nas áreas de relevo escarpado, os processos erosivos naturais encontram-se em pleno desenvolvimento, o potencial de grandes movimentos de massa e de desprendimento de blocos é alto e os sopés das escarpas são sustentados por depósitos de tálus, material naturalmente instável e de comportamento geotécnico heterogêneo.

• Agricultura

No caso do uso agrícola, deve-se considerar:

- Embora constituídas por sedimentos à base de quartzo, essas unidades geológico-ambientais apresentam algumas particularidades na granulometria e na composição de alguns litotipos que devem ser consideradas no uso agrícola. Assim, nas áreas de definição das unidades onde predominam sedimentos arenosos malselecionados (DSVMaPa), arenitos de deposição eólica (DSVMaPe) e arenitos e conglomerados (DSVMaPacg), os terrenos são sustentados quase que exclusivamente por arenitos quase que essencialmente à base de quartzo, de granulometria média. Em consequência, os solos deles derivados são excessivamente quartzoarenosos, o que significa que são excessivamente ácidos, permeáveis, com muito baixa fertilidade natural, muito baixa capacidade hídrica, muito baixa capacidade de reter e fixar nutrientes e assimilar matéria orgânica – respondem muito mal à adubação – e de muito alto potencial erosivo.

- No caso das áreas de definição da unidade DSVMaPeaf (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista), pelo fato de os arenitos serem de granulometria fina a muito fina e neles se intercalarem irregularmente e de modo subordinado camadas de sedimentos argilosos, em relação ao contexto anterior, os solos apresentam um pouco mais de argila. Além de serem menos permeáveis e erosivos, apresentam melhor capacidade hídrica e melhor capacidade para reter e fixar nutrientes. Devido à matriz carbonática desses arenitos, alteram-se para solos com razoável fertilidade natural. Comparativamente, nessa unidade geológico-ambiental as características físico-químicas do solo são bem melhores que as das unidades ambientais que formam o outro conjunto.

- Por serem sustentados por solos e sedimentos de permeabilidade elevada, em geral são terrenos com deficiência de água superficial e com alto potencial erosivo, sujeitos à

arenização, processos que guardam estreita relação com as formas de relevo associadas. Nos locais em que o relevo é aplainado a suave ondulado e onde predominam grandes superfícies planas (Figura 4.47), são feições favoráveis à arenização dos solos pela ação das águas das chuvas, que carreiam as partículas de argila para os horizontes inferiores, deixando na parte superficial a fração arenoquartzosa muito friável. Nas áreas alçadas topograficamente, classificadas como planaltos, tabuleiros, chapadas e platôs, a arenização do solo se dá, também, pela ação dos ventos. O que se constatou é que nesses terrenos a mata natural, em muitos casos o bioma Cerrado, foi quase que totalmente substituída por extensas pastagens (Figura 4.60). São poucos os lugares em que se observa preocupação com a adoção de medidas de uso menos impactantes (Figura 4.61). Nessas

áreas, o pisoteamento contínuo do gado formou caminhos nos pastos, onde o solo fica exposto e sujeito à erosão e à arenização (Figura 4.62). Recomenda-se reavaliar esse tipo de uso, de modo a se evitar o desmatamento de grandes e contínuas superfícies e, principalmente, das cabeceiras de drenagens e das margens dos rios, devendo-se adotar a técnica de rodízio de pastagens, assim como alternar pastagens com agricultura. Recomenda-se, ainda, recompor as matas ciliares com espécies de mata nativa da região, em especial, do Cerrado, e plantar espécies arbóreas nos pastos, o que propiciaria sombra ao gado, considerando se tratar de um estado com temperaturas elevadas na maior parte do ano.

- Nas áreas de relevos mais movimentados (Figura 4.59), os declives são altos, sendo alto o potencial de erosão hídrica

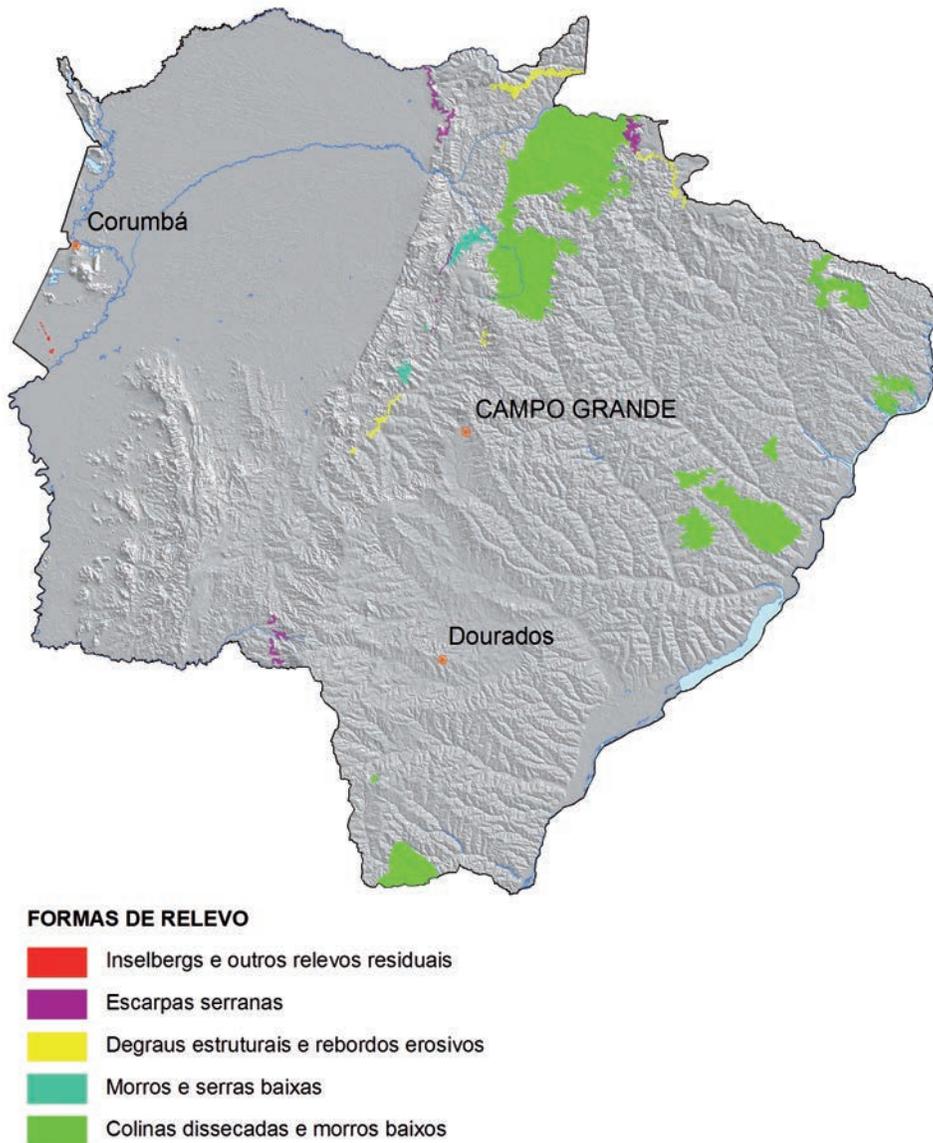


Figura 4.59 - Área de ocorrência dos terrenos com predomínio de espessos pacotes formados por sedimentos à base de quartzarenitos, com relevo movimentado.

laminar e concentrada. O lençol freático aflora em vários locais, o que favorece a formação de voçorocas (Figura 4.63). Ressalta-se que, como são terrenos arenosos, o mau uso dessas terras pode desencadear processos erosivos em qualquer forma de relevo, mesmo nos tipos suavizados a

aplainados, onde é baixo o potencial natural para esse tipo de problema (Figura 4.64).

- Onde o relevo é do tipo apainado a suave ondulado (Figura 4.47), são áreas desfavoráveis à existência de nascentes e desprovidas de cursos d'água, o que se constitui



Figura 4.60 - Aspecto desolador das extensas áreas de pastagens sobre a unidade DSVMPa (predomínio de sedimentos arenosos malseleccionados), nesse caso, arenitos da formação Furnas, onde o relevo é de colinas amplas e suaves (Rio Verde do Mato Grosso, MS).



Figura 4.62 - Processo de arenização acelerado induzido pelo pisoteamento do gado sobre a unidade DSVMPaef (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista), no caso, representada pela formação Caiuá, onde o relevo é suave ondulado (Água Clara, MS).



Figura 4.61 - Pastagens sobre a unidade DSVMPaef (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista), no caso, representada pela formação Santo Anastácio, onde se preservou a vegetação arbórea (Costa Rica, MS).



Figura 4.63 - Processo erosivo evoluindo para voçoroca, induzido pelo desmatamento e pisoteamento do gado nas cabeceiras de uma drenagem em terrenos da unidade DSVMPae (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição eólica) (Camapuã, MS).



Figura 4.64 - Imensa voçoroca desenvolvida sobre a unidade DSVMPaef (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista), no caso, representada pela formação Santo Anastácio, em área de relevo bastante suavizado (Três Lagoas, MS).

em problema, caso sejam usadas para o plantio de espécies que necessitam de irrigação. Por outro lado, como são de baixas declividades, amplitudes e densidade de drenagem, não há impedimento ao uso de maquinários agrícolas motorizados, além de apresentarem baixo potencial de erosão hídrica, ou seja, o relevo favorece a que a água da chuva se infiltre no solo e não escorra na superfície.

- Nas áreas de relevo mais movimentado (Figura 4.59), predominam solos pouco profundos. Na maior parte dos terrenos, os declives acentuados impedem ou dificultam o uso de implementos agrícolas motorizados.

- Excepcionalmente nas áreas de relevo de morros e serras baixas e de colinas dissecadas e morros baixos, os processos pedogenéticos evoluem de forma bastante diferenciada; portanto, as características físico-químicas e a espessura do solo residual podem variar de local para local.

- Considerando as características retromencionadas, esses terrenos são inadequados ao cultivo de espécies de raízes curtas e de espécies de ciclo curto que exigem mecanização frequente do solo ou que o deixam por muito tempo desprovido de vegetação. Caso esses terrenos sejam utilizados para agricultura, deve-se obedecer a rigorosos cuidados técnicos, para não potencializar os efeitos negativos decorrentes de suas limitações, tanto naturais como induzidas.

- Como particularidades desses terrenos, camadas de conglomerado podem ocorrer, de modo subordinado, intercaladas nesses sedimentos, principalmente na unidade DSVMPacg (predomínio de arenitos e conglomerados) (Figura 4.45); por isso, deve-se considerar que, em alguns locais, a pedregosidade pode ser alta e dificultar a mecanização do solo.

- Em duas regiões – uma a norte do estado, no município de Sonora, e outra a norte da cidade de Campo Grande (Figura 4.47), ocorre, em muitos locais, uma cobertura inconsolidada a semiconsolidada, lateritizada, contendo crostas lateríticas bem endurecidas e níveis argilosos com evidência de argilominerais expansivos. Essa cobertura é pouco espessa, em geral não ultrapassa 2 m, e ocorre como manchas esparsas e não-mapeáveis na escala deste trabalho. Entretanto, elas fazem com que, nessas regiões, as características dos solos variem bastante. A curtas distâncias, pode-se passar de um tipo de solo para outro totalmente diferente. Além disso, os solos derivados dessas coberturas lateríticas são enriquecidos em alumínio, são muito ácidos e de fertilidade natural muito baixa. Em inúmeros locais, contêm crostas endurecidas, o que dificulta ou até inviabiliza o uso agrícola (Figura 4.65).

- Recursos hídricos e fontes poluidoras

Quanto a estes recursos e usos, deve-se considerar:

- São sedimentos de granulometria entre areia e silte e geralmente fraturados (Figura 4.66). Constituem-se, ao mesmo tempo, em aquíferos dos tipos granular e fissural, de alto potencial armazenador e circulador de água subterrânea, de grande expressividade areal e boa homogeneidade hidrodinâmica lateral e vertical. Nesse tipo de



Figura 4.65 - Aspecto das coberturas com crostas lateríticas bastante endurecidas que ocorrem recobrendo sedimentos da unidade DSVMPa (predomínio de sedimentos arenosos malselecionados), no caso, representada pela formação Furnas (Sonora, MS)



Figura 4.66 - Afloramento da unidade DSVMPae (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição eólica), no caso, da formação Botucatu, com água minando em fraturas (Rio Negro, MS).

aquífero, se um poço der boa vazão, a possibilidade de que outro também dê é grande, mesmo situado a longas distâncias. Dentre esses sedimentos, destacam-se os arenitos de origem eólica da Unidade DSVMPae, no caso, constituídos pelos arenitos da Formação Botucatu (Figura 4.45), que, devido a sua origem, apresentam pronunciado grau de arredondamento e frequente bimodalidade de tamanho dos grãos de quartzo. Tais características lhes conferem excelente permeabilidade e porosidade. São de muito alto potencial armazenador e circulador de água subterrânea, sendo essa formação a principal unidade hidrogeológica do Aquífero Guarani, um dos maiores e melhores depósitos de água doce do mundo.

- Alteram-se para solos quartzarenosos, bastante permeáveis e porosos, favoráveis a que as águas subterrâneas sejam recarregadas; por outro lado, apresentam muito baixa capacidade de reter e eliminar poluentes.

- As áreas de relevos aplainados a suave ondulados (Figura 4.47) são desfavoráveis a que o lençol freático aflore.

Nelas há poucas nascentes e os poucos cursos d'água que existem apresentam águas lentas, pouco oxigenadas e de baixo potencial dispersor e depurador de poluentes. Tais áreas são recobertas por espessos solos arenosos de permeabilidade muito alta. Se, por um lado, são terrenos onde solos e relevos são favoráveis a que as águas subterrâneas sejam abundantemente recarregadas, por outro, são de alta vulnerabilidade à contaminação dessas águas, pois o solo à base de quartzo apresenta muito baixa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes, os quais podem alcançar rapidamente as águas subterrâneas sem ser depurados. Nesses terrenos, cuidados especiais devem ser tomados com todas as fontes potencialmente poluidoras, evitando-se, por exemplo, lixões, como nos municípios de Coxim (Figura 4.67) e Rio Verde do Mato Grosso (Figura 4.68), assim como a utilização de cavas abandonadas como depósito de lixo, inclusive de lixo hospitalar; além de contaminação do lençol freático, há

risco de contaminação de pessoas por agulhas e outros materiais de uso hospitalar, como observado no município de Coxim (Figuras 4.69 e 4.70). Salienta-se que essas práticas são proibidas pela legislação ambiental.

- Nas áreas de relevo mais movimentado (Figura 4.59), o escoamento superficial é rápido, com a maior parte das águas das chuvas escorrendo rapidamente para os canais de drenagem, por isso, são desfavoráveis à recarga das águas subterrâneas. Também são áreas onde o substrato rochoso ocorre mais próximo à superfície, principalmente nas frentes escarpadas. Como os arenitos são rochas geralmente fraturadas, os poluentes podem se infiltrar pelas fraturas e alcançar rapidamente as águas subterrâneas.

- Em alguns locais, onde os terrenos são sustentados pelos sedimentos arenosos das unidades DSVMPa (Formação Furnas) e DSVMPae (Formação Botucatu) (Figura 4.45), a permeabilidade e a porosidade desses sedimentos podem estar reduzidas pela silicificação acentuada ou pela diagênese.



Figura 4.67 - Lixão da cidade de Coxim, instalado sobre a unidade DSVMPa (predomínio de sedimentos arenosos malselecionados), no caso, constituída pela formação Furnas.



Figura 4.69 - Cava abandonada ao longo da estrada MS-214, utilizada para depósito de lixo, sobre a unidade DSVMPa (predomínio de sedimentos arenosos malselecionados), no caso, representada pelos arenitos da formação Furnas (Coxim, MS).



Figura 4.68 - Lixão da cidade de Rio Verde do Mato Grosso, instalado sobre a unidade DSVMPa (predomínio de sedimentos arenosos malselecionados), no caso, sobre arenitos e conglomerados da formação Furnas.



Figura 4.70 - Detalhe da fotografia anterior, mostrando lixo hospitalar (Coxim, MS).

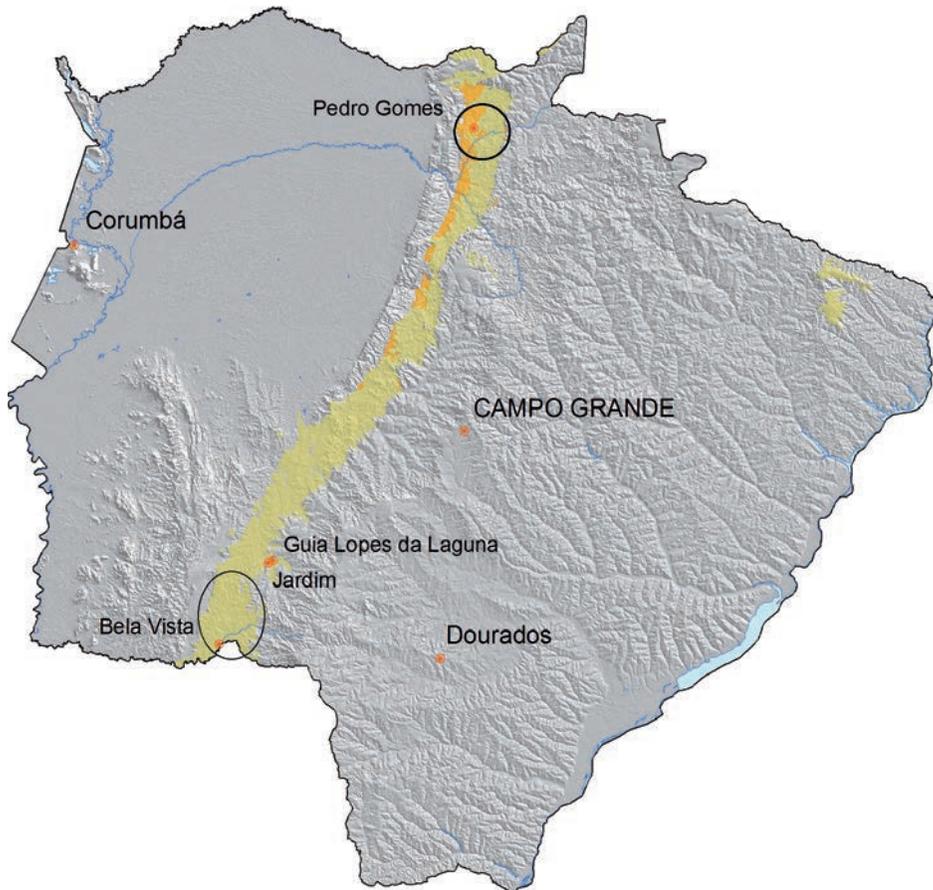
Terrenos com predomínio de intercalações irregulares de finas camadas de sedimentos arenosos e siltico-argilosos

São formados por intercalações irregulares de camadas não muito espessas e constituídas por vários litotipos de composição arenosa e siltico-argilosa. Portanto, há grande variação composicional e textural na vertical, cujas mudanças podem ser encontradas a pouca profundidade. Estão representados por duas unidades geológico-ambientais: DSVMPasaf e DSVMPsaa (Figura 4.71).

• **Obras de engenharia**

Na execução de obras sobre esses terrenos, deve-se considerar:

- Devido à grande variação litológica na vertical, são terrenos onde escavações de poucos metros podem expor materiais das mais variadas e contrastantes características geomecânicas e hidráulicas e que mudam bruscamente de um para outro, formando descontinuidades geomecânicas que potencializam as desestabilizações, os processos erosivos e o aparecimento de surgência de água em taludes de corte, problema que pode se acentuar nas áreas de



Legenda

- DSVMPasaf - Intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos (Formações Aquidauana, Palermo e Marília)
- DSVMPsaa - Predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações arenosas (Formação Ponta Grossa)
- Com cobertura inconsolidada a semiconsolidada

Figura 4.71 - Área de ocorrência dos terrenos com predomínio de intercalações irregulares de finas camadas de sedimentos arenosos e siltico-argilosos.

relevo mais movimentado como do tipo colinas dissecadas e morros baixos, morros e serras baixas, escarpas e degraus estruturais (Figura 4.72), onde há maior possibilidade de expor, nas encostas declivosas, diferentes litotipos. Também, são formas de relevo que apresentam várias limitações para execução de qualquer tipo de obra. Em diversos locais, os declives são muito acentuados, havendo necessidade de se executar cortes profundos em materiais geotecnicamente problemáticos e muitas obras de transposição de drenagens, caso sejam destinados a obras de infraestrutura viária ou urbana. Além disso, nesses

relevo, o escoamento superficial é rápido e sujeito a formar enxurradas de alto potencial erosivo e destruidor de obras, a espessura do manto de alteração é bastante irregular e nos segmentos escarpados o pacote sedimentar encontra-se exposto; dentre os sedimentos, podem estar expostos arenitos densamente fraturados, dos quais podem se desprender blocos; nos sopés das escarpas ocorrem depósitos de tálus e colúvio, materiais naturalmente instáveis.
- Ao contrário, nas áreas de relevo mais suavizado, identificadas como planaltos, colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas retocadas ou degradadas (Figura 4,72), espera-

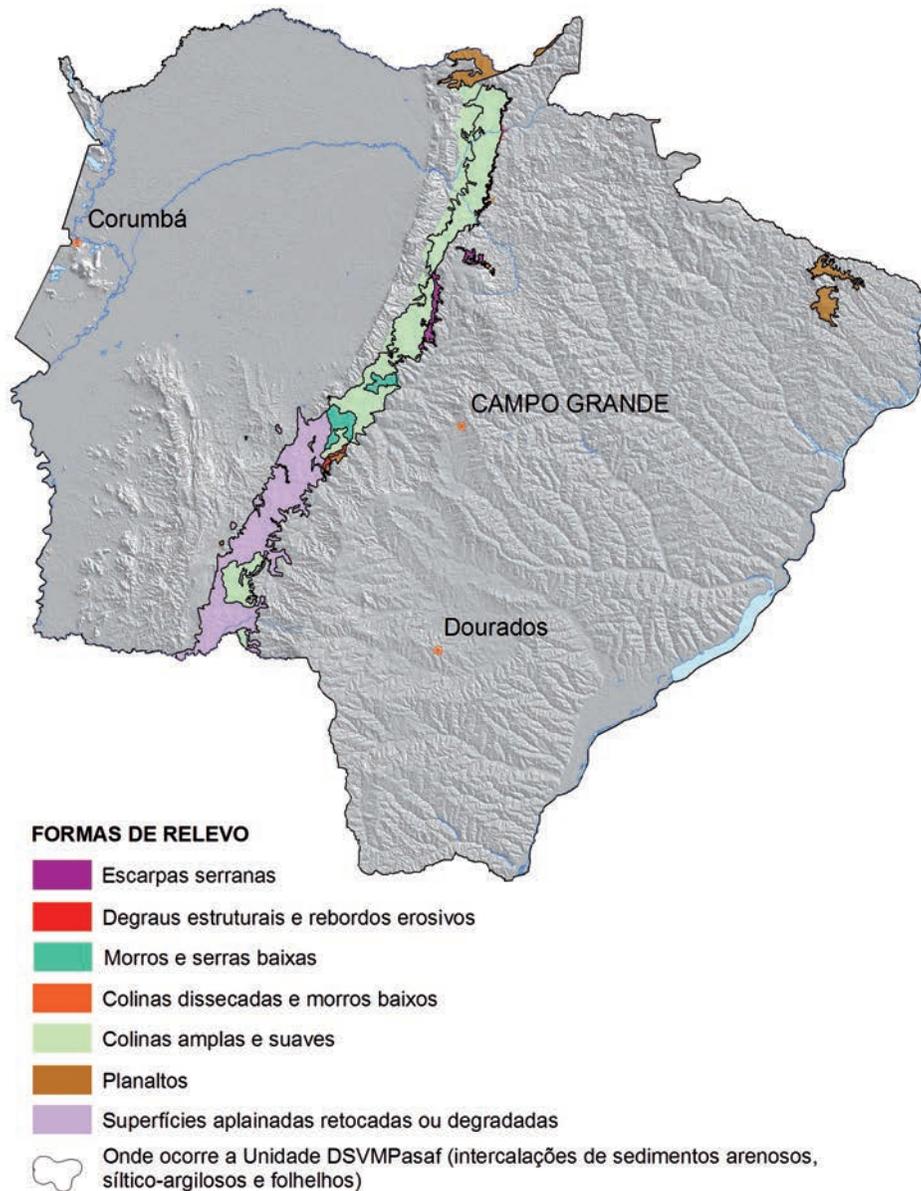


Figura 4.72 - Padrões de relevo dos terrenos com predomínio de intercalações irregulares de finas camadas de sedimentos arenosos e siltico-argilosos.

se maior homogeneidade litológica na lateral, já que as camadas são horizontalizadas a sub-horizontalizadas. Além disso, do ponto de vista do relevo, essas áreas apresentam mais aspectos positivos que negativos para execução de obras, pois tanto os declives como as amplitudes são muito baixas, o que significa que a implantação de infraestrutura viária e urbana não exigirá a execução de cortes profundos em taludes nem muitas obras de transposição de drenagem; o potencial de movimentos naturais de massa é baixo; trata-se de relevo mais favorável à pedogênese que à morfogênese, por isso, o manto de alteração deve ser bastante profundo.

- Independentemente de outras variáveis, um aspecto positivo desses terrenos é que neles predominam sedimentos de baixa resistência ao corte e à penetração, que podem ser desmontados e escavados com maquinários de corte.

- Dentre os sedimentos, é comum a existência de tipos siltico-argilosos finamente laminados, por vezes excessivamente plásticos e de cerosidade elevada, materiais resistentes à escavação e à perfuração com sondas rotativas. A alta plasticidade pode causar o emplastamento de ferramentas e maquinários, assim como a cerosidade pode prender ou fazer as sondas “patinarem”.

- Dentre os sedimentos siltico-argilosos, é bastante comum a existência de tipos à base de argilominerais expansivos (Figuras 4.73, 4.74 e 4.75), que se fendilham e se desagregam com facilidade se expostos à alternância dos estados úmido e seco, tornando-se erosivos. Por isso, deve-se prever que obras neles enterradas sofrerão as consequências negativas do fenômeno da alternância dos estados de expansão e contração que esses argilominerais sofrem em tais condições.

- Dentre os sedimentos, há muitas intercalações arenosas; onde elas afloram e o relevo é favorável à pedogênese – caso das áreas mais aplainadas ou suavemente onduladas (Figura 4.72) – há inúmeras manchas de espessa cobertura arenosa bastante friável, erosiva, de difícil trafegabilidade (Figura 4.76) e alto potencial de colapsividade. Como nessas áreas o sistema de drenagem principal está em franco e acelerado processo de assoreamento, na execução de qualquer obra sobre esses terrenos deve-se adotar medidas para evitar a aceleração dos processos erosivos e o aporte de sedimentos nos cursos d’água.



Figura 4.74 - Foco de erosão sobre a unidade DSVMPasaf (intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos), no caso, correspondentes aos sedimentos da formação Aquidauana, induzida pela retirada de material superficial e exposição dos horizontes inferiores portadores de argilominerais expansivos (Dois Irmãos de Buriti, MS).



Figura 4.73 - Erosão em sulco em ruas não-dotadas de obras pluviais e de calçamento, onde afloram sedimentos arenosos da unidade DSVMPasaf (intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos), no caso, da formação Aquidauana, bastante suscetíveis à erosão (Aquidauana, MS).



Figura 4.75 - Erosão na unidade DSVMPasaf (intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos), no caso, em siltitos da formação Aquidauana, induzida pelo decapeamento do solo superficial de baixa erosividade e exposição do nível inferior do solo contendo argilominerais expansivos e de siltitos com fraturamento conchoidal (Rio Negro, MS).



Figura 4.76 - Arenização sobre a unidade DSVMPasaf (intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos), no caso, constituída pelos arenitos finos da formação Aquidauana, em área de relevo de colinas amplas e suaves (Aquidauana, MS).



Figura 4.78 - Exemplo de outro trecho da rodovia MS-080 sobre a unidade DSVMPasaf e com o mesmo tipo de relevo, porém, construída sem aterros, consequentemente, sem escavações nas laterais, onde se preservou a vegetação natural ao longo da estrada (Corguinho, MS).

- Na região do município de Rio Negro, verificaram-se vários focos de erosão nas laterais da Rodovia MS-080, induzidos pela retirada de material de empréstimo, o que deixou expostos à concentração das águas pluviais sedimentos e solos naturalmente suscetíveis à erosão. Não se recomenda tal prática em terrenos arenosos. Essa rodovia, ainda em execução, apresenta diversos focos erosivos de grande proporção que estão comprometendo a pavimentação asfáltica (Figura 4.77). Muitos cortes profundos foram executados em áreas cujos declives não justificam esse procedimento nem a construção da estrada sobre aterros elevados, inclusive, porque há trechos executados sem cortes nem aterros e, por isso, perfeitamente conservados – que devem servir como exemplos (Figura 4.78).



Figura 4.77 - Área de relevo aplainado a suave ondulado sobre a unidade DSVMPasaf (intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos), no caso, constituída por sedimentos arenosos e friáveis da formação Aquidauana, em que se observa intensa erosão em sulcos na rodovia MS-080 induzida pela retirada de material de empréstimo de suas laterais para compor o aterro da rodovia (Rio Negro, MS).

- Como o substrato rochoso é constituído por uma alternância irregular de camadas de várias composições, o manto de alteração pode variar em curtas distâncias de arenoso a argiloso, principalmente nas áreas de relevo mais movimentado, como no caso das colinas dissecadas e morros baixos, morros e serras baixas, escarpas e degraus estruturais (Figura 4.72).

- Capeando esses sedimentos, foram identificadas, em duas regiões – uma a sudoeste do estado, entre as cidades de Bela Vista e Guia Lopes da Laguna; outra, a norte do estado, na região de Pedro Gomes (Figura 4.71) –, várias pequenas áreas não-mapeáveis na escala deste trabalho de coberturas inconsolidadas a parcialmente consolidadas e, por vezes, com crostas lateríticas bastante endurecidas. Tais coberturas são pouco espessas e formadas por camadas de areias friáveis, argilas, geralmente com evidências de que são portadoras de argilominerais expansivos (Figura 4.79), e cascalhos constituídos por seixos de vários tamanhos, bem arredondados, de quartzo e arenitos silicificados (Figura 4.80), materiais de características geotécnicas bastante heterogêneas, problemáticos para se cravar estacas e perfurar com sondas rotativas, além de bastante suscetíveis à erosão (Figura 4.81). Em razão dessas características, no caso de obra linear ou de escavações nessas regiões, deve-se prever que, tanto na lateral como na vertical, em poucos metros pode-se passar de um material para outro com características geotécnicas totalmente diferentes.

- Há de se destacar que, na unidade DSVMPsaa (predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações arenosas) (Figura 4.71), é alta a incidência de folhelhos finamente laminados, com denso fraturamento conchoidal, o que faz com que se desagreguem, com facilidade, em pequenas pastilhas, em talude de corte (Figura 4.82), além de se constituírem em material bastante plástico, de cerosidade elevada, por isso, problemático para escavação e perfuração

com sondas rotativas, pois a cerosidade pode prender as brocas ou fazê-las “patinar”.

- Uma particularidade importante nos terrenos da unidade DSVMPasaf (intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos), que ocorrem nas regiões de Jardim e Bela Vista, é que esses sedimentos, em muitos lugares, podem estar assentados sobre rochas calcárias; portanto,



Figura 4.79 - Cobertura laterítica, bastante fragmentada e pouco espessa, com processos erosivos no horizonte subsuperficial argiloso devido à presença de argilominerais expansivos; ocorre capeando a unidade DSVMPSaa (predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações arenosas), no caso, constituída por sedimentos argilosos da formação Ponta Grossa (Pedro Gomes, MS).



Figura 4.80 - Aspecto da cobertura detrítica, onde se destacam níveis de cascalho formados por seixos arredondados de vários tamanhos, predominando os de quartzo, bastante duros e abrasivos; intercalam-se níveis pouco espessos de sedimentos argilosos (Bela Vista, MS).

há de se considerar a possibilidade de haver cavidades sob eles. Uma das evidências da existência dessas cavidades é o “Buraco das Araras”, uma imensa dolina situada sobre esses sedimentos e que se formou por colapso de rochas calcárias sob esses sedimentos [dolinas são depressões, ou buracos, que se formam na superfície porque o solo migrou ou está migrando para uma cavidade subterrânea, que pode ser uma caverna ou mesmo um rio subterrâneo]. Próximo a esse “buraco”, há uma outra depressão fechada (pseudodolina) (Figura 4.83) em formação, um indicador de que outras podem ocorrer nessa região. Portanto, caso essa área venha a ser ocupada, é importante que obras de grande porte sejam precedidas de estudos geotécnicos apoiados em estudos geofísicos para avaliar a possibilidade de existência de cavidades ou rio subterrâneo. Além de essa pseudodolina ser um local com potencial de colapso, muito próxima a ela se localiza a Rodovia BR-276.



Figura 4.81 - Processos erosivos em sulco de grandes proporções nas coberturas detríticas; observa-se que a camada inferior, argilosa, está erodindo bem mais que a superior, que é arenosa (Bela Vista, MS).



Figura 4.82 - Talude de corte na unidade DSVMPSaa (predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações arenosas), nesse caso, são folhelhos da formação Ponta Grossa exibindo denso fraturamento conchoidal (Pedro Gomes, MS).



Figura 4.83 - Aspecto da imensa depressão fechada (pseudodolina) formada sobre a unidade DSVMPasaf (intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos), nesse caso, representada pelos sedimentos arenosos da formação Aquidauana (Jardim, MS).

• Agricultura

No caso de uso agrícola, deve-se considerar:

- Como se trata de um empilhamento de camadas horizontalizadas de sedimentos de composições diferentes, as características físico-químicas dos solos dependem de qual dos sedimentos se expõe na superfície e das características de relevo. Assim, nas áreas de relevo aplainado a suave ondulado (Figura 4.72), como planaltos, colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas, é de se esperar que as características físico-químicas e, por consequência, a qualidade agrícola do solo, mantenham-se relativamente homogêneas. Como a declividade e a densidade de canais de drenagem são baixas, essas áreas não apresentam restrições ao uso de implementos agrícolas motorizados (Figura 4.84).



Figura 4.84 - Relevo plano a suave ondulado em área sustentada pela unidade DSVMPasaf (intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos), no caso, constituído pelos sedimentos da formação Aquidauana (Jardim, MS).

- Já nas demais áreas, identificadas como colinas dissecadas e morros baixos, morros e serras baixas, degraus estruturais e escarpas serranas (Figura 4.72), devido ao relevo mais movimentado, é maior a possibilidade de aflorarem vários tipos de sedimentos ao longo do perfil das encostas; nesse caso, a textura do solo pode variar bastante de região por região e, por vezes, de local para local.

- Como particularidade dessas áreas declivosas, destaca-se que, quando sustentados pela Unidade DSVMPasaf (intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos) (Figura 4.72), por essa unidade apresentar grande diversidade litológica e por se tratar de relevos nos quais os processos pedogenéticos evoluem de forma bastante diferenciada, é maior a possibilidade de que os solos residuais apresentem significativas diferenciações de espessuras e de características físico-químicas; portanto, a qualidade agrícola também deve variar bastante de local para local. Dentre as áreas de relevo mais movimentado, as escarpas e os degraus estruturais são as mais desfavoráveis à pedogênese, portanto, é mais lógico que nelas os solos sejam rasos e que o substrato rochoso aflore em vários locais, além de apresentarem alto potencial de erosão hídrica. Em sua maior parte, as declividades muito acentuadas não permitem ou dificultam o uso de implementos agrícolas motorizados.

- Onde os sedimentos siltico-argilosos afloram, os solos apresentam alto teor de argila, portanto, sujeitos à compactação e à impermeabilização, se forem continuamente mecanizados com equipamentos pesados, e à perda da camada de solo superficial por erosão hídrica. Por outro lado, são bastante porosos, respondem bem à adubação e têm boa capacidade de reter e fixar elementos e assimilar matéria orgânica. Apresentam boa capacidade hídrica e mantêm boa disponibilidade de água para as plantas por longo tempo dos períodos secos.

- Onde são as camadas arenosas que afloram, os solos são arenoquartzosos, friáveis, naturalmente erosivos, de muito baixa fertilidade natural, permeáveis e com baixa capacidade de reter água e nutrientes – respondem mal à adubação e perdem água rapidamente. Nesse caso, deve-se considerar que, nas áreas de relevos aplainados a suave ondulado, identificados como planaltos, colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas (Figura 4.72), há inúmeras porções planas que favorecem que os solos sejam profundos e excessivamente lixiviados; nelas, observam-se muitas manchas de areias inconsolidadas bastante friáveis e erosivas, ou seja, em processo de arenização.

- Uma particularidade importante nesses terrenos onde predominam intercalações irregulares de finas camadas de sedimentos arenosos e siltico-argilosos é o fato de que, na região sudoeste do estado, entre as cidades de Bela Vista e Guia Lopes da Laguna, e também ao norte, na região de Pedro Gomes (Figura 4.71), existem muitas manchas não-mapeáveis na escala deste trabalho de uma cobertura inconsolidada ou pouco consolidada, por vezes com crostas lateríticas bastante endurecidas (Figura 4.85). São forma-

das por camadas de areias friáveis, argilas, em geral com evidências de ser portadoras de argilominerais expansivos (Figura 4.79), e cascalhos constituídos por seixos de vários tamanhos, principalmente de quartzo e arenitos silicificados (Figura 4.80). Nessas regiões, as características dos solos variam mais ainda, além de que os solos associados a essas manchas são bastante pedregosos (o que inviabiliza seu uso agrícola), devem apresentar excesso de alumínio e, por serem portadores de argilominerais expansivos, são bastante erosivos.



Figura 4.85 - Na região de Pedro Gomes, em muitos locais, essas coberturas se caracterizam por apresentar crostas lateríticas bastante endurecidas, intercaladas em material argiloso à base de argilominerais expansivos.

- Outro aspecto que deve ser considerado no planejamento agrícola é o fato de que, na região de Jardim e Bela Vista, a Unidade DSVMPasaf (intercalações de sedimentos arenosos, síltico-argilosos e folhelhos) está assentada sobre rochas calcárias e, por isso, aí podem existir pseudodolinas, locais de ligação direta entre os fluxos d'água superficial e subterrâneo e por onde poluentes agrícolas podem se infiltrar e alcançar rapidamente o lençol d'água subterrâneo. O uso do solo atual dessa região é de pastagem, mas, caso venha a ser destinado à agricultura, cuidados especiais devem ser tomados para que os poluentes agrícolas não alcancem as dolinas.

- Recursos hídricos e fontes poluidoras

Quanto a estes recursos e usos deve-se considerar que:

- Como se trata de um empilhamento de camadas horizontalizadas de diferentes composições e características granulométricas, o potencial hidrogeológico desses terrenos varia de muito alto a muito baixo, dependendo de que tipo de sedimento o poço cruza ou alcança. Um aspecto positivo é que se trata de um contexto geológico bastante favorável à existência de camadas arenosas de boa permoporosidade intercaladas a sedimentos argilosos, ou seja, com bom potencial para existência de aquíferos confinados.

- Destaca-se que o potencial de exploração é maior na área de definição da Unidade DSVMPasaf (intercalações de sedimentos arenosos, síltico-argilosos e folhelhos)

(Figura 4.71), uma vez que nela é maior a participação de sedimentos arenosos, com razoáveis características hidrodinâmicas primárias, além de que costumam ser densamente fraturados em várias direções; por isso, também podem apresentar boas porosidade e permeabilidade secundárias. É nessa unidade que há maior potencial para existência de aquíferos confinados.

- Quanto à vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas, varia de baixa, nas áreas onde afloram sedimentos síltico-argilosos, a alta, onde afloram sedimentos arenosos. Destaca-se que, nas áreas de relevo do tipo planaltos e colinas amplas e suaves, que são sustentadas pela Unidade DSVMPsaa (predomínio de sedimentos síltico-argilosos com intercalações arenosas), é mais lógico que os solos sejam profundos e com maior participação de argila, portanto, são menos permeáveis, com maior capacidade de reter e fixar poluentes.

- As áreas de relevo suavizado, identificadas como do tipo planaltos, colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas (Figura 4.72), são desfavoráveis à existência de cursos d'água, havendo rios apenas no sistema de drenagem principal, onde as águas são lentas, pouco oxigenadas, com baixo potencial dispersor e depurador de poluentes.

- Há de se considerar que, entre os sedimentos que constituem essas unidades, é alta a incidência de arenitos fraturados e bastante percolativos, os quais, em muitos locais, podem aflorar ou situar-se próximos à superfície. Estes são locais onde as águas subterrâneas são diretamente recarregadas e, por isso, vulneráveis à contaminação. Pelas fraturas, os poluentes podem se infiltrar e alcançar rapidamente as águas subterrâneas sem sofrer depuração.

- Merece atenção especial, frente a qualquer tipo de fonte potencialmente poluidora, a região entre Jardim e Bela Vista. Pelo fato de os sedimentos da Unidade DSVMPasaf (intercalações de sedimentos arenosos, síltico-argilosos e folhelhos) ocorrerem sobrepostos às rochas calcárias, eles podem conter pseudodolinas, a exemplo do "Buraco das Araras" (Figura 4.83).

Potencial mineral

- Nos terrenos onde predominam espessos pacotes formados por sedimentos à base de quartzarenitos (Figura 4.45), o manto de alteração parcial quartzarenoso é bom para ser usado como antipó, areia e saibro. Nesses terrenos, principalmente onde o substrato rochoso é sustentado pelas formações Furnas (Unidade DSVMPa) e Botucatu (Unidade DSVMPae), há potencial para arenitos essencialmente quartzosos, altamente silicificados, adequados para utilização como pedra de revestimento (Figura 4.86) e refratários; os arenitos da Formação Botucatu apresentam potencial, também, para exploração de areia industrial, assim como os conglomerados da Formação Ivaí (Unidade DSVMPacg) são ótimas fontes de saibro.

- Nos terrenos onde predominam intercalações irregulares de finas camadas de sedimentos arenosos e síltico-

argilosos (Figura 4.71), existem camadas de argilitos e diamictitos que podem ser lavradas para obtenção de argilas (Figura 4.87). Também merecem destaque os depósitos aluvionares que ocorrem sobre esses terrenos, que podem conter cascalhos e conglomerados mineralizados em diamante e ouro.



Figura 4.86 - Utilização do arenito Botucatu (unidade DSVMPae), bem endurecido, como pedra de revestimento (Campo Grande, MS).



Figura 4.87 - Frente de lava da Mineração Volpini Indústria Cerâmica Ltda., que explora argilas da unidade DSVMPasaf, nesse caso, representada pelos sedimentos da formação Aquidauana (Dois Irmãos de Buriti, MS).

- As lateritas associadas às coberturas inconsolidadas parcialmente lateritizadas que capeiam os sedimentos desse domínio em vários locais (Figuras 4.47 e 4.71) são excelentes para uso em revestimento de estradas (Figuras 4.88 e 4.89). Por serem formadas por cascalhos contendo seixos arredondados, podem ser exploradas para outros fins, inclusive jardinagem. Além disso, merece ser avaliado o potencial desses cascalhos para ocorrências de ouro e diamante.



Figura 4.88 - Estrada revestida com laterita (Bonito, MS).



Figura 4.89 - Detalhe de laterita inconsolidada e com granulometria favorável à utilização como saibro (Bonito, MS).

Potencial geoturístico

Esse domínio é constituído por um empilhamento de camadas horizontalizadas de sedimentos de diferentes composições e com grau diferenciado de resistência ao intemperismo, o que favoreceu a que processos erosivos esculpisse nesses sedimentos belos cenários paisagísticos revelados em paredões escarpados, vales abertos emoldurados por morros e escarpas, relevos residuais que se sobressaem em meio a campos amplos e aplainados, formas erosivas inusitadas, cachoeiras, pequenas quedas d'água dispostas em série, rios com corredeiras e piscinas naturais; com destaque para:

- As frentes erosivas escarpadas arenosas são de grande beleza cênica (Figura 4.90) e, por elas, passam rios correndo sobre o substrato rochoso formando cachoeiras (Figuras 4.91 e 4.92), corredeiras e piscinas naturais.
- Nas frentes escarpadas existentes nesse domínio, muitas aves constroem seus ninhos, especialmente as araras. Além disso, são áreas de microclimas bem diferenciados, onde se desenvolve uma vegetação típica (Figura 4.93).



Figura 4.90 - Beleza paisagística da serra da Boa Sentença, que ocorre na unidade DSVMPasaf (intercalações de sedimentos arenosos, síltico-argilosos e folhelhos), mostrando morros residuais com frentes escarpadas sustentadas, nesse caso, pelos arenitos da formação Aquidauana (região de Cipolândia, Aquidauana, MS).



Figura 4.91 - Conjunto de pequenas quedas d'água no rio Verde, em área de exposição da unidade DSVMPa (predomínio de sedimentos arenosos malselecionados), nesse caso, representada pela formação Furnas (balneário Sete Quedas, Rio Verde do Mato Grosso, MS).



Figura 4.92 - Cachoeira da Água Branca, uma das maiores do estado de Mato Grosso do Sul, com 76 m de queda em paredão esculpido sobre a unidade DSVMpae (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição eólica), no caso, dos arenitos da formação Botucatu (Pedro Gomes, MS).

- Um dos principais atrativos turísticos relacionados a esse domínio é o "Buraco das Araras", formado por colapso de rochas calcárias existentes sob arenitos da Unidade DSVMPasaf, nesse caso, representada pela Formação Aquidauana, e que originou uma imensa dolina, hoje um dos principais pontos turísticos do estado de Mato Grosso do Sul, constituindo-se em um local de observação de aves. Em 2007, o local, que possui 29 ha, foi reconhecido como Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), protegendo-se, assim, a dolina e a vegetação de Cerrado (Figuras 4.94 e 4.95).

- Os morros residuais e as serras esculpidas sobre arenitos da Formação Aquidauana (Unidade DSVMPasaf) formam um conjunto paisagístico de exuberante beleza cênica. Uma de suas mais belas paisagens pode ser admirada em um trecho contínuo de aproximadamente 40 km da estrada

que liga Aquidauana a Dois Irmãos do Buriti (Figuras 4.96 e 4.97). Em 2000, uma área com cerca de 10.000 ha que envolve esse trecho da estrada foi reconhecida como Área de Proteção Ambiental da Estrada Parque de Piraputanga, para proteção dos cerrados e serras e do habitat de vários animais.

- Os arenitos avermelhados da Formação Aquidauana (Unidade DSVMPasaf) apresentam cor, textura e facilidade de corte favoráveis ao uso como matéria-prima para esculturas (Figura 4.98).



Figura 4.93 - Beleza cênica dos arenitos avermelhados da formação Aquidauana (unidade DSVMPasaf) expostos em paredões verticalizados, lugar de pouso e ninhal para avifauna local, com densa vegetação no sopé da escarpa (Aquidauana, MS).



Figura 4.95 - Detalhe do paredão do “Buraco das Araras”, com exemplar da arara-vermelha.

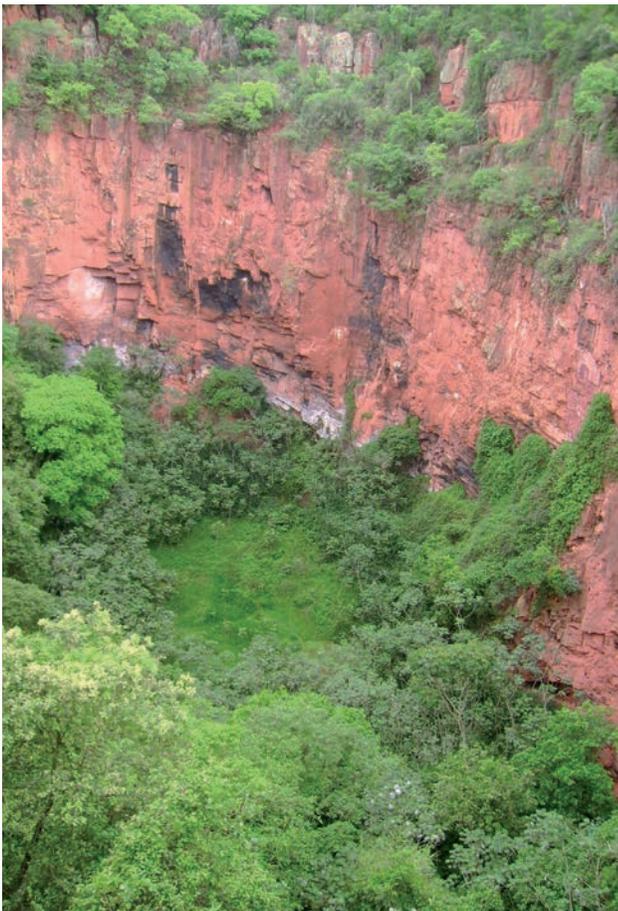


Figura 4.94 - Buraco das Araras, com aproximadamente 180 m de diâmetro por 100 m de profundidade; ecossistema de extrema importância, pois é nos paredões rochosos que as araras constroem seus ninhos; em seu interior, há um grande lago habitado por jacarés-de-papo-amarelo (Fazenda Alegria, Jardim, MS).



Figura 4.96 - Aspecto de morro residual com formas inusitadas, conhecido na região como “Morro do Chapéu”, que, junto com a vegetação de cerrado, compõe um cenário de beleza singular (estrada Parque de Piraputanga, Aquidauana, MS).



Figura 4.97 - Paisagem bucólica vista da estrada do parque, constituída por áreas planas com pastagem, coqueiros e áreas alagadas; ao fundo, serras e morros residuais esculpidos sobre a unidade DSVMPasaf, no caso, constituída por arenitos da formação Aquidauana (Aquidauana, MS).



Figura 4.98 - Esculturas esculpidas em arenito Aquidauana (artesão da região de Piraputanga, Dois Irmãos do Buriti, MS).

- Na região conhecida como Cidade das Pedras, no município de Sonora, sustentados pelos sedimentos da Unidade DSVMPa, afloram sedimentos conglomeráticos intercalados com vários níveis de arenitos com vários graus de silicificação e lateritização. As diferenças composicionais, de grau de silicificação, de lateritização e de resistência ao intemperismo possibilitaram que se formasse um conjunto de belas e curiosas esculturas erosivas nessas rochas (Figura 4.99). As esculturas sobressaem em meio à vegetação de Cerrado, compondo um cenário de grande beleza paisagística. Destaca-se que esse grande atrativo geoturístico encontra-se prejudicado, já que na área foi implantado o assentamento do INCRA Carlos M. S. Mello. Uma ação bastante infeliz, pois esses solos são de péssimas características agrícolas.



Figura 4.99 - Exemplar de uma das diversas formas de relevo erosivo encontradas na Cidade das Pedras (Sonora, MS).

- Destaca-se que há, nesse domínio, unidades geológicas fossilíferas contendo fósseis de trilobitas, crocodilos, quelônios e dinossauros (Figura 4.100).



Figura 4.100 - Registro de pegadas de dinossauros na unidade DSVMPae, no caso, em arenitos da formação Botucatu (Nioaque, MS).

DOMÍNIO DO VULCANISMO MESOZOICO DO TIPO PLATEAU (DVM)

Esse domínio corresponde aos terrenos sustentados por extenso e espesso pacote formado a partir de sucessivos derrames de diferentes espessuras de lavas, principalmente básicas, recristalizadas em basaltos e, mais restritamente, de composição ácida e intermediária, respectivamente recristalizadas em riolitos, dacitos e andesitos, relacionados ao vulcanismo fissural da Formação Serra Geral, da Bacia do Paraná.

Elementos de Definição e Área de Ocorrência

Distribui-se por ampla área na região centro-sul do estado de Mato Grosso do Sul e, mais restritamente, nas calhas de alguns rios na região nordeste do estado (Figura 4.101). Pela ampla predominância de termos básicos, todos os terrenos sustentados por esse domínio foram incluídos em uma única unidade geológico-ambiental – DVMb (Predomínio de Basaltos).

Formas de Relevo

Foram identificadas várias formas de relevo (Figura 4.101), com predomínio dos tipos aplainados a suave ondulados, de declives e amplitudes muito baixos, diferenciados em colinas amplas e suaves (Figura 4.102), e planaltos, chapadas e platôs (Figura 4.103).

Relevos ondulados a forte ondulados, com vertentes côncavas e retilíneas e topos levemente arredondados, com declives e amplitudes acentuadas, classificados como degraus estruturais e rebordos erosivos foram mapeados na borda ocidental desse domínio, em contato com a Unidade DSVMPae (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição eólica) do Domínio DSVMP.

Outros tipos são bastante pontuais, havendo um pequeno segmento de escarpa serrana a norte da cidade de Alcinópolis, assim como uma pequena área de relevo ondulado a forte ondulado, classificado como de colinas dissecadas e morros baixos, situada no extremo sul do estado, a oeste da cidade de Amambaí.

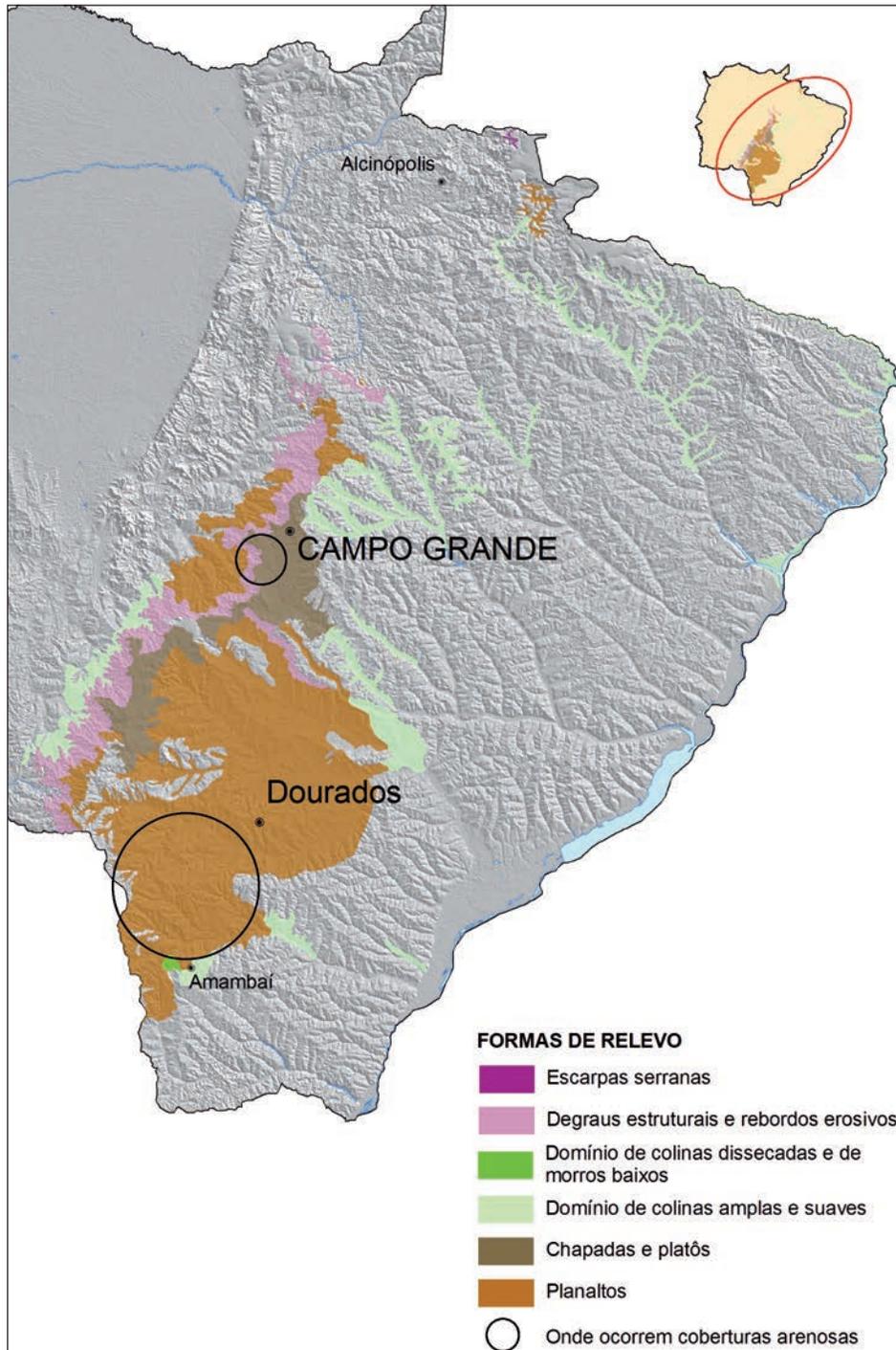


Figura 4.101 - Área de ocorrência da unidade geológico-ambiental DVMB (predomínio de basaltos) e formas de relevo associadas do domínio do vulcanismo mesozoico do tipo plateau (DVM) no estado de Mato Grosso do Sul.

Características, Adequabilidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação

Obras de engenharia

De modo geral, esse domínio não apresenta problemas geotécnicos significativos, considerando-se que:

- A sucessão de derrames que extravasaram na superfície imprimiu ao pacote vulcânico que sustenta esse domínio um aspecto acamadado horizontalizado, o que significa que as características do substrato rochoso se mantêm homogêneas na lateral, mas variam na vertical. Entretanto, as espessuras dos derrames são diferentes e eles são constituídos por rochas de características, principalmente texturais e estruturais, também diferentes, e marcados por mudanças abruptas entre eles, formando descontinuidades mecânicas e hidráulicas na vertical, potencializando as desestabilizações e o aparecimento de surgências d'água em taludes de corte. A homogeneidade horizontal e a descontinuidade vertical são verificadas nas superfícies dos terrenos, em associação direta



Figura 4.102 - Aspecto do relevo de colinas amplas e suaves (Nova Alvorada do Sul, MS).



Figura 4.103 - Aspecto do relevo quase plano, classificado como chapadas e platôs (Terenos, MS).

aos tipos de relevo em que ocorrem. Quanto mais suavizados – como os tipos de colinas amplas e suaves, chapadas e platôs e planaltos (Figura 4.101), maior a homogeneidade na horizontal. Quanto mais acidentados – caso das escarpas e rebordos erosivos, maior a possibilidade de haver diferentes tipos de derrames ao longo do perfil da encosta, ou seja, de descontinuidades verticais (Figura 4.104).



Figura 4.104 - Sucessão de derrames de rochas vulcânicas de diferentes composições e texturas aflorando em talude de corte de estrada em área de relevo de rebordo erosivo. Na porção basal ocorrem basaltos vesiculados, com vesículas preenchidas principalmente por calcita; sobre eles ocorre basalto densamente fraturado, maciço, sobreposto por um derrame aparentemente de riolito ou andesito (Campo Grande, MS).

- O litotipo principal é o basalto, rocha rica em minerais ferromagnesianos e pobre em quartzo, de textura fina e maciça. Quando fresca, é de dureza elevada, havendo necessidade do uso de explosivos para o seu desmonte, mas de boa homogeneidade mineral e textural, de elevada resistência à compressão e alta capacidade de suporte. Em geral, o basalto apresenta-se densamente fendilhado em várias direções, portanto, solta blocos com facilidade em taludes de corte e é bastante percolativo. Quando exposto na superfície ou recoberto por solos muito rasos, demanda cuidados especiais em caso de obras destinadas ao armazenamento ou à circulação de substâncias poluentes – se ocorrer vazamento, o lençol subterrâneo será rapidamente contaminado. É o caso das áreas identificadas na Figura 4.101 como escarpas e rebordos erosivos, que são frentes erosivas contendo paredões verticalizados e encostas côncavas com fortes declives e desníveis altimétricos, nas quais as rochas basálticas se expõem densamente fraturadas ou ocorrem próximas à superfície (Figura 4.105).

- Destaca-se que estas frentes erosivas são áreas em processo de dissecação, os rios são de escoamento superficial muito rápido, com alta capacidade de transporte de sedimentos, sujeitos a formar enxurradas de alto potencial erosivo e destruidor de obras. Caso tais áreas sejam destinadas a obras de infraestrutura urbana ou viária, deve-se prever que apresentam muitos canais de drenagens a serem transpostos e que haverá necessidade da execução de cortes e aterros altos.



Figura 4.105 - Área de relevo acidentado (rebordo erosivo), com solo raso ou inexistente, com basaltos intensamente fraturados e sujeitos à queda de blocos expostos em talude de corte de estrada (Maracaju, MS).

- Como particularidades dessas frentes erosivas, principalmente quando próximas à Unidade DSVMPae (sedimentos arenosos de deposição eólica), do Domínio DSVMP, há possibilidade de haver, intercaladas nas rochas vulcânicas, camadas de arenitos altamente endurecidos (*trapp*) (Figura 4.106). Isso ocorre porque o calor das lavas provocou a recristalização do quartzo, ou seja, é como se os minerais tivessem sido fundidos e soldados uns aos outros, dando origem a uma rocha arenosa bastante endurecida. Portanto, são locais com rochas de características muito diferentes, principalmente composicionais, e por isso, de comportamentos geotécnicos e hidráulicos distintos; dependendo da espessura das camadas de arenito, haverá dificuldades para execução de escavações e perfurações.



Figura 4.106 - Afloramento, no talude de corte da estrada, de arenito "cozido" da unidade DSVMPae, intercalado nas rochas basálticas do domínio em questão (Nioaque, MS).

- Basaltos são rochas que apresentam baixa resistência ao intemperismo químico e que, no início do processo de alteração, geram argilominerais expansivos. Tais minerais, quando submetidos aos estados úmido e seco, expandem-se e se contraem, portanto, são rochas inadequadas para utilização como material de empréstimo em obras sujeitas a oscilações de temperatura e umidade (Figura 4.107).



Figura 4.107 - Solo argiloso derivado de basaltos, observando-se o fenômeno de empastilhamento e erosão, devido à presença de argilas expansivas (Caarapó, MS).

- Essas rochas se alteram de modo bastante diferenciado e particular: em frentes de alteração concêntricas denominadas decomposição esferoidal (Figura 4.108). Esse tipo de alteração vai deixando blocos arredondados de rochas duras em meio ao solo; portanto, onde ocorrem rochas basálticas, é comum haver blocos e matacões de rochas frescas isolados e irregularmente distribuídos ou até mesmo concentrados. Esta é uma característica importante de se considerar, no caso de escavações e perfurações, pois estas poderiam



Figura 4.108 - Basaltos com forma típica de alteração esferoidal (Caarapó, MS).

atingir rochas duras resistentes ao corte e à penetração ou deixá-las expostas em paredes escavadas com risco de se desprendarem. No caso de obras enterradas, estas podem se desestabilizar se estiverem parcialmente apoiadas sobre blocos e matacões (Figura 4.109).

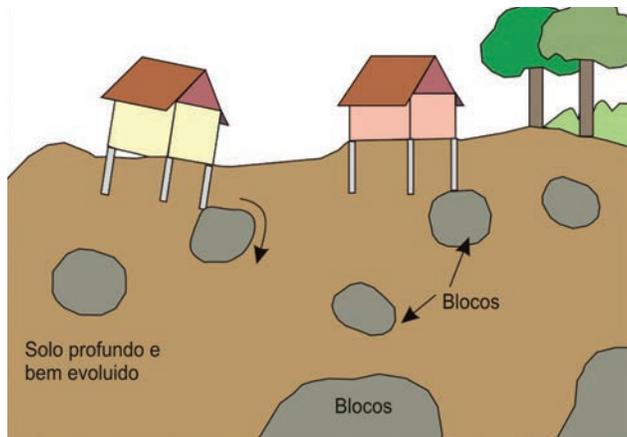


Figura 4.109 - Situação esquemática de uma fundação apoiada sobre blocos e matacões, sujeita a se desestabilizar, caso estes se movimentem.

- Mesmo onde o solo é profundo e bem evoluído (como é de se esperar nas áreas de relevos aplainados a suave ondulados), classificados como colinas amplas e suaves, chapadas e platôs e planaltos (Figura 4.101), é comum a ocorrência de rochas duras em subsuperfície (Figuras 4.110 e 4.111). Antes de execução de obras nesse domínio, é recomendável a realização de estudos geotécnicos e de sondagens pouco espaçadas, para avaliação das condições desses terrenos em profundidade.

- Como aspecto positivo dessas áreas de relevos aplainados a suave ondulados, destaca-se que o potencial erosivo e de movimentos de massa é baixo, o manto de alteração é profundo e de fácil escavabilidade e é baixa a densi-



Figura 4.110 - Terraplenagem em área de relevo aplainado e de solo profundo, onde foram encontrados imensos matacões de rocha dura imersos no solo (Dourados, MS).



Figura 4.111 - Detalhe da figura anterior, mostrando o solo profundo e bem evoluído.

dade de canais de drenagem, portanto, a implantação de infraestrutura viária e urbana não exigirá a execução de cortes profundos em taludes nem muitas obras de transposição de drenagem. Porém, nelas há muitos locais bastante planos, de escoamento superficial e subsuperficial precários, com possibilidade de haver solos orgânicos moles que podem permanecer saturados em água por longos períodos no ano; nas épocas de chuvas, há possibilidade de se formar lençol freático temporário próximo à superfície. Logo, são áreas sujeitas a empoçamento em ruas e terrenos, entupimento de canalizações e até refluxo de esgoto; além de que, nelas, os materiais de obras enterradas podem sofrer corrosão rápida.

- Nos basaltos podem ocorrer níveis constituídos por vazios de vários tamanhos, como "bolhas", que podem estar preenchidas ou não por minerais, denominadas amígdalas e vesículas (Figura 4.112). Quando vazias e interligadas por fraturas (Figura 4.113), são permeáveis, de características geotécnicas heterogêneas e de baixa resistência à com-

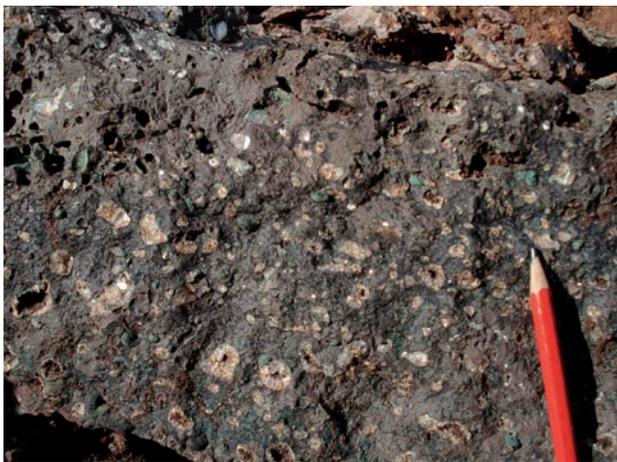


Figura 4.112 - Basalto vesicular e com amígdalas, a maioria preenchida por calcita e quartzo (Nioaque, MS).



Figura 4.113 - Basalto bastante fraturado, com muitas vesículas e amígdalas preenchidas principalmente por calcita (Campo Grande, MS).

pressão. Obras sobre terrenos sustentados por basaltos com tais características podem sofrer pequenos abatimentos ou apresentar rachaduras e trincamentos, além de serem rochas bastante percolativas.

- Basaltos são rochas que se alteram para solos argilosos ou argilossiltosos. Independentemente da evolução pedogenética, como aspecto positivo destaca-se que são de boa capacidade de compactação. Como aspectos negativos, são bastante plásticos; quando molhados, tornam-se aderentes e escorregadios, dificultando o tráfego em vias não-pavimentadas, assim como causando o emplastamento excessivo de ferramentas e equipamentos de cortes, quando as obras são executadas nos períodos chuvosos. Quando secos, apresentam problemas relacionados às partículas finas (argilas), que entram facilmente em suspensão e assim permanecem por longo tempo, conseqüentemente, as vias não-pavimentadas tornam-se muito poeirentas. Quando bem evoluídos pedogeneticamente, são de baixa erosividade natural, mantêm boa estabilidade em taludes de corte e são bons materiais de empréstimo. Porém, podem ser colapsíveis, pois sofrem significativa redução de volume quando submetidos à aplicação de carga adicional; por isso, a depender da obra a ser edificada, esta poderá desenvolver fissuras, trincas e até desabar. Quando pouco evoluídos pedogeneticamente, contêm argilominerais expansivos, por isso, se expostos às variações dos estados úmido e seco, fendilham-se, desagregam-se em pequenas “pastilhas” e se tornam altamente erosivos.

- As áreas de chapadas, platôs e planaltos (Figura 4.101) situam-se em cotas elevadas em relação às áreas adjacentes e em uma região que venta em boa parte do ano, favorecendo a que nelas sejam implantados geradores de energia eólica.

- Em duas regiões de relevo bastante suavizado, quase plano – uma, ao sul da cidade de Campo Grande; outra, a sudoeste da cidade de Dourados (Figura 4.101) – ocorrem pequenas e esparsas manchas, algumas não-mapeáveis

na escala deste trabalho, de solos arenosos (Figura 4.114), provavelmente relacionados à Unidade DSVMPaef (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista), nesse caso, provavelmente derivados dos arenitos do Grupo Caiuá, já que pequenas áreas desses sedimentos foram mapeadas nas imediações. Nessas regiões, a curtas distâncias, pode-se encontrar materiais com características geotécnicas bem diferentes um do outro, além de esses solos arenosos serem suscetíveis à erosão.



Figura 4.114 - Solo arenoso, pouco espesso, que ocorre como pequenas manchas pouco espessas sobre solos argilosos derivados de basaltos (Ponta Porã, MS).

Agricultura

Nesse domínio, as características litológicas, de solo e de relevo tanto lhes conferem adequabilidades como limitações para uso agrícola. Porém, de modo geral, são terrenos onde não há grandes problemas para tal uso e as limitações podem ser vencidas com manejo adequado. Assim, destaca-se que:

- Basaltos são rochas pobres em quartzo e ricas em minerais ferromagnesianos, minerais que quando se alteram se transformam em argilas. Ou seja, essa alteração gera solos argilosos, que são bastante porosos, de boa capacidade hídrica e moderadamente permeáveis – mantêm boa disponibilidade hídrica para as plantas por longo tempo dos períodos secos –, apresentam boa capacidade de reter, fixar nutrientes e assimilar matéria orgânica – respondendo bem à adubação. Porém, compactam-se, impermeabilizam-se e se tornam suscetíveis à erosão hídrica laminar se forem submetidos a cargas elevadas contínuas. É o que ocorre quando excessivamente mecanizados com equipamentos pesados ou pisoteados pelo gado: forma-se uma camada endurecida e impermeável logo abaixo da camada superficial, que é mais permeável e fofa. Essa diferença de permeabilidade entre as duas camadas faz com que, quando chove, a camada superior se encharque e seja removida por erosão laminar. Quando bem evoluídos, os

solos são de baixa erosividade natural e mais permeáveis. Quando pouco evoluídos, são pouco permeáveis, por isso recomenda-se irrigá-los pelo método do gotejamento, pois, com outros métodos, grande parte da água não se infiltra no solo.

- No processo de alteração, basaltos liberam vários elementos químicos, principalmente cálcio, magnésio, ferro, alumínio e potássio. Os solos, quando pouco evoluídos, apresentam excelente fertilidade natural, mas também são portadores de argilominerais expansivos, o que os torna bastante erosivos se desprotegidos da cobertura vegetal e expostos à alternância dos estados úmido e seco. Quando bem evoluídos, são lixiviados, por isso, de baixa fertilidade natural; todavia, costumam ser bastante enriquecidos em ferro e alumínio, ou seja, são solos lateríticos, com problemas de acidez elevada, altamente prejudicial às plantas.

- As áreas de colinas amplas e suaves, planaltos e chapadas e platôs (Figura 4.101), devido às características de relevo plano a suavemente ondulado, são favoráveis à pedogênese. Nelas predominam solos profundos e bem evoluídos, de fácil escavabilidade, desprovidos de pedregosidade superficial, de baixa erosividade natural e de excelentes características físicas, com predomínio do tipo Terra-Roxa, porém, devem ser de baixa fertilidade natural. Além disso, são relevos sem impedimento ao uso de implementos agrícolas motorizados. No entanto, são áreas desfavoráveis a nascentes e cursos d'água, por isso com deficiência de água superficial para irrigação. Destaca-se que, nessas áreas, há extensas superfícies muito planas, com deficiência de escoamento superficial e subsuperficial (Figura 4.115), nas quais os solos são excessivamente lixiviados e, talvez por isso, sejam muito empobrecidos em nutrientes naturais; além da possibilidade de haver solos orgânicos, ácidos; também é possível a formação de lençol temporário muito próximo da superfície na época das chuvas, o que é prejudicial para muitas culturas, principalmente as de raízes mais profundas.

- Nas áreas onde o relevo é do tipo colinas dissecadas e morros baixos (Figura 4.101), a pedogênese se desenvolve

de modo bastante diferenciado, por isso a espessura, as características físico-químicas e a qualidade agrícola dos solos costumam variar bastante de local para local, havendo muitas parcelas de alto potencial de erosão hídrica e com declives que impedem ou dificultam o uso de implementos agrícolas motorizados.

- Nas áreas de relevo escarpado e de rebordo erosivo (Figura 4.101), o potencial de erosão hídrica é alto, com maior possibilidade de que os solos sejam rasos ou inexistentes; na maior parte dessas áreas, os declives são impeditivos ou dificultam a prática agrícola, motorizada ou não.

- Uma particularidade desses terrenos é a existência de solos arenosos, provavelmente relacionados à Unidade DSVMPaef (predomínio de espessos pacotes de arenitos de deposição mista), em vários locais nas duas áreas assinaladas na Figura 4.101: uma ao sul da cidade de Campo Grande e outra a sudoeste da cidade de Dourados. Ocorrem como pequenas e esparsas manchas, algumas não-mapeáveis na escala deste trabalho. Provavelmente, são derivados da alteração dos arenitos Caiuá, já que pequenas ocorrências desses sedimentos estão mapeadas nas imediações. O uso agrícola nessas áreas deve prever que, em curtas distâncias, podem ocorrer solos com características texturais bastante diferentes, de argilosos a arenosos.

- De modo geral, os terrenos sustentados por esse domínio estão desmatados e ocupados, principalmente, por pastagens extensivas (Figura 4.116). Recomenda-se revegetar margens e cabeceiras de drenagens; proceder ao replantio esparsos de espécies arbóreas nativas nas áreas totalmente desmatadas, de modo a propiciar sombra aos animais; utilizar a rotação de pastos, para evitar o pisoteamento contínuo das mesmas áreas, o que, certamente deve estar causando compactação excessiva do solo, dificultando a infiltração de água no subsolo e a recarga das águas subterrâneas em uma área que, naturalmente, é pouco permeável.



Figura 4.115 - Área de relevo plano, com nível freático aflorante nas valas abertas para melhorar a drenabilidade (Maracaju, MS).



Figura 4.116 - Vista parcial de extensas áreas completamente desmatadas e ocupadas por pastagens, paisagem comum nos terrenos desse domínio (Maracaju, MS).

Recursos hídricos e fontes poluidoras

De modo geral, esse domínio apresenta bom potencial para recursos hídricos. As características de geologia, relevo e solo são tanto positivas como negativas para a disposição de fontes poluidoras, destacando-se:

- Basaltos são rochas densamente fraturadas, geralmente portando fendas abertas em várias direções e com vários ângulos de mergulho, o que facilita se cruzarem e se interligarem. Além disso, o vulcanismo se deu na forma de derrames e alguns podem ser vesiculados, ou seja, possuem cavidades que se interligam por meio de fraturas (Figura 4.117). Portanto, constituem-se em aquífero do tipo fissural, de muito alta permeabilidade e porosidade secundárias. Nesse tipo de aquífero, o potencial de exploração é bastante irregular: depende de o poço cruzar fraturas, de estas serem abertas – para a água poder se armazenar e circular –, da densidade que elas ocorrem e se estão interligadas; por isso, é muito comum um poço dar excelente vazão e outro, ao lado, ser seco (Figura 4.118). É nas porções de topo dos derrames que se concentram as fraturas abertas, o que deve ser considerado no caso de exploração de água.

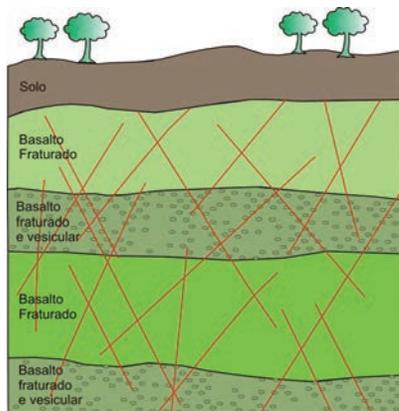


Figura 4.117 - Esboço de diferentes derrames, vesiculares ou não, e fraturados.

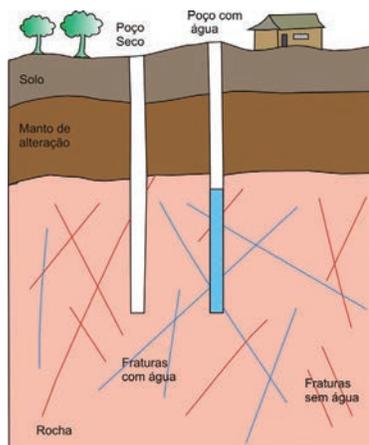


Figura 4.118 - Esboço de um aquífero fraturado, onde a água circula e se armazena nas fraturas.

- Por serem fraturadas, são rochas bastantes percolativas. Por isso, onde afloram ou estão recobertas por solos rasos, constituem-se tanto em áreas favoráveis à recarga dos aquíferos como de alto risco de contaminação das águas subterrâneas.

- Deve-se considerar a possibilidade de ocorrer, entre as rochas desse domínio, camadas de arenitos da Unidade DSVMPae (Domínio DVMP) que foram “cozidos” pelo esquentamento das lavas e que, por isso, são impermeáveis, intercaladas a rochas vulcânicas fraturadas, formando importantes barreiras hidrogeológicas, com possibilidade de ocorrência do fenômeno do “artesianismo”, onde a água, aprisionada sob forte pressão, atinge a superfície sem necessidade de bombeamento.

- O manto de alteração de rochas basálticas é argiloso, apresenta alta porosidade e baixa transmissividade, ou seja, armazena muita água, mas quase não a disponibiliza para circulação, portanto, não são bons aquíferos superficiais. Por outro lado, quando espesso, funciona como manto protetor da contaminação das águas subterrâneas. Essa situação é bem privilegiada nas áreas como planaltos, chapadas e platôs e colinas amplas e suaves (Figura 4.101), onde o relevo aplainado a suavemente ondulado favorece a pedogênese, formando um espesso manto de intemperismo argiloso que protege as águas subterrâneas da contaminação. Por outro lado, essas áreas são desprovidas de nascentes, a densidade de drenagem é baixa e o lençol freático deve estar situado a profundidades superiores a 10 m. Em tais áreas, há grandes superfícies excessivamente planas, com escoamento superficial e subsuperficial deficientes, nas quais, nas épocas chuvosas, pode-se formar lençol freático temporário próximo à superfície (Figura 4.119).

- O lixo é um problema que deve ser administrado pelos poderes competentes, em obediência às legislações ambientais, independentemente de, na região, o solo apresentar ou não características que protegem as águas



Figura 4.119 - Área de relevo plano com drenabilidade deficiente, com uma particularidade hidrológica importante, que é a existência de muitas lagoas permanentes (Campo Grande, MS).

subterrâneas da contaminação. Entretanto, não é o que se observou em alguns municípios, onde o lixo é acumulado ao longo das estradas (Figuras 4.120 e 4.121).

- As áreas de relevo de escarpas e de rebordo erosivo (Figura 4.101) favorecem a que o lençol freático aflore em vários locais.

Potencial mineral

- Ambiência geológica favorável à existência de ágata, ametista, mineralizações de sulfetos de níquel e cobre, com ou sem elementos do grupo da platina.

- Basaltos são rochas com qualidades razoáveis para utilização para brita (Figura 4.122), pedra de cantaria (Figura 4.123), com maior possibilidade para aflorarem ou se situarem a baixas profundidades nos padrões de relevo mais acidentados, como escarpas e degraus estruturais e rebordos erosivos (Figura 4.101). Das minas em produção de brita no estado, à exceção de uma, em rochas graníticas; as demais são em rochas desse domínio.

- Onde o relevo é do tipo de colinas amplas e suaves, chapadas e platôs e planaltos (Figura 4.101), há grandes áreas

planas maldrenadas, características fisiográficas adequadas para depósitos de turfa, alguns já conhecidos e avaliados nos municípios de Dourados, Rio Brilhante, Laguna Carapã e Ponta Porã.

Potencial geoturístico

Quanto ao potencial geoturístico representado por esse domínio, destaca-se:

- As áreas de relevo escarpado são favoráveis a que os rios sejam encachoeirados (Figura 4.124).

- Em muitas áreas planas, há formação de lençol freático temporário próximo à superfície, formando lagoas temporárias e permanentes (Figura 4.125), muitas em meio a grandes áreas de pastagens. Nelas existe vegetação típica de alagados, como taboas, e constituem-se em importantes ecossistemas para animais e pássaros; portanto, recomenda-se preservá-las e revegetar o seu entorno com espécies nativas da região, o que seria de grande atrativo turístico, considerando se tratar de uma região bastante desmatada.



Figura 4.120 - Lixo acumulado nas laterais da rodovia BR 267, nas proximidades da cidade de Rio Brilhante (MS).



Figura 4.122 - Lavra a céu aberto que explora basalto para brita (Costa Rica, MS).



Figura 4.121 - Acúmulo de lixo nas laterais da rodovia MS-162, na entrada da cidade de Sidrolândia; embora o solo seja espesso e argiloso – o que minimiza o problema de contaminação do lençol subterrâneo – este é um impacto visual bastante negativo para uma região turística, que, no caso, é um dos caminhos de acesso a Bonito (MS).



Figura 4.123 - Basalto intensamente fraturado, com fraturas verticalizadas, do tipo disjunção colunar, e horizontalizadas, possibilitando a desagregação com facilidade em pequenos blocos na forma de paralelepípedos (Nioaque, MS).



Figura 4.124 - Pequeno salto no rio Sucuriú, associado ao paredão escarpado sustentado por basaltos (Parque Municipal Salto do Sucuriú, Costa Rica, MS).



Figura 4.125 - Aspecto de uma lagoa sobre os terrenos de relevo aplainado, próxima à cidade de Campo Grande (MS). Pela proximidade da cidade, se fosse reflorestado seu entorno, essa área poderia ser aproveitada como recanto de lazer.

DOMÍNIO DOS COMPLEXOS ALCALINOS INTRUSIVOS E EXTRUSIVOS, DIFERENCIADOS DO TERCIÁRIO, MESOZOICO E PROTEROZOICO (DCA)

Corresponde aos terrenos sustentados pelas rochas magmáticas alcalinas da Suíte Alcalina Fecho dos Morros, representados, principalmente, por sienitos, traquitos e traquiandesitos.

Elementos de Definição e Área de Ocorrência

Compreende uma série de pequenos morros posicionados de maneira restrita nas proximidades da margem esquerda do rio Paraguai, cerca de 25 km a norte da cidade de Porto Murtinho (Figura 4.126). Foram incluídos em uma única unidade geológico-ambiental – DCAalc (Série Alcalina).

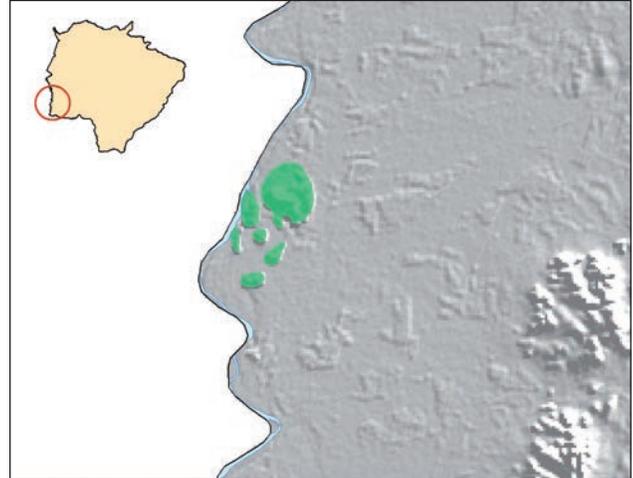


Figura 4.126 - Área de ocorrência da unidade geológico-ambiental DCAalc (série alcalina) e formas de relevo associadas do domínio dos complexos alcalinos intrusivos e extrusivos, diferenciados do Terciário, Mesozoico e Proterozoico (DCA) no estado de Mato Grosso do Sul.

Formas de Relevo

Classificados como *inselbergs* ou morros residuais, formam pequenos morros de forma circular e de pequena expressão topográfica, de topos abaulados, ilhados e realçados em meio à planície formada por depósitos aluvionares da Formação Pantanal (Figura 4.126).

Características, Adequabilidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação

Obras de engenharia

São terrenos que apresentam mais limitações que adequabilidades geotécnicas, tanto do ponto de vista do substrato rochoso como do relevo, destacando-se que:

- São rochas de textura maciça, isotrópicas, que apresentam boa homogeneidade geomecânica lateral e vertical, alta resistência à compressão, alta capacidade de suporte e características físico-químicas adequadas para utilização na produção de brita. Porém, são de dureza elevada, ou seja, oferecem alta resistência ao corte e à penetração, sendo necessário o uso de explosivos para desmontá-las. No geral, estão bem preservadas do intemperismo, ou seja, o substrato rochoso aflora ou se situa a baixas profundidades (Figura 4.127), características que as tornam problemáticas para execução de escavações e implantação de obras, tanto superficiais como subterrâneas, implicando, também, custos elevados, tanto na fase de planejamento como na de execução das obras.

- São rochas geralmente fraturadas (Figura 4.128), que se alteram para solos argilosos; pelas características do relevo de morros residuais de encostas declivosas, o solo



Figura 4.127 - Solos rasos, onde são expostos na superfície do terreno matacões e blocos bem preservados do intemperismo.



Figura 4.128 - Rochas exibindo fraturamento; é comum aflorarem em meio ao solo, em geral raso.

deve ser pouco espesso, ou seja, sem espessura suficiente para proteger as águas subterrâneas da contaminação, o que implica cuidados extremos em caso de instalação de obras destinadas ao armazenamento ou à circulação de produtos poluentes.

- Sustentam morros isolados (Figura 4.129) em meio à planície do Pantanal (Unidade DCfl, Domínio DC), com encostas declivosas, contendo grande quantidade de blocos e matacões soltos na superfície e mergulhados no solo raso, com alto potencial de movimentos de massa, inclusive com possibilidades de rolamentos de blocos e matacões; escoamento superficial rápido e sujeito a formar enxurradas de alto potencial erosivo e de destruição de obras. Portanto, são terrenos com severas limitações à instalação de qualquer tipo de obra, além de se situarem no contexto ambiental da planície pantaneira.



Figura 4.129 - Aspecto dos morros residuais em meio à planície do Pantanal.

Agricultura

São terrenos com limitações ao uso agrícola, considerando-se que:

- Ocorrem sob a forma de morros isolados em meio às planícies do Pantanal (Unidade DCfl), com declives acentuados, em geral com solos rasos ou inexistentes e com rochiosidade elevada, características que os tornam inadequados ao uso de implementos agrícolas motorizados. Tal configuração morfológica faz com que pouca água se infiltre no subsolo e o escoamento superficial seja rápido e flua diretamente para o Pantanal. O uso agrícola nesses terrenos, sem levar em consideração essas características, pode acarretar perda do pouco de solo que existe e carregá-lo para o Pantanal, assim como os poluentes agrícolas.

- São rochas que se alteram para solos argilosos ou argilossiltosos, bastante porosos, com alta capacidade hídrica e alta capacidade de reter, fixar nutrientes e assimilar matéria orgânica; portanto, respondem bem à adubação e mantêm boa disponibilidade de água para as plantas por longo tempo dos períodos mais secos. São de baixa erosividade natural, mas, se submetidos a cargas elevadas contínuas, como, por exemplo, pisoteamento de gado e uso de maquinários de grande porte, compactam-se, impermeabilizam-se e sofrem erosão laminar acentuada.

- No processo de alteração, essas rochas liberam potássio e alumínio; pelas condições de relevo, é de se esperar que os solos que ocorrem nesse domínio, em sua maioria, sejam pouco evoluídos, portanto, de boa fertilidade natural.

- As poucas características positivas desses solos são anuladas pelas condições topográficas e pelo frágil contexto ambiental dos terrenos sustentados por esse domínio, ou seja, estão situados em meio às planícies do Pantanal.

Recursos hídricos e fontes poluidoras

De modo geral, são terrenos com bastantes limitações, tanto quanto ao potencial hídrico como para locação de fontes poluidoras, considerando-se que:

- Embora constituídos por rochas fraturadas, a configuração morfológica de morros residuais, com declives acentuados, favorece a que o escoamento superficial seja rápido, portanto, são terrenos desfavoráveis à retenção e à infiltração das águas das chuvas e com potencial de recarga das águas subterrâneas muito baixo. Além disso, essa configuração morfológica de morros ilhados em meio à planície do Pantanal sugere que as águas subterrâneas são recarregadas pelas águas armazenadas nos sedimentos do Pantanal. Assim, a possibilidade de haver bons depósitos de água subterrânea é maior abaixo do nível de base dos morros.

- As fraturas são irregularmente distribuídas, abertas e dispostas em várias direções e com diferentes ângulos de mergulho. Configuram-se aquíferos do tipo fissural, de bom potencial armazenador e circulador de água subterrânea, mas de potencial de exploração bastante irregular: depende de o poço cruzar fraturas, de estas serem abertas – para a água poder se armazenar e circular –, da densidade que elas ocorrem e se estão interligadas; por isso, é muito comum que nesse tipo de aquífero um poço dê excelente vazão, enquanto outro, nas imediações, seja seco.

- O substrato rochoso é fraturado e, em geral, com manto de intemperismo raso ou inexistente; portanto, são terrenos bastante vulneráveis à contaminação das águas subterrâneas. Neles, é preciso ter cuidado com a instalação de fontes potencialmente poluidoras; caso ocorra um acidente com substâncias poluentes, elas podem migrar pelas fraturas e alcançar as águas subterrâneas ou se espalhar e dispersar – nesse caso, pelas condições de relevo e posição geográfica desses terrenos, fluem para as planícies do Pantanal.

Potencial mineral

- Apresentam ambiência geológica favorável à prospecção de fosfatos, nióbio, titânio e terras-raras.

- Rochas alcalinas apresentam características físico-químicas e colorações favoráveis para exploração como brita e rocha ornamental; nesse último caso, favorecida pela existência de blocos e matacões (Figura 4.130).

- São importantes fontes de cascalho para as estradas da região, considerando que tais rochas ocorrem em meio às amplas planícies do Pantanal, com escassez de rochas duras (Figura 4.131).

Potencial geoturístico

As rochas desse domínio se destacam na paisagem, formando um conjunto de pequenos morros ilhados em meio à planície do Pantanal, junto às margens do rio Paraguai, de grande beleza cênica. Esses morros se constituem em importante refúgio para a fauna durante as cheias do rio Paraguai (Figura 4.132).



Figura 4.130 - Aspecto textural das rochas alcalinas.



Figura 4.131 - Estrada cascalhada com fragmentos de rochas dessa unidade geológico-ambiental.



Figura 4.132 - Paisagem bucólica dos morros residuais que se destacam em meio às planícies do Pantanal.

DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES E VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS (DSP1, DSP2, DSVP2)

Essas coberturas são constituídas por diversos tipos de sedimentos depositados em ambientes marinho e continental e, mais restritamente, rochas vulcânicas, pouco dobradas e não-metamorfizadas e dobradas e metamorfizadas em diferentes graus.

Elementos de Definição e Área de Ocorrência

Incluem uma variação significativa de rochas das mais diversas composições, texturas e deformações, que tanto podem ocorrer sob a forma de finas camadas que se intercalam irregularmente entre si, formando espes-

sos pacotes com grande heterogeneidade composicional, como formar espessos pacotes com ou sem predominância de um dos litotipos. As diferenças nos graus de metamorfismo e deformação a que as rochas foram submetidas e o potencial metalogenético levaram a diferenciá-las em três domínios geológico-ambientais: DSP1 (Coberturas Sedimentares Proterozoicas, Não ou Muito Pouco Dobradas e Metamorfizadas), DSP2 (Sequências Sedimentares Proterozoicas Dobradas, Metamorfizadas em Baixo a Médio Grau) e DSVP2 (Sequências Vulcanossedimentares Proterozoicas Dobradas, Metamorfizadas em Baixo a Alto Grau).

Esses domínios ocorrem na porção sudoeste do estado, ocupando grande parte dos terrenos que se sobressaem em meio às planícies do Pantanal, e como estreita faixa no extremo noroeste do estado, na região da serra do Amolar (Figura 4.133).

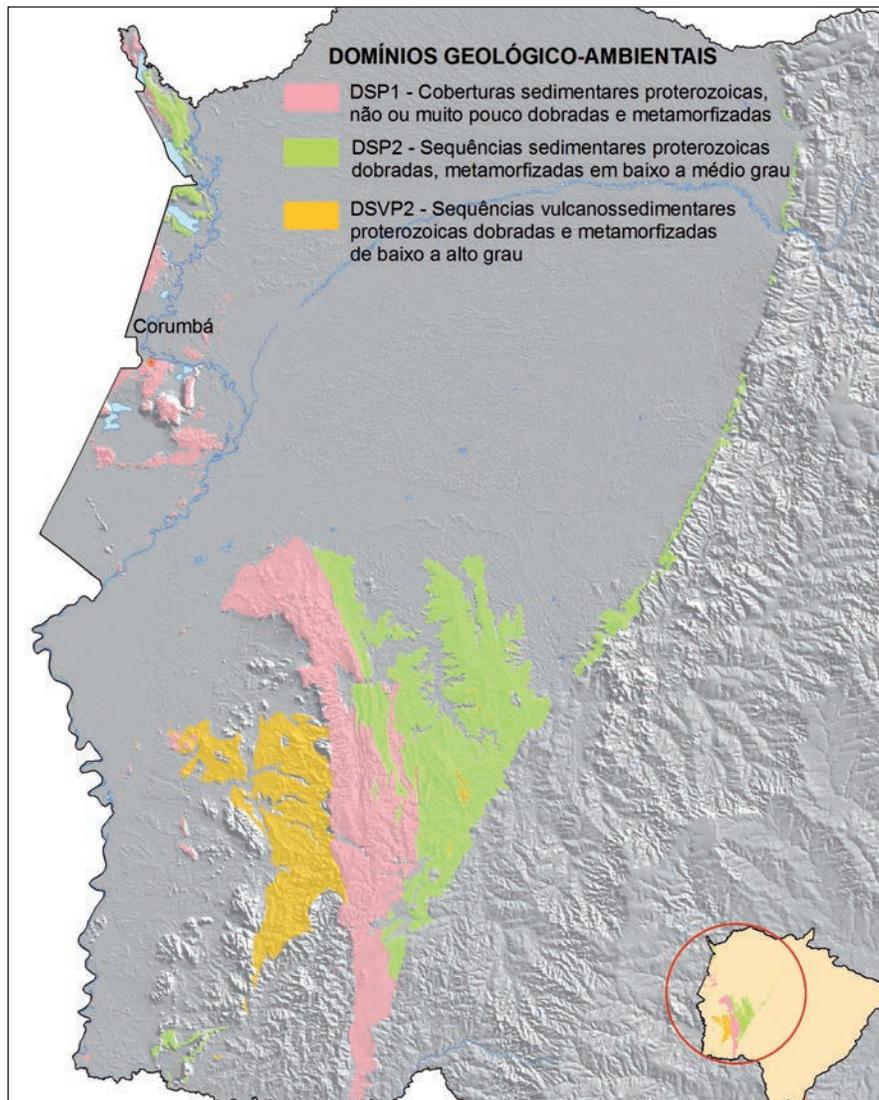


Figura 4.133 - Área de ocorrência das unidades geológico-ambientais dos domínios DSP1, DSP2, DSVP2 (sequências sedimentares e vulcanossedimentares proterozoicas) no estado de Mato Grosso do Sul.

Formas de Relevo

Nesses domínios, foram individualizadas as mais diferentes formas de relevo, desde os mais acidentados até os quase planos ou planos, diferenciados em: escarpas serranas; degraus estruturais e rebordos

erosivos; montanhoso; *inselbergs* e outros relevos residuais; morros e serras baixas; colinas dissecadas e morros baixos; colinas amplas e suaves; planaltos; chapadas e platôs; superfícies aplainadas conservadas; superfícies aplainadas retocadas ou degradadas (Figura 4.134).

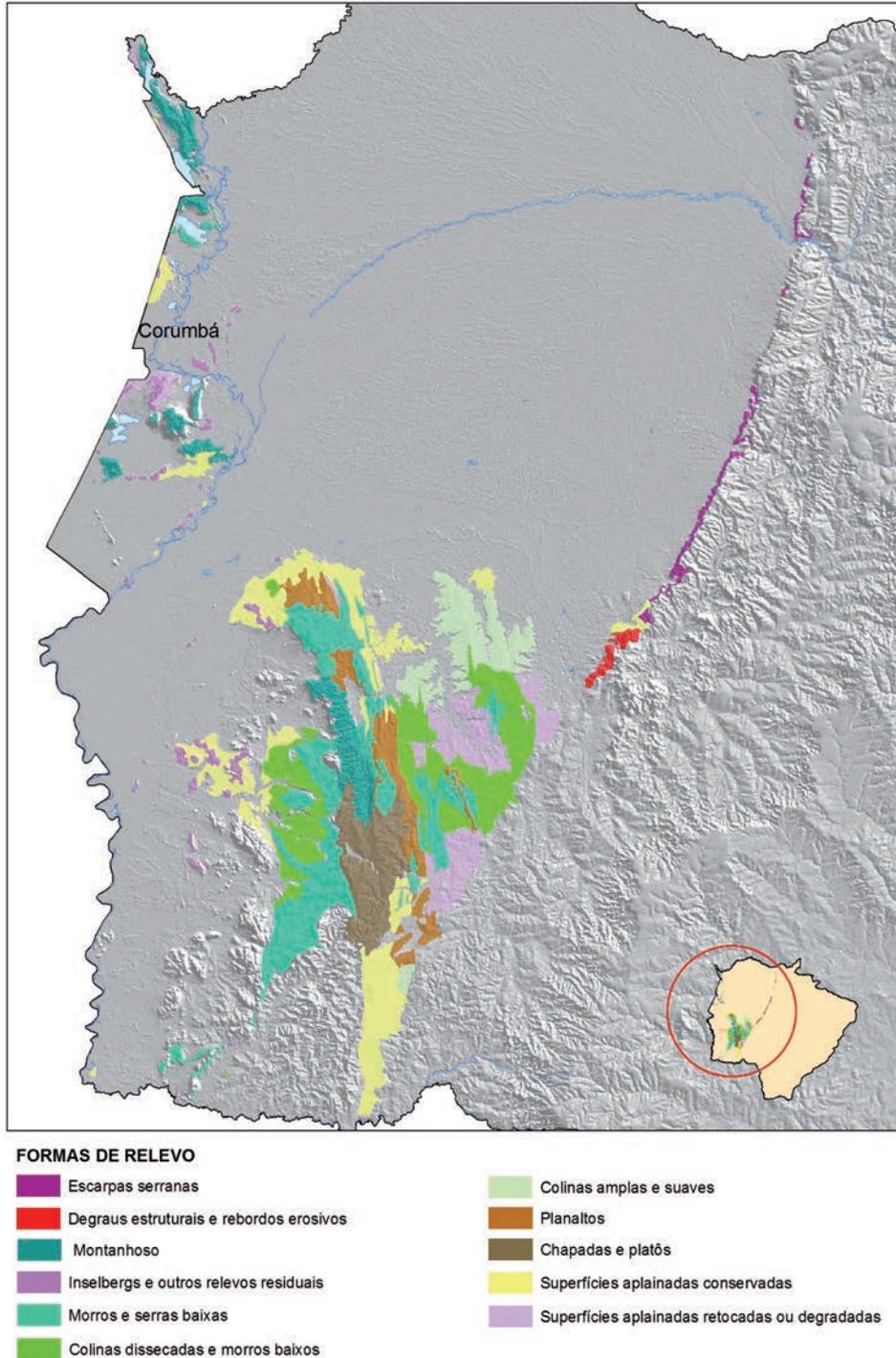


Figura 4.134 - Formas de relevo associadas dos domínios DSP1, DSP2 e DSVP2 (sequências sedimentares e vulcanossedimentares proterozoicas).

Cada um dos domínios está representado por várias unidades geológicas constituídas por vários litotipos, o que levou a dividi-los nas unidades geológico-ambientais descritas a seguir.

- **Domínio DSP1** (Coberturas Sedimentares Proterozoicas, Não ou Muito Pouco Dobradas e Metamorfizadas): Corresponde aos terrenos sustentados pelas rochas não-metamorfizadas do Grupo Corumbá (formações Cerradinho, Tamego e Bocaina), do Grupo Jacadigo (formações Urucum e Santa Cruz), e Formação Puga, diferenciadas em quatro unidades geológico-ambientais (Figura 4.135):

- **DSP1acgsa** (Predomínio de Sedimentos Arenosos e Conglomeráticos, com Intercalações Subordinadas de Sedimentos Siltico-Argilosos): Corresponde aos terrenos sustentados pela porção basal da Formação Cerradinho e pela Formação Urucum, unidade basal do Grupo Jacadigo.

- **DSP1asafmg** (Intercalações Irregulares de Sedimentos Arenosos, Siltico-Argilosos e Formações Ferríferas e Manganêsíferas): Corresponde aos terrenos sustentados pela Formação Santa Cruz, do Grupo Jacadigo.

- **DSP1saagr** (Predomínio de Sedimentos Siltico-Argilosos, com Intercalações Subordinadas de Arenitos e Grauvacas): Corresponde aos terrenos sustentados pela Formação Puga.

- **DSP1csaa** (Rochas Calcárias com Intercalações Subordinadas de Sedimentos Siltico-Argilosos e Arenosos): Corresponde aos terrenos sustentados pelas formações Cerradinho e Bocaina e pelas porções intermediária e superior da Formação Tamego.

- **Domínio DSP2** (Sequências Sedimentares Proterozoicas Dobradas, Metamorfizadas em Baixo a Médio Grau): Nesse domínio foram agrupadas rochas dos grupos Cuiabá e Novos Dourados (formações Mandioré e Córrego Palmital), da Unidade Amolar, e da subunidade sedimentar da Sequência Meta-vulcanossedimentar Rio Bacuri, diferenciadas em quatro unidades geológico-ambientais (Figura 4.136):

- **DSP2mqmtc** (Metarenitos, Quartzitos e Metaconglomerados): Corresponde aos terrenos sustentados pelas formações Mandioré e Córrego Palmital,

do Grupo Novos Dourados, e pelas subunidades com predominância de ortoquartzitos da Unidade Amolar.

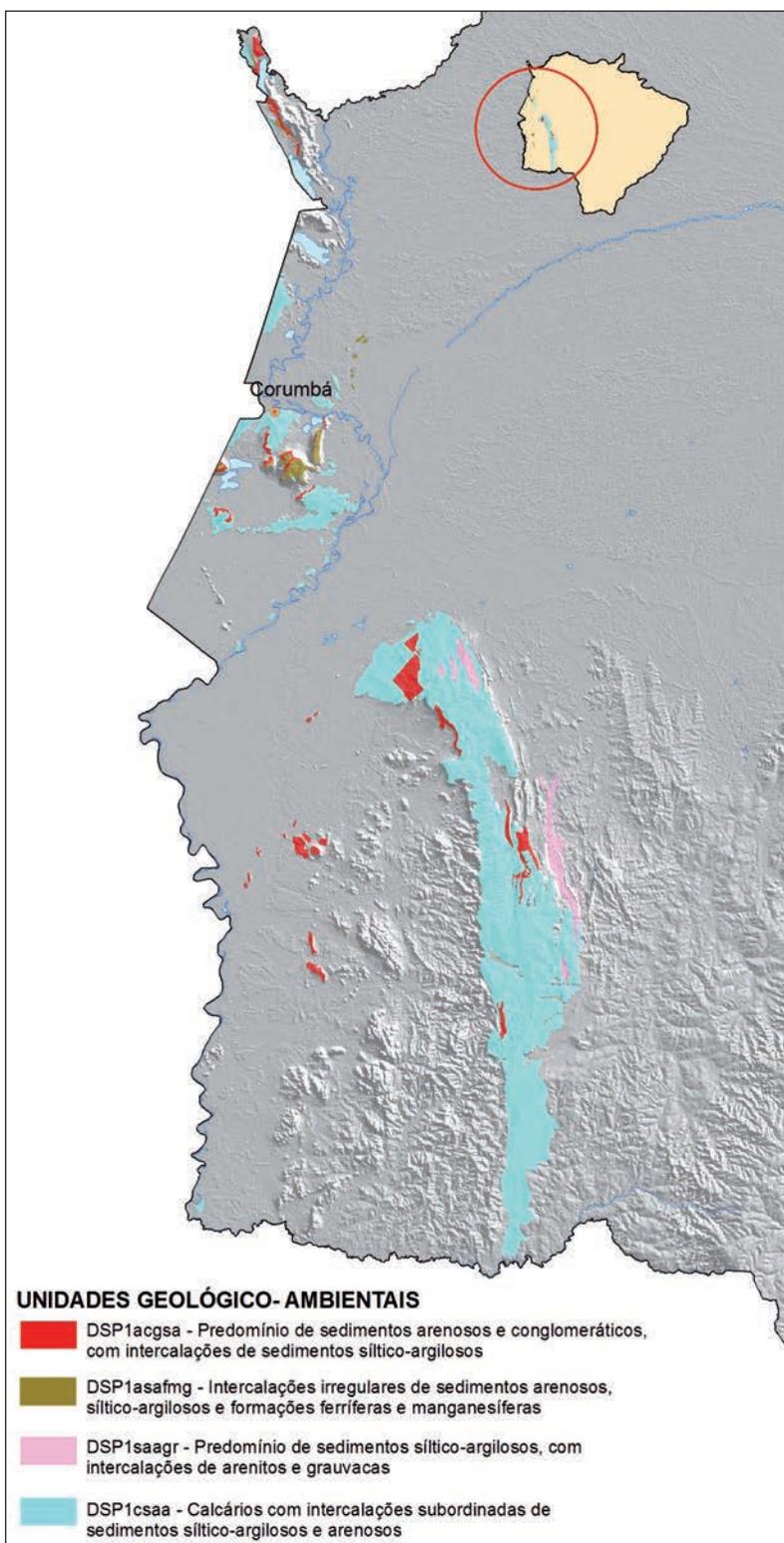


Figura 4.135 - Áreas de ocorrência das unidades geológico-ambientais do domínio DSP1 (coberturas sedimentares proterozoicas não ou muito pouco dobradas e metamorfizadas).

- **DSP2mqsafmg** (Predomínio de Metarenitos e Quartzitos, com Intercalações Irregulares de Metassedimentos Síltico-Argilosos e Formações Ferríferas ou Manganésíferas): Corresponde aos terrenos sustentados pelas unidades psamítica e conglomerática do Grupo Cuiabá.

- **DSP2sag** (Predomínio de Metassedimentos Síltico-Argilosos, com Intercalações de Matagrauvacas): Corresponde aos terrenos sustentados pela subunidade com predomínio de matagrauvacas, metarcóseos e metaconglomerados da Unidade Amolar, pelos xistos da subunidade sedimentar da Sequência Metavulcanossedimentar Rio Bacuri e pela unidade pelítica do Grupo Cuiabá.

- **DSP2mcsaa** (Predomínio de Metacalcários, com Intercalações Subordinadas de Metassedimentos Síltico-Argilosos e Arenosos): Corresponde aos terrenos sustentados pela unidade carbonática do Grupo Cuiabá.

- **Domínio DSVP2** (Sequências Vulcanossedimentares Proterozoicas Dobradas e Metamorfizadas de Baixo a Alto Grau): Corresponde aos terrenos sustentados pelas rochas do Grupo Alto Tererê e pela Sequência Metavulcanossedimentar Rio Bacuri (subunidade vulcânica e filitos hematíticos e quartzitos ferruginosos da subunidade sedimentar), diferenciados em quatro unidades geológico-ambientais (Figura 4.137):

- **DSVP2q** (Predomínio de Quartzitos): Corresponde aos terrenos sustentados pelos quartzitos do Grupo Alto Tererê.

- **DSVP2x** (Predomínio de Metassedimentos Síltico-Argilosos, Representados por Xistos): Corresponde aos terrenos sustentados pelas rochas psamopelíticas do Grupo Alto Tererê.

- **DSVP2vfc** (Metacherts, Metavulcânicas, Formações Ferríferas e/ou Manganésíferas, Metacalcários, Metassedimentos Arenosos e Síltico-Argilosos): Corresponde aos terrenos sustentados pelos filitos hematíticos e quartzitos ferríferos bandados da Sequência Metavulcanossedimentar Rio Bacuri.

- **DSVP2bu** (Predomínio de Rochas Metabásicas e Metaultramáficas): Corresponde aos terrenos sustentados pelas vulcânicas da Sequência Metavulcanossedimentar Rio Bacuri e do Grupo Alto Tererê.

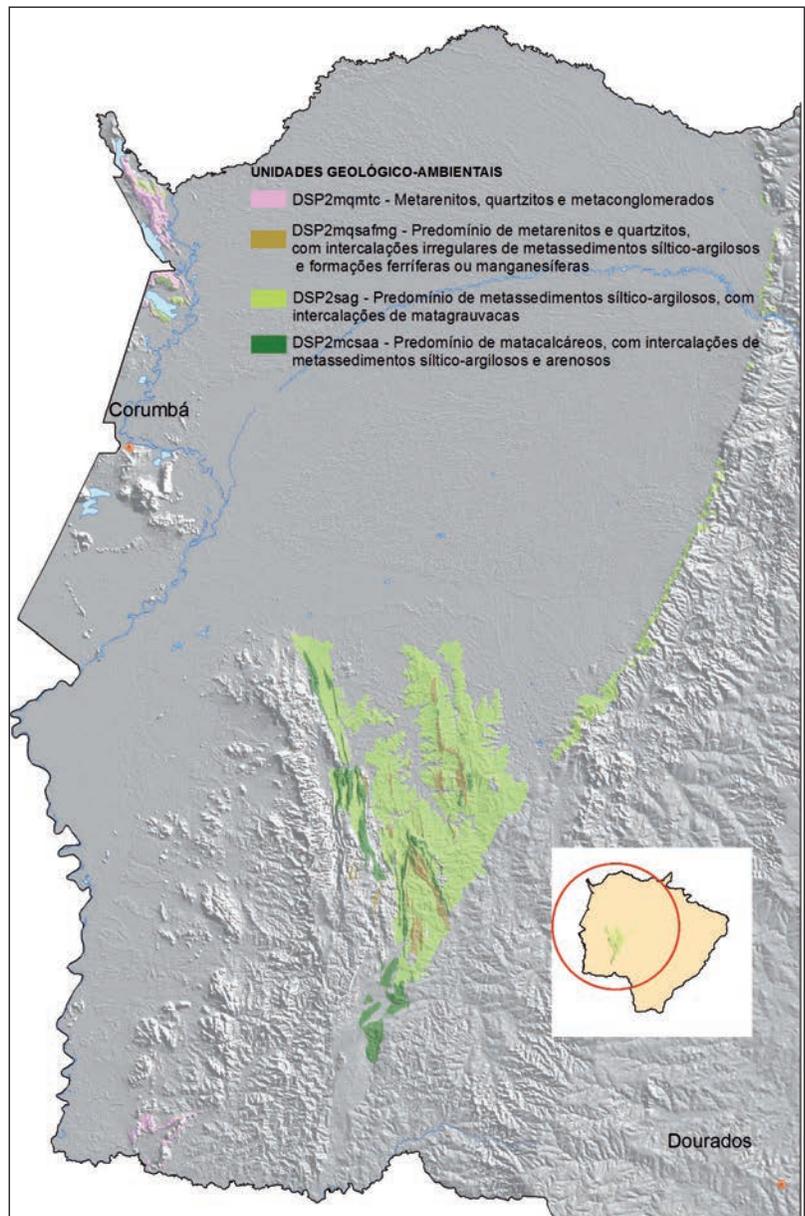


Figura 4.136 - Área de ocorrência das unidades geológico-ambientais do domínio DSP2 (sequências sedimentares proterozoicas dobradas, metamorfizadas em baixo a médio grau).

Características, Adequabilidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação

Obras de engenharia

Dentre as características comuns aos três domínios, que, independentemente de outras variáveis, fazem com que esses terrenos apresentem algumas particularidades também comuns em termos de adequabilidades e limitações a obras, destaca-se o fato de o substrato rochoso ser formado por litologias das mais diferentes e contrastantes características geotécnicas e hidráulicas, que, na maior parte das vezes, mudam bruscamente de uma litologia para outra, formando importantes des-

continuidades que facilitam os processos erosivos, as desestabilizações e o aparecimento de surgências de água em taludes de corte. Devido a essa variação litológica na vertical, escavações e perfurações podem alcançar litologias das mais variadas e contrastantes características geotécnicas.

Os diferentes graus de deformação e metamorfismo a que as rochas foram submetidas permitem diferenciar dois conjuntos com características e respostas geotécnicas diferentes:

- Os terrenos correspondentes ao Domínio DSP1 (Figura 4.135) foram os menos afetados pelas deformações. Estão menos tectonizados e as camadas se encontram pouco dobradas ou não-dobradas, mantendo-se horizontalizadas a sub-horizontalizadas (Figura 4.138), por isso, neles, as características geotécnicas e hidráulicas variam mais na vertical que na horizontal.

- Ao contrário, os terrenos correspondentes aos domínios DSP2 e DSVP2 (Figuras 4.136 e 4.137) foram os mais afetados pelas deformações. As camadas encontram-se inten-

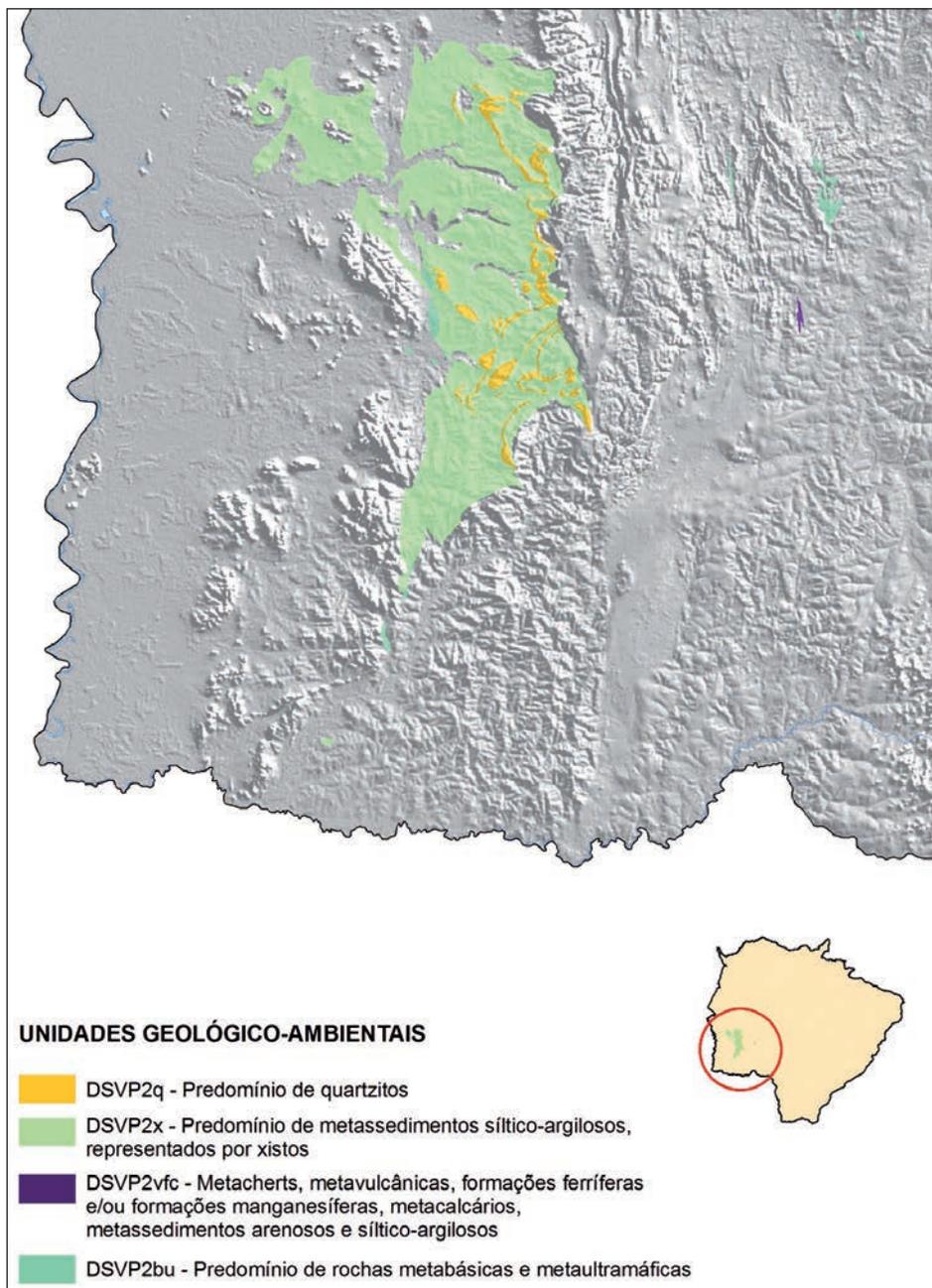


Figura 4.137 - Áreas de ocorrências das unidades geológico-ambientais do domínio DSVP2 (sequências vulcanossedimentares proterozoicas dobradas e metamorfizadas em baixo a alto grau).



Figura 4.138 - Morraria do Urucum, constituída, na base, pela unidade DSP1acgsa (formação Urucum) e, no topo, pela unidade DSP1asafmg (formação Santa Cruz), mostrando as camadas horizontalizadas sem deformação (Corumbá, MS).

samente deformadas e complexamente dobradas (Figura 4.139); por isso, as características geotécnicas e hidráulicas do substrato rochoso variam e contrastam bastante, tanto na vertical como na horizontal. Também, as rochas foram intensamente tectonizadas (Figura 4.140) e submetidas a metamorfismo em diferentes graus, por isso, são portadoras de muitas discontinuidades geomecânicas e hidráulicas relacionadas a falhas, fraturas e xistosidade. Em consequência, nesses terrenos, o risco de desestabilização e de aparecimento de surgências de água em taludes de corte, assim como de contaminação das águas subterrâneas, é grande, uma vez que tais discontinuidades se constituem em planos percolativos, característica a ser considerada em caso de obras enterradas para armazenamento ou circulação de substâncias poluentes. Como são diferentemente

dobradas, o mergulho das camadas pode variar, de local para local, de verticalizado a horizontalizado, fator a ser considerado na execução de escavações, pois mergulhos desfavoráveis ao corte podem levar à desestabilização dos taludes. Além disso, como a profundidade do substrato rochoso é bastante irregular, a execução de obras lineares nesses terrenos exige grande número de ensaios geotécnicos de materiais coletados de várias profundidades e em malha pouco espaçada, pois dados pontuais têm pouca representatividade lateral e vertical, o que eleva os custos, tanto na fase de planejamento como na de execução das obras.

Além das características e implicações geotécnicas retromencionadas, outras, a seguir descritas são decorrentes das diferenciações litológicas e das formas de relevo.



Figura 4.139 - Metacalcários da unidade DSP2mcsaa, no caso, do grupo Cuiabá, intensamente dobrados e falhados, com fraturas preenchidas por calcita (Bonito, MS).



Figura 4.140 - Metarenitos da unidade DSP2mqsafmg, no caso, do grupo Cuiabá, intensamente fraturados e deformados, com planos de foliação subverticalizados (Bodoquena, MS).

- Terrenos com predomínio de rochas arenosas (arenitos, metarenitos e quartzitos)

- Nesses terrenos, predominam litologias à base de quartzo, mineral bastante duro e abrasivo (Figura 4.141). Essas rochas, quando frescas, oferecem resistência à escavação e à perfuração por sondas rotativas, o que implica desgaste rápido das brocas e risco de quebrá-las.

- O quartzo é também um mineral de baixa resistência ao cisalhamento, quebrando-se com facilidade quando submetido a tensão, o que faz com que essas rochas, geralmente, encontrem-se densamente fraturadas em várias direções. Em consequência, são rochas bastante percolativas e se desestabilizam com facilidade quando escavadas e expostas em talude de corte (soltam blocos condicionados pelos planos de fraturas). Embora o quartzo seja um mineral de alta resistência ao intemperismo físico-químico, quando bem preservado do intemperismo apresenta boa capacidade de suporte.

- Dentre as variações litológicas, é comum a existência de conglomerados nas unidades DSP1acgsa e DSP2mqmtc (Figura 4.141), rochas de comportamento geomecânico bastante heterogêneo, geralmente compostos de seixos de rochas à base de quartzo, por isso, bastante abrasivos, de alto grau de dureza e alta resistência ao corte e à penetração, difíceis para cravar estacas e de serem perfurados.

- Na Unidade DSP2mqsafmg (Figura 4.141), existem intercalações de sedimentos síltico-argilosos que são associações de litologias de características geomecânicas muito diferentes, o que potencializa as desestabilizações em taludes de corte. Além disso, esses litotipos síltico-argilosos quase sempre são portadores de grande quantidade de veios de quartzo das mais variadas espessuras que, além de serem muito duros e abrasivos, formam descontinuidades geomecânicas importantes e, quando desagregados, formam uma cobertura de cascalho inconsolidada difícil de ser escavada e de se cravar estacas.

- Onde o relevo é mais favorável à morfogênese que à pedogênese, caso das áreas de relevo mais movimentado, classificados como montanhoso, morros e serras baixas e *inselbergs* (Figura 4.142), é mais lógico que o substrato rochoso endurecido aflore em vários locais e que os solos sejam rasos, portanto, são terrenos problemáticos a escavações e perfurações (Figura 4.143).

- São áreas de declives acentuados. Como as rochas arenosas costumam ser bastante fraturadas, o potencial para movimentos de massa é alto, especificamente no caso das áreas onde quartzitos densamente fraturados em várias direções sustentam estreitas cristas alongadas com vertentes declivosas (Figura 4.142).

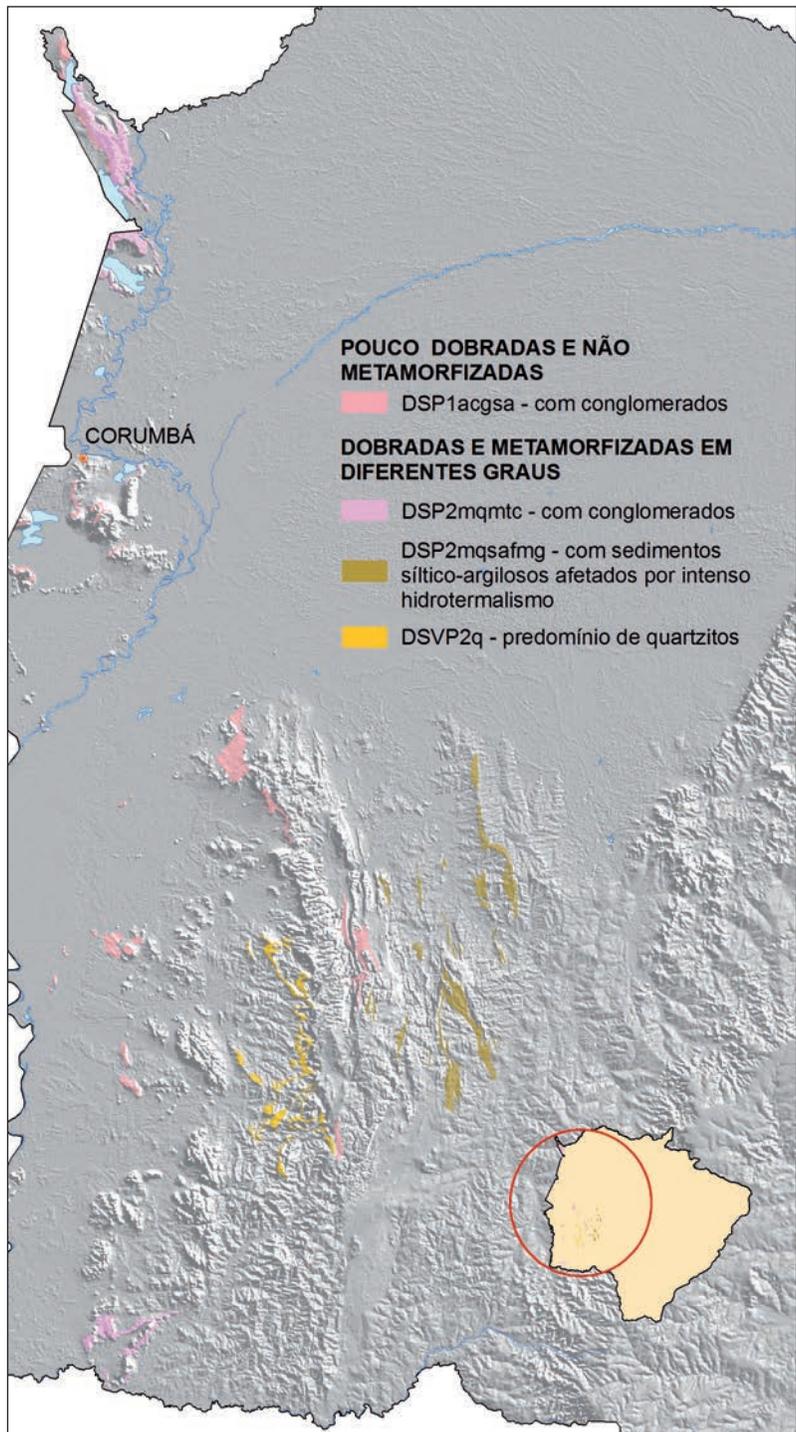


Figura 4.141: Área de ocorrência dos terrenos com predomínio de rochas arenosas (arenitos, metarenitos e quartzitos).

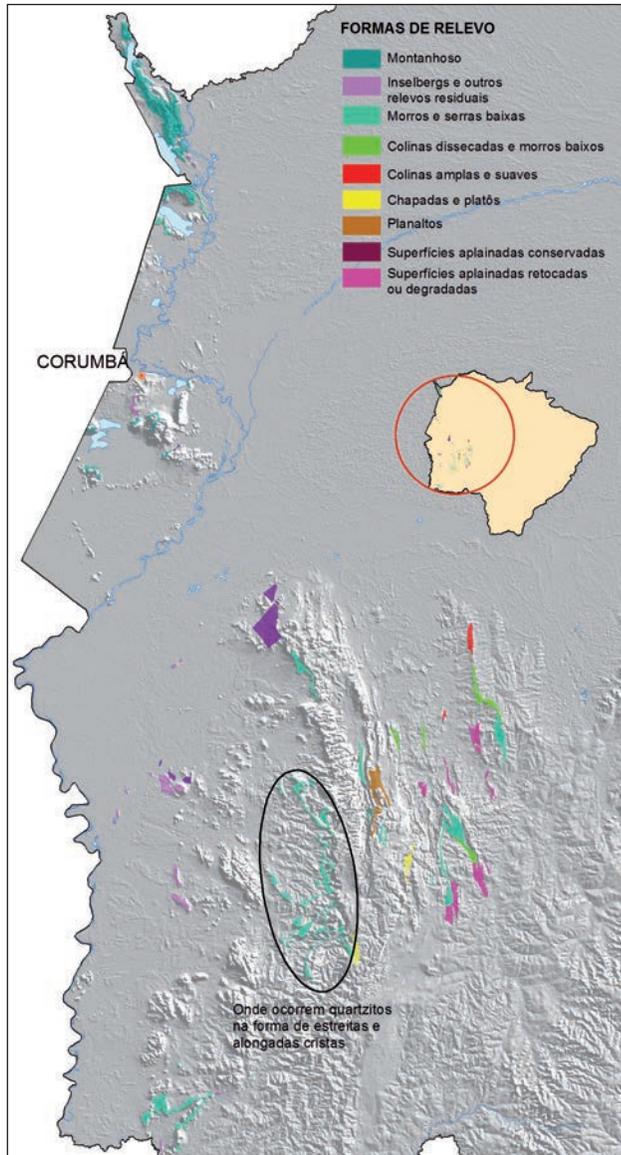


Figura 4.142 - Formas de relevo dos terrenos onde predominam rochas arenosas (arenitos, metarenitos e quartzitos).

- Em todas essas áreas de relevo movimentado, destaca-se que o escoamento superficial é rápido e sujeito a formar enxurradas de alto potencial erosivo e destruidor de obras. Como são áreas de declives e amplitudes de relevos acentuados, em caso de implantação de obras viárias ou de infraestrutura urbana, haverá necessidade de execução de altos taludes de corte e transposição de muitos canais de drenagens.
- As áreas de relevo suave ondulado a aplainado, classificadas como planaltos, chapadas e platôs, colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas (Figura 4.142), são de baixas declividades, amplitudes de relevo e densidade de drenagem. Portanto, são terrenos estabilizados, com baixos potenciais para erosão hídrica e movimentos naturais de massa; na implantação de infraestrutura, não exigirão cortes profundos nem muitas obras de transposição de drenagem.



Figura 4.143 - Aspecto do solo raso e pedregoso da unidade DSVP2q, sustentada por cristas alongadas de metarenito do grupo Alto Tererê, bastante fraturado e penetrado por veios de quartzo (Porto Murtinho, MS).

Além disso, são áreas favoráveis à pedogênese, por isso, o manto de intemperismo deve ser profundo e de fácil escavabilidade e penetração. Por outro lado, tais características favorecem os processos de lixiviação e arenização rápida desses solos. Por serem arenosos, são bastante erosivos, não se prestando à utilização como material de empréstimo para aterros ou outras obras desprovidas de revestimento. Entretanto, podem ser usados como saibro para revestimentos de estradas, antipó ou como um dos elementos para compor agregados.

- Terrenos com predomínio de rochas calcárias com intercalações subordinadas de sedimentos síltico-argilosos e arenosos
 - Nesses terrenos predominam rochas calcárias cuja mineralogia é à base de carbonatos, minerais de baixa resistência ao intemperismo químico, que se dissolvem com facilidade pela ação das águas das chuvas (Figura 4.144). São rochas, geralmente, bastante fraturadas (Figura 4.145). Em consequência, apresentam porosidade e permeabilidade secundárias elevadas, são bastante percolativas e com potencial para existência de cavidades dos mais diversos tamanhos e para ocorrência de rios subterrâneos.
 - Essas cavidades podem estar interligadas à superfície por meio de dolinas (Figuras 4.146 e 4.147) e sumidouros d'água e sofrerem desmoronamentos subterrâneos (colapsos), que refletem em abatimentos na superfície. Isso significa que uma obra locada nas imediações ou sobre essas cavidades estará sujeita a problemas de várias magnitudes, desde trincamentos de paredes até afundamento total da obra, assim como as obras viárias (Figura 4.148), principalmente se destinadas a tráfego pesado, pois a vibração gerada por caminhões de grande porte pode desencadear desmoronamento de cavidades.

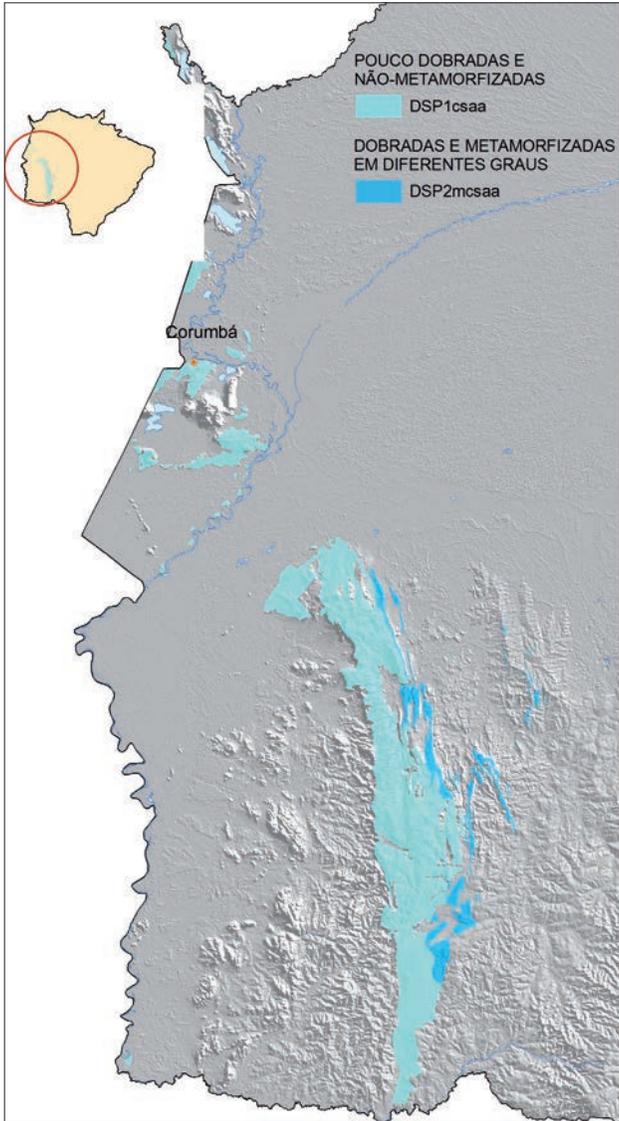


Figura 4.144 - Área de ocorrência dos terrenos com predomínio de rochas calcárias com intercalações subordinadas de sedimentos siltico-argilosos e arenosos.



Figura 4.146 - Dolina em terrenos da unidade DSP1csaa, no caso, correspondente aos calcários da formação Bocaina (Bonito, MS).

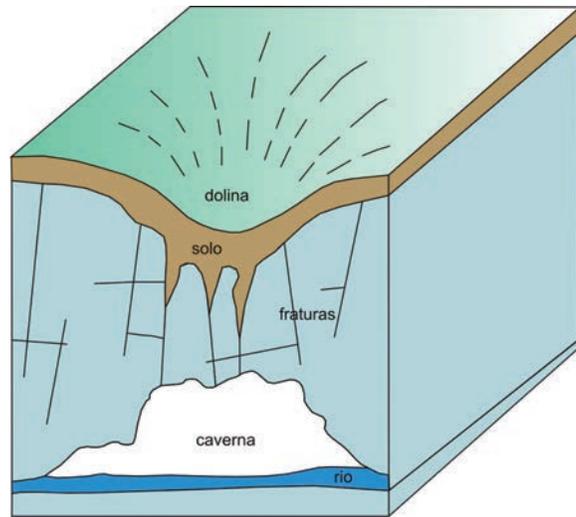


Figura 4.147 - A formação de dolinas (buracos na superfície) está ligada à migração do solo para cavidades, daí a fragilidade desses terrenos frente a qualquer obra.



Figura 4.145 - Fraturamento em rochas calcárias que ocorrem na unidade DSP1csaa, nesse caso, da formação Bocaina (Ladário, MS).



Figura 4.148 - Desmoronamento na superfície devido à existência de cavidades na unidade DSP1csaa, no caso, correspondente aos calcários da formação Bocaina (Bonito, MS).

- Pelas fraturas, dolinas e sumidouros de drenagem, poluentes podem se infiltrar e alcançar rapidamente o lençol subterrâneo; portanto, nas proximidades ou sobre essas feições, deve-se ter cuidados especiais com todas as fontes potencialmente poluidoras e com obras destinadas ao armazenamento ou circulação de substâncias poluentes. Além disso, essas feições se constituem em locais de fuga de água, o que deve ser considerado na escolha dos terrenos para locação de barragens para represamentos de água.

- As áreas de relevos mais movimentados, como montanhoso, *inselbergs*, morros e serras baixas (Figura 4.149), são as mais favoráveis a que o substrato rochoso aflore ou se situe a baixas profundidades, portanto, com maior possibilidade de o poluente se infiltrar via fraturas. Além disso, são áreas que oferecem resistência a escavações e perfurações e, em sua maior parte, poderá ser necessário o uso de explosivos. Nesses tipos de relevo, o escoamento superficial é rápido e sujeito a formar enxurradas de alto potencial erosivo e destruidor de obras. As declividades são acentuadas e há muitos locais

com quebras abruptas de declives, com alto potencial de movimento natural de massa e sujeitos a desprendimento de blocos. Em caso de implantação de obras de infraestrutura urbana ou viária, haverá necessidade de se executar taludes de corte profundos e transpor muitos canais de drenagem.

- Calcários são rochas que se alteram de modo bastante diferenciado, por isso, a profundidade do substrato rochoso costuma ser irregular. Mesmo onde os solos são profundos e bem evoluídos, como é de se esperar nas áreas de relevo suave ondulado a aplainado, classificadas como planaltos, chapadas e platôs, colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas (Figura 4.149), de modo aleatório pode ocorrer, em meio ao solo, afloramentos rochosos isolados ou concentrados e bem preservados da alteração (Figuras 4.150 e 4.151). Tal característica pode dificultar e encarecer as obras que envolvem escavações e perfurações (Figura 4.152), provocar rolamentos de blocos e matacões em taludes de corte ou até desestabilizar fundações de obras se estas se apoiarem parcialmente sobre blocos e matacões.

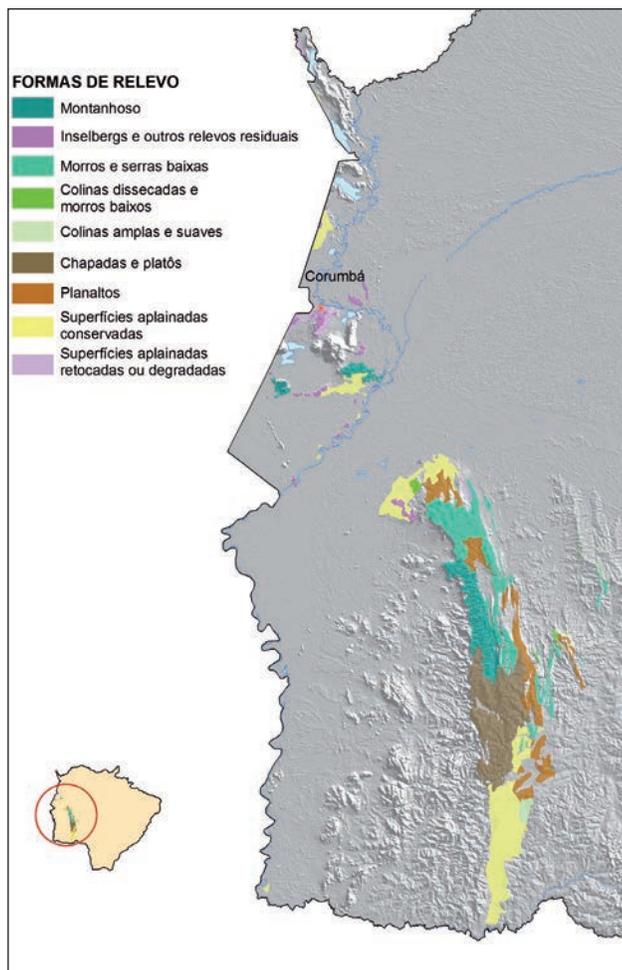


Figura 4.149 - Formas de relevo dos terrenos onde predominam rochas calcárias com intercalações subordinadas de sedimentos siltico-argilosos e arenosos.



Figura 4.150 - Terrenos de relevo suave ondulado sustentados pela unidade DSP1csaa, no caso, calcários da formação Bocaina, onde se expõem na superfície lajeados de calcários em meio a solo vermelho, argiloso e profundo (Bonito, MS).



Figura 4.151 - Terrenos de relevo plano (unidade DSP2mcsaa), onde afloram, em meio ao solo profundo, blocos e matacões de metacalcários do grupo Cuiabá (Bodoquena, MS).



Figura 4.152 - Escavações para implantação de obras enterradas na cidade de Corumbá. Apesar de o relevo ser aplainado, onde se espera solo profundo, o substrato rochoso constituído por calcário aflora ou situa-se a baixas profundidades (unidade DSP1 csaa, no caso, calcários da formação Bocaina).

- Como características positivas desses terrenos de relevo aplainado a suave ondulado, o potencial erosivo e de movimentos naturais de massa é baixo, a densidade de drenagem é baixa e, na maior parte dos terrenos, o manto de alteração é profundo e de baixa resistência ao corte e à penetração. Isso significa que são de fácil escavabilidade e que, na implantação de infraestrutura urbana ou viária, não haverá necessidade de execução de taludes de cortes profundos nem muitas obras de transposição de drenagem.

- Rochas calcárias se alteram para solos com textura similar à das argilas; a maior parte das litologias que nelas se intercalam se altera para solos argilosos, portanto, excessivamente aderentes e escorregadios quando molhados; quando secos, entram facilmente em suspensão. Deve-se considerar que obras que envolvem escavações e movimentação de terra em períodos de chuvas enfrentarão problemas com emplastamento excessivo de ferramentas e maquinários, além de as vias não-pavimentadas se tornarem escorregadias, enquanto, nos períodos secos, ficam muito poeirentas.

- Pelo modo de alteração das rochas calcárias e possibilidade de ocorrer cavidades, recomenda-se que qualquer obra sobre esses terrenos sejam precedidas de estudos

geotécnicos com sondagens com malha bem adensadas, complementados com estudos geofísicos.

- Como aspecto positivo, destaca-se que rochas calcárias apresentam boas características físico-químicas para utilização como brita. Os solos delas derivados são pouco permeáveis, básicos, de baixo potencial corrosivo, de alta capacidade de compactação, baixa erosividade natural e alta reatividade química, constituindo-se em bom material de empréstimo, inclusive para utilização como barreiras de contenção de elementos químicos.

- Terrenos com predomínio de rochas síltico-argilosas, xistificadas e não-xistificadas

- Esses terrenos têm em comum o fato de serem sustentados, principalmente, por litologias à base de minerais micáceos isorientados (Figura 4.153).

- Alteram-se para solos argilosos ou argilossiltosos, bastante aderentes e escorregadios quando molhados; quando secos, entram facilmente em suspensão. Assim, é desaconselhável a execução de obras de grande porte nos períodos chuvosos, pois haverá problemas com emplastamento e aderência de ferramentas e maquinários, além de as vias não-pavimentadas se mostrarem escorregadias, enquanto se tornam, nos períodos secos, muito poeirentas.

- Apresentam muitas superfícies planares, que se constituem em planos de alta fissibilidade que facilitam a percolação de fluidos e os processos erosivos. Também são favoráveis a que deles soltem placas quando se efetuam cortes desfavoráveis ao mergulho desses planos ou se a água da chuva escorre paralelamente a eles.

- Apresentam cerosidade elevada, o que dificulta a perfuração com sondas rotativas, pois pode prender as sondas ou fazê-las “patinar”.

- Os solos pouco evoluídos de rochas filíticas e xistosas são muito micáceos e costumam ser portadores de argilominerais expansivos; nesse caso, erodem bastante se expostos à concentração das águas pluviais, tornando-se inadequados para utilização como material de empréstimo. Tal característica não foi considerada na construção de estradas, quando se retirou material de suas laterais para os aterros, expondo horizontes de solos expansivos. Assim, em muitos locais, instalaram-se processos erosivos tão significativos quanto os encontrados em terrenos arenosos (Figura 4.154). Já quando a pedogênese é avançada, apresentam baixa erosividade natural, boa capacidade de compactação e mantêm boa estabilidade em taludes de corte.

- Nas unidades DSP2sag e DSVP2x (Figura 4.153), os sedimentos encontram-se densamente penetrados por veios de quartzo de várias espessuras (Figura 4.155). A desagregação desses veios forma, em diversos locais, uma cascalheira com mais de 50 cm de espessura, com alta concentração de fragmentos de quartzo (Figura 4.156), material bastante abrasivo e problemático para escavação, assim como para perfuração com sondas rotativas.

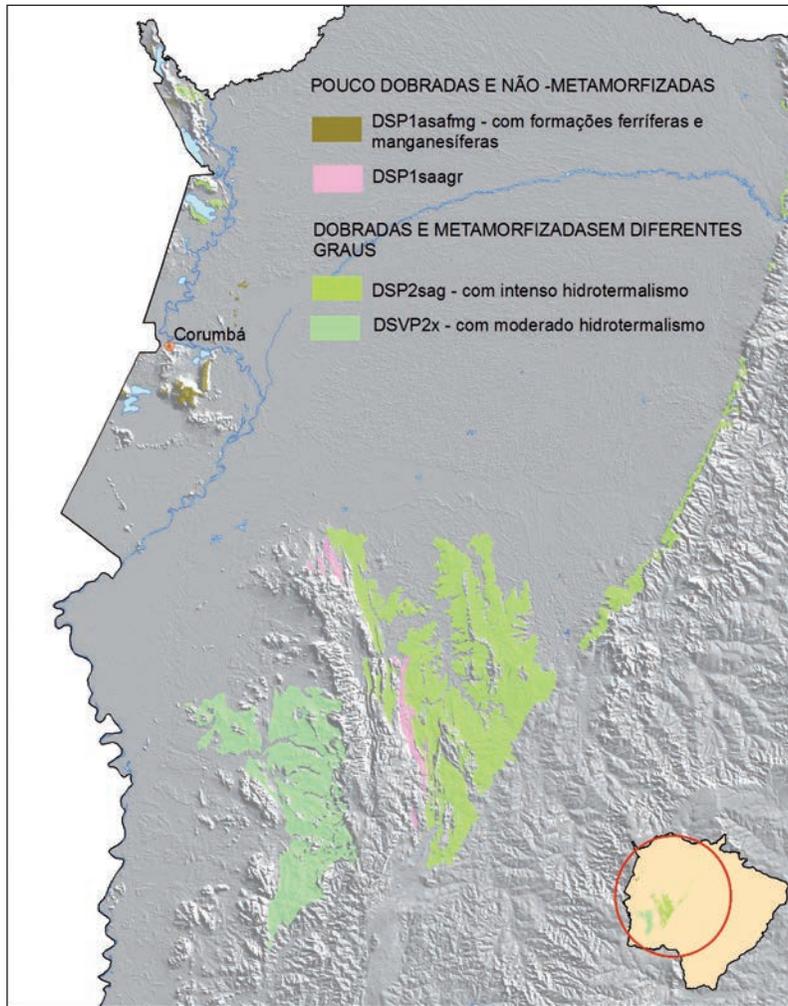


Figura 4.153 - Área de ocorrência dos terrenos com predomínio de rochas siltico-argilosas, xistificadas e não-xistificadas.

- Na Unidade DSP1asafmg (Figura 4.153), ocorrem sedimentos portadores de formações ferríferas, portanto, é grande a possibilidade de que o manto de alteração seja bastante ácido e corrosivo, embora tais sedimentos ocorram em áreas de relevo montanhoso, onde o solo não é muito profundo.

- Nas áreas de relevo movimentado, como montanhoso, *inselbergs*, morros e serras baixas, degraus estruturais e escarpas (Figura 4.157), o escoamento superficial é rápido, sujeito a enxurradas de alto potencial erosivo e destruidor de obras; como os declives são acentuados, na implantação de infraestrutura viária haverá necessidade de se executar cortes e aterros muito altos em materiais geotecnicamente problemáticos.

- Em áreas de relevos suavizados aplainados, classificados como planalto, superfícies aplainadas, chapadas e platôs e colinas amplas e suaves (Figura 4.157), como a pedogênese prevalece sobre a morfogênese, o manto de intemperismo costuma ser mais profundo e, desde que não exista cobertura quartzosa, é de fácil escavabilidade e penetração. Além disso, os declives e a densidade de drenagem são baixos, o que facilita a implantação de qualquer tipo de infraestrutura viária (não há necessidade de grandes obras para transpor canais de drenagem nem aterros e altos taludes de corte) e o potencial de movimentos naturais de massa é baixo.



Figura 4.154 - Processo erosivo induzido pela exposição de solo pouco evoluído oriundo de quartzo-xistos do grupo Cuiabá (unidade DSP2sag), exibindo feições de empastilhamento, o que sugere a presença de argilominerais expansivos (Aquidauana, MS)



Figura 4.155 - Unidade DSP2sag, no caso, constituída por xistos do grupo Cuiabá, recortado por veios de quartzo tanto concordantes como discordantes da xistosidade e de várias espessuras (Aquidauana, MS).



Figura 4.156 - Cascalheira à base de fragmentos de quartzo malselecionados e com diferentes graus de arredondamento oriundos do intenso hidrotermalismo que afetou rochas da unidade DSP2sag, no caso, os xistos do grupo Cuiabá (Miranda, MS).

- Em áreas onde o relevo é de morros e serras baixas (Figura 4.158), há muitas parcelas sujeitas a movimentos naturais de massa e com escoamento superficial rápido que forma enxurradas de alto potencial erosivo e destruidor de obras. Nelas, há muitos locais com declives e amplitudes altas e com solo pouco espesso. Caso sejam destinadas à implantação de obras viárias, haverá necessidade de transpor muitos canais de drenagens e de se executar aterros e cortes de talude altos. Já nas áreas de relevo aplainado (Figura 4.158), as declividades são baixas, assim como o potencial de movimentos naturais de massa e de erosão hídrica é baixo. Nelas, é de se esperar solo mais profundo e bem evoluído, por isso, de fácil escavabilidade; no caso de implantação de obras viárias, não haverá necessidade de transpor muitos canais de drenagens nem de executar aterros e altos taludes de corte.

• Terrenos com predomínio de rochas metabásicas

Destacam-se as seguintes particularidades de interesse geotécnico desses terrenos (Figura 4.158):

- As rochas metabásicas exibem textura variando de xistosa a não-xistosa, por isso, apresentam características geotécnicas bastante heterogêneas. Por outro lado, apresentam boa resistência à compressão e boa capacidade de suporte.

- Apresentam baixa resistência ao intemperismo químico e se alteram de forma bastante diferenciada. Em consequência, são terrenos onde a profundidade do substrato rochoso é bastante irregular e mesmo onde os solos são profundos e bem evoluídos, pode haver, aleatoriamente distribuídos, blocos e matacões de rochas frescas, os quais podem dificultar a execução de escavações e perfurações, além de se movimentarem quando expostos em taludes de corte ou desestabilizar obras cujas fundações se apoiarem parcialmente sobre eles.

- São rochas que se alteram para solos argilosos e contêm minerais que, no início do processo, transformam-se em argilominerais expansivos que, se submetidos à variação de grau de umidade, sofrem o fenômeno da alternância dos estados de expansão e contração. Por isso, solos com pedogênese pouco avançada não se prestam como material de empréstimo para obras em que podem ficar expostos às oscilações dos estados úmido e seco. Por outro lado, os solos, quando bem evoluídos, são de baixa erosividade natural e apresentam boa capacidade de compactação e boa estabilidade em talude de corte.

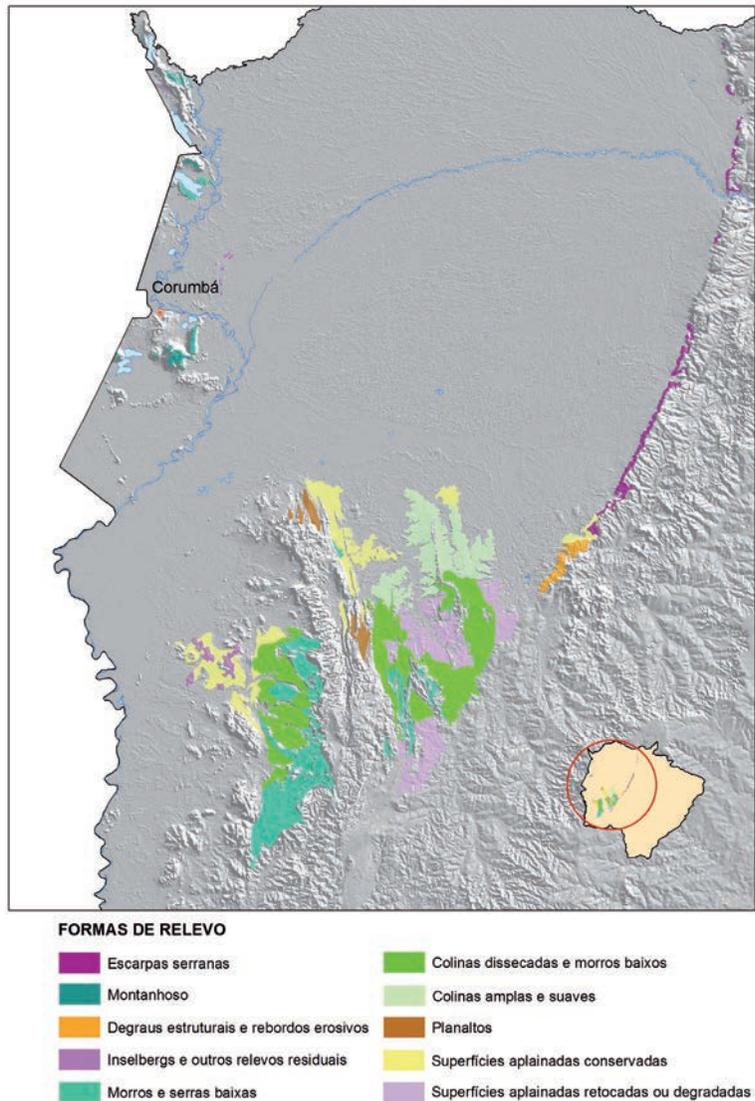


Figura 4.157 - Formas de relevo dos terrenos onde predominam rochas sílico-argilosas, xistificadas e não-xistificadas.

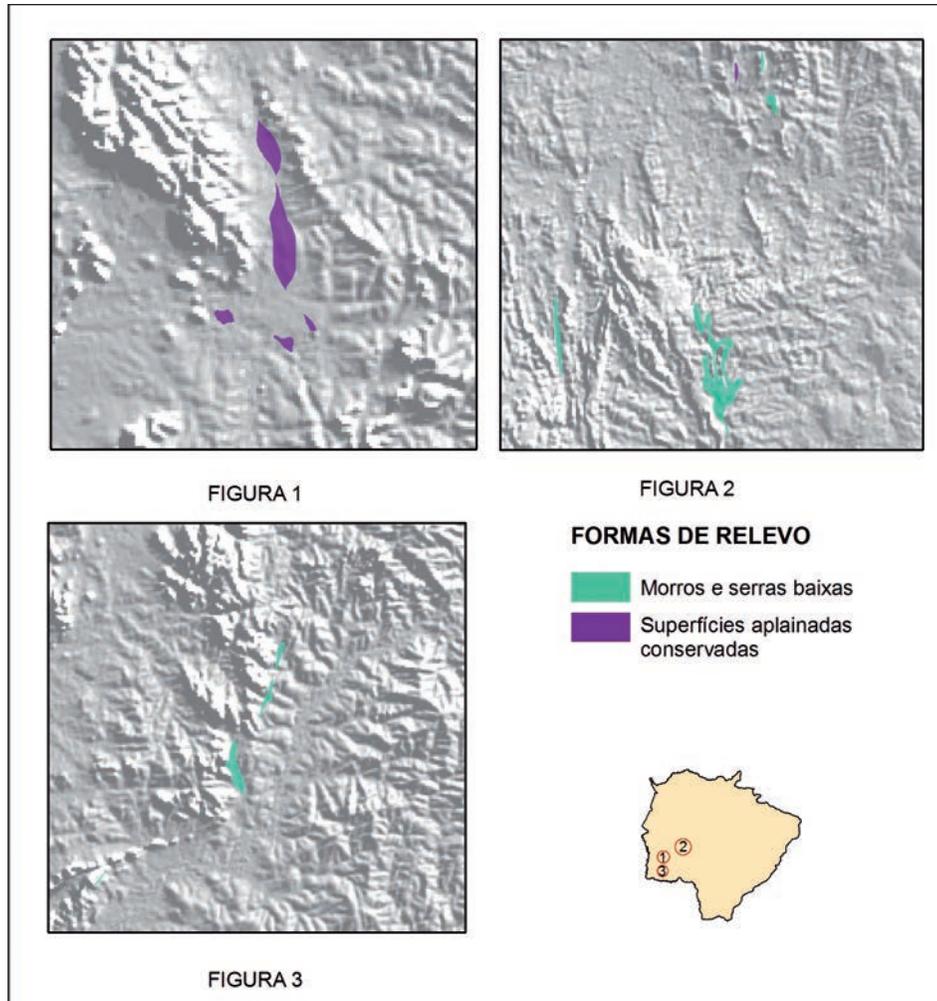


Figura 4.158 - Área de ocorrência dos terrenos com predomínio de rochas metabásicas e formas de relevo associadas.

Agricultura

No planejamento do uso agrícola, deve-se levar em conta que todos os terrenos agrupados nesses três domínios têm em comum o fato de serem sustentados por diversos tipos de litologias. Isso significa que as características dos solos podem variar bastante de região para região, ou mesmo de local para local, dependendo de qual das litologias predomina e é aflorante.

Essa variação se acentua nas áreas onde as sequências se encontram bastante deformadas, dobradas, como no caso das áreas correspondentes aos domínios DSP2 (Figura 4.136) e DSPV2 (Figura 4.137) e se mantêm um pouco mais homogêneas onde as sequências se encontram pouco deformadas e os estratos são sub-horizontalizados, como no domínio DSP1 (Figura 4.135). Além disso, há de se considerar, para as sequências bastante deformadas, que tais variações ocorrem independentemente do tipo de relevo associado (Figura 4.159). Já para os terrenos pouco deformados, onde o relevo é mais suavizado, há maior homogeneidade das características do solo na horizontal (Figura 4.160).

Outra particularidade importante é que se trata de terrenos cujo sistema de drenagem escoar para o Pantanal, característica indicativa de que cuidados especiais devem ser tomados no sentido de evitar que poluentes agrícolas cheguem até os cursos d'água.

A seguir destacam-se as particularidades pedogenéticas/agrícolas decorrentes das predominâncias litológicas e das formas de relevo.

- Terrenos com predomínio de rochas arenosas (arenitos, metarenitos e quartzitos)
 - Trata-se de rochas que se alteram para solos areno-quartzosos, liberando poucos nutrientes, por isso, os solos delas residuais são de baixa fertilidade natural, excessivamente ácidos e erosivos. Tais solos, por serem à base de quartzo, apresentam baixa capacidade para reter e fixar elementos e assimilar matéria orgânica; geralmente, são bastante permeáveis, por isso, difíceis de serem corrigidos, pois, quando adubados, não fixam os nutrientes. Também apresentam baixa capacidade hídrica, ou seja, quando chove ou são irrigados, quase não retêm água, o que os

torna inadequados para culturas de ciclo curto e para plantas de raízes curtas (Figura 4.141).

- Nas unidades DSP1acgsa e DSP2mqmtc (Figura 4.141), as rochas arenosas estão associadas a conglomerados, portanto, em algumas regiões, os solos podem apresentar problemas de pedregosidade alta.

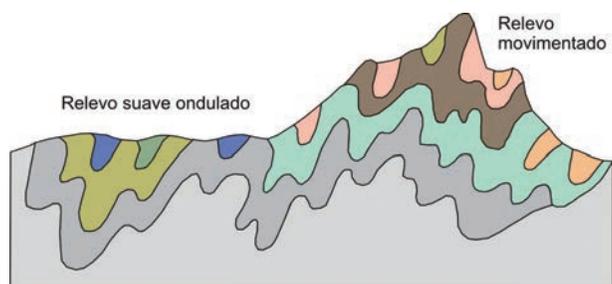


Figura 4.159 - Perfil de um terreno onde as camadas de diferentes litologias encontram-se bastante dobradas; nesse caso, há grande variação do solo na lateral, independentemente do tipo de relevo.

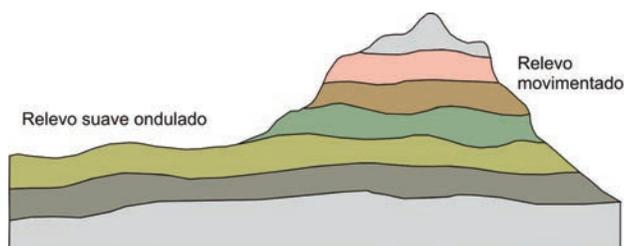


Figura 4.160 - Perfil de um terreno onde as camadas de diferentes litologias encontram-se horizontalizadas; nas áreas de relevo mais suavizado, há maior homogeneidade do solo na lateral.

- Na Unidade DSP2mqsafmg (Figura 4.141), as rochas foram afetadas por intenso hidrotermalismo sob a forma de veios de quartzo, o que resultou, também em muito locais, na existência de uma cobertura espessa de cascalho à base de fragmentos de quartzo que muito dificulta, ou até inviabiliza, o uso agrícola desses terrenos.

- Rochas à base de quartzo apresentam alta resistência ao intemperismo físico-químico, por isso, são terrenos onde geralmente os solos são pouco espessos; especialmente nas áreas onde o relevo é movimentado, caso dos montanhosos, *inselbergs* (Figura 4.142), por serem desfavoráveis à pedogênese, devem predominar solos rasos e com problemas de rochosidade ou de pedregosidade elevada. Nesses tipos de relevo, além da má qualidade físico-química dos solos, o potencial de erosão hídrica é alto e os declives são acentuados, com muitas porções com severas limitações ao uso de implementos agrícolas motorizados ou até impeditivos à prática agrícola.

- Nas áreas onde o relevo é bastante irregular, caso das áreas classificadas como morros e serras baixas e colinas dissecadas e morros baixos (Figura 4.142), os processos pedogenéticos se desenvolvem de forma bastante diferenciada; portanto, é provável que nessas regiões

os solos apresentem grandes diferenciações locais de espessura e de características físico-químicas. Além do potencial erosivo natural dos solos, são áreas com alto potencial de erosão hídrica. Em boa parte dos terrenos, os declives acentuados dificultam o uso de implementos agrícolas motorizados.

- Já as áreas em que os relevos são bastante suavizados a aplainados, caso dos planaltos, chapadas e platôs, colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas (Figura 4.142), são favoráveis ao desenvolvimento da pedogênese, portanto, é mais lógico que os solos sejam profundos e bem evoluídos e de fácil escavabilidade. Nelas, os declives e amplitudes de relevo são baixos, assim como é baixo o potencial de erosão hídrica, não havendo impedimentos ao uso de implementos agrícolas motorizados. Por outro lado, tais características de relevo são favoráveis aos processos de arenização rápida dos solos arenosos pela lixiviação das águas das chuvas. Por isso, na ocupação agrícola desses terrenos deve-se evitar deixar os solos descobertos por períodos prolongados, sendo mais recomendável a agricultura de ciclo longo.

- Terrenos com predomínio de rochas calcárias com intercalações subordinadas de sedimentos síltico-argilosos e arenosos e rochas metabásicas

Como particularidades comuns, que levaram a descrever para fins de planejamento agrícola esses diferentes litotipos em conjunto, destacam-se (Figuras 4.144 e 4.158):

- Independentemente de outras variáveis, rochas calcárias se alteram para solos com textura similar à das argilas e rochas metabásicas se alteram para solos argilosos, básicos, liberando bastante cálcio e magnésio. Isso significa que os solos residuais derivados dessas rochas, quando pouco evoluídos, costumam apresentar boa fertilidade natural, são pouco permeáveis, geralmente de alta reatividade química, em especial os derivados de rochas calcárias, por isso, costumam apresentar boa capacidade de reter e fixar nutrientes e de assimilar matéria orgânica. Respondem muito bem à adubação e, quando profundos, retêm poluentes, evitando que as águas subterrâneas sejam contaminadas. São bastante porosos, portanto, de boa capacidade hídrica; mantêm boa disponibilidade de água para as plantas por longo tempo dos períodos secos, ou seja, não precisam ser frequentemente irrigados. Por outro lado, solos argilosos, se submetidos a mecanização excessiva ou pisoteados pelo gado, compactam-se, formando uma camada endurecida e altamente impermeável, logo abaixo da camada superficial. Tal fenômeno, conhecido como "pé-de-grade", faz com que, durante períodos de fortes chuvas concentradas ou quando excessivamente irrigados, a camada superficial (mais porosa) fique saturada em água; como a água não penetra na camada abaixo, ela é removida facilmente por erosão laminar, causando a perda da camada de solo agrícola e o empobrecimento do solo, além de reduzir o potencial de infiltração do terreno, que já é baixo natu-

ralmente. Outro fator a considerar é que solos argilosos, quando molhados, são bastante aderentes e podem se tornar problemáticos para mecanização em épocas de chuvas; quando secos, entram facilmente em suspensão, ou seja, levantam poeira durante o processo de aragem.

- Já a erosividade natural de solos argilosos é uma variável dependente da evolução pedogenética, especialmente no caso de solos residuais de metabásicas. Tais rochas são portadoras de olivina, mineral que, no início do processo de alteração, transforma-se em argilominerais expansivos. Estes, se submetidos à variação de grau de umidade, sofrem o fenômeno da alternância dos estados de expansão e contração. Assim, os solos com pedogênese pouco avançada, em função da existência do argilomineral, tornam-se bastante erosivos se expostos à alternância dos estados úmido e seco. Ao contrário, quando bem evoluídos, apresentam baixo potencial erosivo.

- Tanto as rochas calcárias como as metabásicas apresentam baixa resistência ao intemperismo físico-químico e se alteram de modo bastante diferenciado. Isso significa que predominam solos, em geral, profundos e bem evoluídos. Entretanto, deve-se considerar que, como essas rochas se alteram de modo bastante irregular, a profundidade do substrato rochoso também é bastante irregular; mesmo onde o solo é profundo e bem evoluído – caso das chapadas e platôs, planaltos, colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas conservadas ou degradadas (Figuras 4.149 e 4.158) –, pode haver rochas duras na forma de blocos ou lajeados imersos no solo ou aflorantes na superfície, o que dificulta a mecanização (Figura 4.161). Como tais litologias costumam ser bastante fraturadas, pelas fraturas existentes poluentes agrícolas podem se infiltrar e alcançar rapidamente as águas subterrâneas. Por outro lado, nesses tipos de relevo os declives e amplitudes são baixos; por isso, não há impedimentos ao uso de implementos agrícolas motorizados, além de o potencial de erosão hídrica ser baixo.



Figura 4.161 - Campo de afloramentos na forma de pequenos lajeados e blocos de calcários em área de relevo quase plano em terrenos da unidade DSP1csaa, no caso, sustentados pela formação Cerradinho (Jardim, MS).

- Onde predominam rochas calcárias (Figura 4.144), é comum haver dolinas e sumidouros de cursos d'água, locais de ligação direta do fluxo de água superficial com o subterrâneo. Portanto, nesses locais, ou próximo a eles, não se deve praticar a agricultura poluente. Recomenda-se preservar a cobertura vegetal natural existente em seu entorno ou revegetá-los, com o objetivo de impedir que poluentes para eles sejam carreados pelas águas das chuvas. Nos terrenos onde há muitas dolinas e sumidouros de drenagens, recomenda-se dar preferência à agricultura orgânica.

- Em terrenos calcários, há muita deficiência de água superficial para irrigação, característica importante a ser considerada no caso de agricultura que necessita de muita água para irrigação.

- Em relevos mais movimentados, caso dos montanhosos e *inselbergs* (Figura 4.149), as áreas são mais favoráveis à morfogênese que à pedogênese. Assim, é maior a possibilidade de que predominem solos rasos, pouco evoluídos e com muito locais apresentando rochoso ou pedregosidade elevadas. Na maior parte dos terrenos, os declives altos dificultam ou impedem o uso de maquinários motorizados; além disso, o escoamento superficial é rápido, com moderado a alto potencial de erosão hídrica.

- Nas áreas de relevos de morros e serras baixas e colinas dissecadas e morros baixos (Figuras 4.149 e 4.158), os processos pedogenéticos evoluem de forma bastante diferenciada, portanto, a espessura, as características físico-químicas e, em consequência, a qualidade agrícola dos solos, devem variar bastante de local para local. Além disso, em boa parte dos terrenos os declives dificultam o uso de maquinários motorizados.

• Terrenos com predomínio de rochas síltico-argilosas, xistificadas e não-xistificadas

- Independentemente de outras variáveis, são rochas que se alteram para solos de textura argilosa ou argilossil-tosa (Figura 4.153). Isso significa que são solos de boa capacidade de reter e fixar nutrientes e assimilar matéria orgânica, ou seja, devem responder bem à adubação. São bastante porosos, por isso, mantêm boa disponibilidade de água para as plantas por longo tempo dos períodos secos (são de boa capacidade hídrica). Por outro lado, quando molhados, são bastante aderentes e pegajosos, por isso, podem se tornar problemáticos para mecanização em períodos chuvosos, devido à aderência nos maquinários e equipamentos; quando secos, entram facilmente em suspensão, levantando muita poeira durante o processo de aragem.

- São solos naturalmente pouco erosivos, mas podem apresentar alta erosão induzida se forem continuamente mecanizados com equipamentos pesados ou pisoteados por gado. Nesse processo, forma-se uma camada subsuperficial extremamente endurecida e impermeável que funciona como uma superfície de deslizamento da camada superficial, mais permeável, que, saturada de água, pode ser removida por erosão laminar.

- Essas rochas se alteram liberando muito alumínio e poucos nutrientes. Consequentemente, os solos apresentam baixa fertilidade natural e problemas de excesso de alumínio, elemento prejudicial às plantas, o que obriga a que eles sejam frequentemente adubados e corrigidos com aplicação de calcário dolomítico, principalmente em se tratando de solos bens evoluídos, como é de se esperar nas áreas em que a pedogênese predomina sobre a morfogênese, caso dos relevos suave ondulado a aplainado, classificados como planaltos, superfícies aplainadas, colinas amplas e suaves (Figura 4.157). Por outro lado, são solos naturalmente pouco permeáveis. Como apresentam textura favorável para reter elementos, quando bastante profundos (como se espera nesses tipos de relevos), o risco de contaminação das águas subterrâneas por poluentes agrícolas é baixo. Além disso, como nessas áreas os declives são baixos e as amplitudes suavizadas, o potencial de erosão hídrica é baixo e não há impedimentos ao uso de implementos agrícolas motorizados.

- Na Unidade DSP1 asafmg (Figura 4.153), entre os litotipos ocorrem formações ferríferas e manganésíferas; devendo-se prever que esses solos contêm excesso de ferro e são bastante ácidos. Na referida unidade, o relevo é do tipo montanhoso, portanto, o potencial de erosão hídrica é alto, há maior possibilidade para existência de solos rasos e de muitas porções com declives e amplitudes com severas limitações ao uso de implementos agrícolas motorizados, características que podem, também, ser estendidas a outras áreas de relevo montanhoso, de degraus estruturais e *inselbergs* (Figura 4.157).

- Muitos desses metassedimentos foram afetados por hidrotermalismo, principalmente a Unidade DSP2sag (Figura 4.153), representados por veios de quartzo de diferentes espessuras, que ocorrem tanto concordantes como discordantes à xistossidade dessas rochas. Em consequência, grande parte desses terrenos está recoberta por espessa cascalheira constituída de fragmentos de quartzo de vários tamanhos – em alguns locais, alcançam mais de 50 cm de espessura –, inviabilizando o uso agrícola, mesmo naqueles onde, em relação ao relevo, não há nenhuma restrição à agricultura, inclusive mecanizada (Figura 4.162).

- Onde o relevo é bastante irregular, caso dos morros e serras baixas e colinas dissecadas e morros baixos (Figura 4.157), os processos pedogenéticos evoluem de forma bastante diferenciada, por isso, é de se esperar solos com grandes diferenciações locais de espessura e de características físico-químicas. Além disso, em muito locais os declives acentuados dificultam o uso de implementos agrícolas motorizados.

Recursos hídricos e fontes poluidoras

Como reflexo da diversidade litológica e das diferenças deformacionais e metamórficas, ocorrem nesses terrenos unidades geológicas com as mais diferentes características hidrogeológicas.



Figura 4.162 - Aspecto das cascalheiras que recobrem grande parte dos terrenos da unidade DSP2sag, principalmente quando sustentados pela unidade pelítica do grupo Cuiabá (Bodoquena, MS).

Levando-se em conta tais diferenças deformacionais e metamórficas, existem dois domínios com comportamentos hidrogeológicos distintos:

- Nas áreas correspondentes ao domínio DSP1 (Figura 4.135), por serem sustentadas por camadas sub-horizontais pouco deformadas e metamorfizadas, é possível que existam sedimentos arenosos e conglomeráticos com porosidade e permeabilidade primárias relativamente preservadas, com comportamento semelhante a aquíferos porosos e fraturados, com boa homogeneidade hidrodinâmica na lateral. Como formam um empilhamento de camadas de litologias de características hidrodinâmicas diferentes, não se descarta a possibilidade de haver condições favoráveis à existência de aquíferos confinados.

- Já as áreas correspondentes aos domínios DSP2 (Figura 4.136) e DSVP2 (Figura 4.137), como foram bastante afetadas pelo metamorfismo e deformação, a porosidade primária das rochas encontra-se prejudicada pela recristalização metamórfica, além disso, as rochas ocorrem sob a forma de camadas ou lentes, diferentemente dobradas e tectonizadas, com características hidrodinâmicas muito diferentes uma das outras, formando um sistema hidrológico complexo e bastante heterogêneo. Nessas áreas, as águas subterrâneas circulam e se armazenam em falhas e fraturas, ou seja, são aquíferos do tipo fissural. Salienta-se que, dada a complexidade estrutural-textural, são terrenos com possibilidades para bons depósitos de água subterrânea, também relacionada a armadilhas e barreiras hidrogeológicas formadas pelas mudanças abruptas entre litologias de características hidrodinâmicas distintas e outras descontinuidades ou armadilhas estruturais, relacionadas a dobras, falhas e fraturas.

Além do exposto acima, outras particularidades hidrogeológicas estão intrinsecamente relacionadas aos tipos litológicos predominantes e as formas de relevo associadas, conforme descritas a seguir.

- Terrenos com predomínio de rochas arenosas (arenitos, metarenitos e quartzitos)

- Por se tratar de rochas à base de quartzo, mineral de baixa resistência ao cisalhamento, costumam ser densamente fraturas e falhadas em várias direções (Figura 4.141). Portanto, são rochas que apresentam altas porosidade e permeabilidade secundárias, principalmente as mais afetadas pela deformação (unidades DSP2mqmtc, DSP2mqsafmg, DSP2q) (Figura 4.163) e também primárias, no caso de terem sido pouco ou não afetadas pelo metamorfismo (Unidade DSP1acgsa), podendo haver aquíferos fissurais e fissurais porosos. Nos aquíferos fissurais, as águas subterrâneas se armazenam e circulam através de falhas e fraturas abertas; nos fissurais porosos, as águas subterrâneas circulam e se armazenam tanto em falhas e fraturas como em espaços vazios que podem existir entre os minerais. O aquífero fissural apresenta potencial de exploração bastante irregular: depende de o poço cruzar fraturas, de estas serem abertas – para a água poder se armazenar e circular –, da densidade que elas ocorrem e se estão interligadas; por isso, é muito comum um poço dar excelente vazão e outro, ao lado, ser seco.



Figura 4.163 - Quartzito da unidade DSVP2q, no caso, do grupo Alto Tererê, bastante fraturado, por isso deve apresentar boas permeabilidade e porosidade secundárias (Porto Murtinho, MS).

- Rochas à base de quartzo, principalmente no caso das metamorfizadas (Figura 4.141), são bastante duras e abrasivas. Essa é uma dificuldade que deve ser prevista quando da perfuração de poços, pois brocas de equipamentos de perfuração desgastam-se rapidamente e podem se quebrar com facilidade. Por outro lado, águas subterrâneas associadas às rochas à base de quartzo costumam apresentar excelente potabilidade.

- São rochas que se alteram para solos arenosos bastante permeáveis e constituídos basicamente por quartzo, mineral de baixa capacidade de reter e fixar poluentes. Onde as condições de relevo favorecem o baixo escoamento super-

ficial e a infiltração de água no subsolo, caso dos relevos suave ondulados a aplainados, classificados como planaltos, chapadas e platôs, colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas (Figura 4.142), ao mesmo tempo em que se constituem em terrenos favoráveis à recarga das águas subterrâneas, são altamente vulneráveis à contaminação; logo, deve-se ter cuidado especial para não impermeabilizá-los. No que se refere à locação de fontes potencialmente poluidoras, como gasodutos, oleodutos, tanques de combustíveis, dentre outras – caso sejam implantadas, devem ser constantemente monitoradas. Também não são terrenos propícios à disposição de lixo, para local cemitérios ou utilização para agricultura que necessite de muito agrotóxico, pois, além da permeabilidade elevada dos solos, trata-se de relevos mais favoráveis à concentração que à dispersão de poluentes, com os cursos d'água apresentando baixo potencial de se oxigenar e se autodepurar.

- Nessas áreas de relevo suave ondulado a aplainado, a topografia é desfavorável a que o lençol freático aflore, portanto, são áreas com pouca disponibilidade hídrica superficial.

- Áreas onde o relevo é mais movimentado, caso das áreas montanhosas, de morros e serras baixas e *inselbergs* (Figura 4.142), o escoamento superficial é rápido, portanto, são terrenos desfavoráveis à recarga e ao armazenamento de águas subterrâneas, com deficiência de água superficial; em muitos locais, rochas quartzoarenosas fraturadas e bastante percolativas podem estar aflorando.

- Como aspecto positivo, salienta-se que nos sopés de segmentos escarpados, o lençol freático costuma aflorar, constituindo-se em áreas de descarga de aquíferos e nascentes de cursos d'água. Por isso, exigem cuidados especiais.

- Terrenos com predomínio de rochas calcárias com intercalações subordinadas de sedimentos síltico-argilosos e arenosos

- Terrenos calcários apresentam características hidrodinâmicas extremamente complexas e bastante peculiares (Figura 4.144). São aquíferos cársticos, ou seja, as águas subterrâneas se armazenam e circulam através de falhas, fraturas e em cavidades que se formam nessas rochas pela ação da água das chuvas. São aquíferos que sofrem recarga e descarga rápidas, o que faz com que a vazão das nascentes e rios fique sujeita a oscilações bruscas com as mudanças climáticas, podendo até secar em períodos de seca mais prolongada, quando o nível do lençol freático também pode abaixar bastante.

- Nos aquíferos cársticos, o potencial hidrogeológico é bastante irregular e depende da espessura das camadas de calcário, da densidade de falhas e fraturas, da existência e do tamanho das cavidades e da quantidade de água nelas armazenada. São aquíferos de potencialidade local, por isso, a vazão pode variar muito de local para local.

- São aquíferos de exploração bastante complexa. Se a exploração não for bem planejada, pode se esvaziar e descomprimir cavidades e rebaixar excessivamente o

nível do lençol freático, criando condições propícias a ocorrências de desmoronamentos subterrâneos, colapsamento da superfície e extinção de nascentes e de cursos d'água. Além disso, sondas de perfuração podem atingir brusca-mente uma cavidade, causando o desprendimento de peças difíceis de serem repescadas.

- As águas subterrâneas e superficiais podem conter excesso de carbonatos, que são passíveis de se incrustar em tubulações e entupi-las rapidamente; dependendo da quantidade, tornam as águas impróprias ao consumo (conhecidas como "água dura"), em especial nos terrenos onde predominam calcários supersaturados em carbonatos, como na região da serra da Bodoquena. No entanto, cabe destacar que essa característica é que faz com que as águas dos cursos d'água da região de Bonito sejam cristalinas e, por isso, de grande procura para o turismo de mergulho e flutuação (Figura 4.164).



Figura 4.164 - Nascente do rio da Prata (Fazenda Cabeceiras do Rio da Prata, Jardim, MS).

- Em terrenos calcários, é comum a existência de sumidouros de drenagem e dolinas. São, portanto, locais de ligação direta entre os fluxos d'água superficial e subterrâneo, importantíssimos para a recarga das águas subterrâneas. Entretanto, são locais por onde poluentes podem se infiltrar e alcançar rapidamente as águas e rios subterrâneos, que podem espalhá-los por longas distâncias. Esta é uma particularidade que deve ser bastante considerada, em especial na região de Bonito, para a qual se recomendam estudos hidrológicos detalhados, com o objetivo de definir as áreas de recarga dos cursos d'água da região, as quais merecem cuidados especiais pela sua importância ambiental e turística.

- Rochas calcárias se alteram para solos com textura semelhante à das argilas, por isso são pouco permeáveis, armazenam água, mas quase não a disponibilizam para circulação. Por outro lado, são solos de alta reatividade química e alta capacidade para reter e eliminar poluentes. Por isso, a vulnerabilidade desses terrenos à contaminação das águas subterrânea varia bastante. Onde os solos são rasos ou rochas calcárias afloram – é o que se espera em grande parte dos

terrenos de relevo mais acidentado, do tipo morros e serras baixas, montanhosas e *inselbergs* (Figura 4.149) – ou nos locais onde há dolinas e sumidouros de drenagem, o risco é alto. Já onde os solos são profundos – o que se espera de áreas de relevos suavizados, como planaltos, chapadas e platôs, colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas (Figura 4.149) – e distantes das feições cársticas (dolinas e sumidouros de drenagens), o risco de contaminação das águas subterrâneas é baixo. Entretanto, há de se considerar que rochas calcárias se alteram de modo bastante diferenciado; por isso, a profundidade do substrato rochoso costuma ser bastante irregular. Mesmo nas áreas onde os solos são profundos, é possível a existência de locais com muitos afloramentos rochosos (Figura 4.165). Portanto, sobre terrenos calcários, deve-se ter preocupação com a contaminação dos aquíferos subterrâneos, o que não foi considerado no município de Corumbá: há muito lixo espalhado pelos arruamentos da periferia da cidade, em área onde a profundidade do substrato rochoso é bastante irregular, em muitos locais aflorante (Figura 4.166).



Figura 4.165 - Unidade DSP1csaa, no caso, sustentada por calcários da formação Bocaina, com relevo suave ondulado, solo profundo e com muitas exposições na superfície do terreno de lajeados de calcários (Bonito, MS).



Figura 4.166 - Aspecto dos arruamentos na periferia da cidade de Corumbá; o lixo espalhado sobre terrenos da unidade DSP1csaa, no caso, calcários da formação Bocaina, certamente está contaminando os lençóis subterrâneos.

- Há de se destacar que as áreas de relevos suavizados são desfavoráveis à existência de nascentes e cursos d'água e se apresentam em duas situações bastante particularizadas. Quando junto das planícies do Pantanal, a configuração morfológica é mais favorável à concentração que à dispersão de poluentes, o lençol freático está próximo à superfície e sujeito a oscilações com as enchentes do Pantanal. Já as áreas mais afastadas das planícies pantaneiras são favoráveis a que as águas das chuvas fiquem retidas; como são áreas de solos profundos, bastante porosos e superficialmente permeáveis, podem se constituir em bons aquíferos superficiais.

- Terrenos com predomínio de rochas siltico-argilosas, xistificadas e não-xistificadas e rochas metabásicas
- Esses terrenos têm em comum o fato de serem sustentados, principalmente, por litologias de baixas permeabilidade e porosidade primárias, além de se alterarem para solos siltico-argilosos a argilosos, pouco permeáveis, que armazenam água, mas quase não a disponibilizam para circulação, ou seja, são terrenos de baixo potencial armazenador e circulador de água subterrânea, de baixo potencial para a existência de bons depósitos de água subterrânea, constituindo-se em aquíferos pobres. Por outro lado, são solos que têm boa capacidade de reter e eliminar poluentes, o que diminui o risco de contaminação das águas subterrâneas (Figuras 4.153 e 4.158).
- Deve-se considerar que, no caso da Unidade DSP1asafmg (Figura 4.153), entre os sedimentos ocorrem formações ferríferas e ferromanganesíferas, portanto, as águas subterrâneas podem conter excesso de ferro e manganês.
- A maior parte desses terrenos foi afetada por hidrotermalismo, em especial a Unidade DSP2sag (Figura 4.153), onde, além de predominarem xistos e filitos de alta cerosidade, são rochas portadoras de alta densidade de veios de quartzo de altíssima abrasividade e dureza, por isso, difíceis de serem perfuradas.
- As rochas metabásicas (Figura 4.158) costumam ser densamente fendilhadas em várias direções, por isso, podem apresentar altas porosidade e permeabilidade secundárias, com maior potencial para infiltração de água, mas também mais vulneráveis à contaminação.
- Onde o relevo é mais movimentado, dos tipos montanhoso, *inselbergs* e degraus estruturais (Figura 4.157), os terrenos são mais desfavoráveis à recarga das águas subterrâneas. Quando chove, pouca água se infiltra no subsolo (a maior parte escorre

pela superfície) e são terrenos com deficiência de água superficial. Entretanto, esses padrões de relevos contêm segmentos escarpados, onde, no sopé das escarpas, o lençol freático pode aflorar.

Potencial mineral

Nesses domínios encontram-se os bens minerais mais importantes do estado de Mato Grosso do Sul, além de que muitas das unidades geológico-ambientais são potenciais para diversos bens minerais (Figura 4.167).

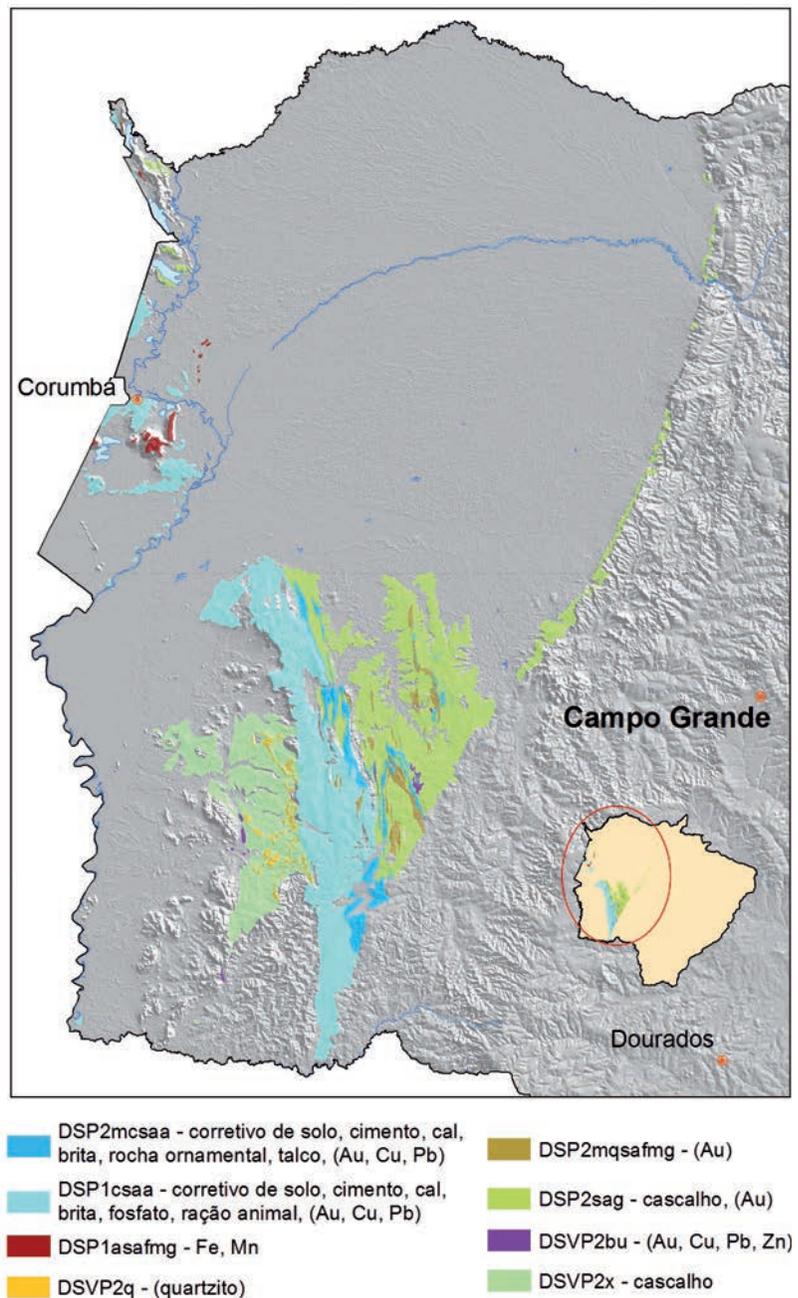


Figura 4.167 - Área de ocorrência das unidades geológico-ambientais que apresentam potencial mineral.

Os bens minerais mais importantes do estado de Mato Grosso do Sul são o ferro e o manganês, que, em conjunto, formam o Distrito Ferromanganesífero de Urucum (Figura 4.168), localizado nos municípios de Corumbá e Ladário. A mineralização (Figuras 4.169 e 4.170) ocorre na Unidade DSP1asafmg, constituída pela Formação Santa Cruz, do Grupo Jacadigo. A exploração se faz a céu aberto e em mina subterrânea.

- Calcários calcíticos e dolomíticos são amplamente lavrados no estado para fabricação de corretivo de solos, cimento e cal, brita; ração animal, rocha ornamental, dentre outros usos. As lavras estão associadas às unidades DSP1csaa (Grupo Corumbá) e DSP2mcsaa (Grupo Cuiabá), sendo que a maioria delas ocorre no Grupo Corumbá, pelo fato de que nesse grupo as camadas calcárias são pouco deformadas, sub-horizontalizadas e apresentam boa homogeneidade composicional lateral, o que facilita a lavra a céu aberto.

Além dessas lavras, destaca-se que:

- Rochas calcárias são importantes barreiras metalogenéticas e podem conter mineralizações sulfetadas de ouro, cobre e chumbo, além de talco.

- Rochas calcárias associadas à Unidade DSP1csaa (Grupo Corumbá) apresentam ambiência geológica favorável à prospecção de fosfatos.

- Os quartzitos que ocorrem nas unidades DSVP2q e DSP2mqsafmg merecem ser avaliados quanto ao potencial, para serem lavrados como refratários.

- As unidades DSP2sag e DSP2mqsafmg, devido ao intenso hidrotermalismo nas sequências conglomerática, psamítica e pelítica do Grupo Cuiabá e na Sequência Metavulcanossedimentar do Rio Bacuri, constitui-se em ambiência geológica favorável à prospecção de ouro associado a veios de quartzo e a zonas de cisalhamento.

- Na Unidade DSVP2bu, o Grupo Alto Tererê e a Sequência Metavulcanossedimentar do Rio Bacuri constituem ambiência geológica favorável à existência de mineralizações de ouro associadas a veios de quartzo e de sulfetos de metais-base (Cu, Pb, Zn, Au) do tipo vulcanogênico.

- Nas unidades DSVP2x e DSP2sag, ocorrem, quase que de modo generalizado, coberturas detríticas à base de seixos arredondados de quartzo e quartzitos, material bom para ser usado como cascalho e em obras de jardinagem e paisagismo.



Figura 4.168 - Vista área da mina de Urucum (Distrito Ferromanganesífero de Urucum).



Figura 4.169 - Minério de ferro finamente estratificado e intensamente fraturado; Unidade DSP1asafmg, constituída pela formação Santa Cruz, do grupo Jacadigo (Corumbá, MS).



Figura 4.170 - Minério de ferro e manganês exibindo lâminas de hematita se alternando com lâminas de jaspe; Unidade DSP1asafmg, constituída pela formação Santa Cruz, do grupo Jacadigo.

Potencial geoturístico

A região sustentada por esses domínios é privilegiada em atrativos geoturísticos. Predominam terrenos de relevo diversificado, onde áreas de relevo bastante movimentado aparecem junto a áreas aplainadas (Figuras 4.171 e 4.172), áreas de morros alongados com áreas de relevo plano ou

suave ondulado se alternam irregularmente entre si, morros e serras ocorrem ilhados em meio à planície do Pantanal (Figura 4.173), o que faz com que a região seja de grande beleza cênica. Além disso, nas áreas mais movimentadas há diversos rios correndo sobre o substrato rochoso, formando belas corredeiras, cachoeiras e piscinas naturais e também esculpindo imponentes cânions (Figura 4.174).



Figura 4.171 - Beleza paisagística das morrarias do Urucum, sustentadas por metassedimentos da formação Santa Cruz (unidade DSP1asafmg), em contraste com as áreas da planície do Pantanal (unidade DCfl) vista da estrada (Parque Pantanal Sul, Corumbá, MS).



Figura 4.172 - Paisagem bucólica de grande beleza cênica, formada pelo contraste de dois tipos de relevo: plano, sustentado pela unidade DCGMGLgno (gnaisse-migmatíticos do complexo rio Apa) e o planalto escarpado da serra da Bodoquena, sustentado principalmente por calcários da unidade DSP1csaa.



Figura 4.173 - Vista aérea da serra do Amolar e parte da lagoa Mandioré, no extremo norte do estado; a serra, sustentada principalmente por quartzitos, metarenitos e metaconglomerados (unidade DSP2mqmtc), destaca-se na paisagem pantaneira como um relevo montanhoso e alongado na direção NW-SE, margeando, em parte, a lagoa Mandioré, formando um conjunto de estonteante beleza paisagística, além de belas e curiosas formas esculpidas em rochas quartzíticas.



Figura 4.174 - Cânion do rio Salobro, esculpido em rochas calcárias da unidade DSP1csaa (Bodoquena, MS).

- Na região de Bonito-Bodoquena, os atrativos ficam por conta de seus rios e cavernas. Os rios, em razão da excepcional transparência de suas águas cristalinas (Figura 4.175), graças à composição rica em bicarbonato de cálcio e bicarbonato de magnésio, pelo fato de terem origem em rochas calcárias muito puras. Em termos de cavernas (mais de 100 catalogadas) se destacam a Gruta do Lago Azul (Figura 4.176), onde o lago subterrâneo, devido a um fenômeno óptico, adquire a cor azulada sob incidência de raios solares, além de abrigar fósseis da megafauna pleistocênica (preguiça-gigante e trigre-dente-de-sabre), e o Abismo de Anhumas (Figura 4.177), uma fenda de parede escarpada que leva a um lago subterrâneo. Nessas drenagens de água bicarbonatada muito límpidas ocorrem depósitos de tufas formando barreiras (Figuras 4.178), assim como ao longo de toda a drenagem que corta a serra da Bodoquena, com destaque em algumas cachoeiras onde formam esculturas inusitadas e curiosas (Figuras 4.179, 4.180 e 4.181).



Figura 4.177 - Abismo de Anhumas, desnível vertical de 72 m que leva a uma caverna ricamente ornamentada e a um rio de águas cristalinas (Bonito, MS).



Figura 4.175 - Rio da Prata (Jardim, MS).



Figura 4.178 - Barreiras formadas por tufas calcárias.



Figura 4.176 - Gruta da Lagoa Azul, em calcários da unidade DSP1csaa (Bonito, MS).



Figura 4.179 - Pequena queda d'água com piscinas naturais e formações de tufas calcárias (Parque das Cachoeiras, Bonito, MS).



Figura 4.180 - Tufas calcárias (Parque das Cachoeiras, Bonito, MS).



Figura 4.181 - Cachoeira Boca da Onça, maior do estado em altura (176 m). As tufas recobriram todo o paredão rochoso sustentado por calcário da unidade DSP1csaa, nesse caso, da formação Bocaina, deixando à mostra cavidades que lembram a cara de uma onça (Fazenda Boca da Onça, Bodoquena, MS).

- Na região de Corumbá, na Unidade DSP1csaa, existem camadas de calcário fossilíferas, com destaque para *Cloudina lucianoï*, um dos primeiros animais biomineralizadores, e *Corumbella werneri*, fóssil de um pequeno invertebrado que viveu há 560 milhões de anos em um ambiente marinho, considerado o mais antigo da América do Sul até hoje encontrado.

- Além desses atrativos, há um rico patrimônio de interesse para o turismo geológico-mineiro relacionado à Mina dos Belgas, onde existem várias galerias subterrâneas e equi-

pamentos utilizados para extração e transporte do minério do interior das galerias. Também há interesse histórico, por se tratar da primeira concessão para lavra de minério de manganês e ferro no Maciço de Urucum, datada do final do século XIX. A lavra está paralisada e é aberta à visitação monitorada pela Vale (Figuras 4.182 e 4.183).

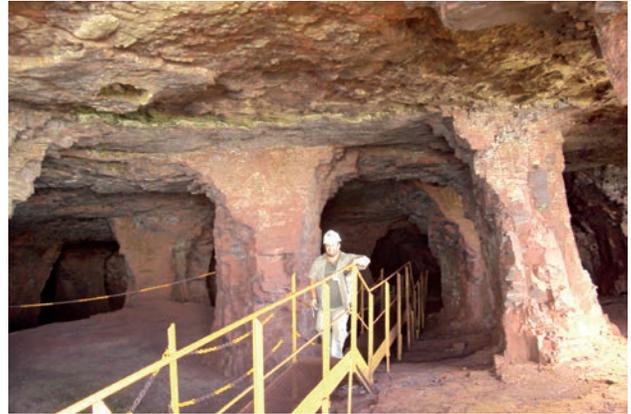


Figura 4.182 - Galerias subterrâneas da mina dos Belgas (Corumbá, MS).



Figura 4.183 - Vagão utilizado para retirada do minério do interior da mina dos Belgas (Corumbá, MS).

DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS (DSVP1)

Esse domínio está representado na área pela Unidade Vulcânica Serra da Bocaina, da Suíte Amoguijá, constituída por rochas de origem vulcânica a subvulcânica não-dobradas e não-metamorfizadas, derivadas de várias pulsações magmáticas de composição ácida e intermediária, cristalizadas sob a forma de uma sucessão de derrames de pequenas espessuras, o que confere à unidade um aspecto acamadado.

Elementos de Definição e Área de Ocorrência

Dentre os litotipos, predominam rochas de composição alcalina e calcialcalina, representadas por riolitos, dacitos, andesitos, de matriz fina, envolvendo cristais maiores de feldspato potássico, nas quais, por vezes, intercalam-se rochas piroclásticas representadas por tufo e brechas de composição riolítica e riodacítica.

Ocorrem a leste da cidade de Porto Murtinho, sustentando as serras da Bocaina e São Francisco (Figura 4.184). Foram incluídas em uma única unidade geológico-ambiental –DSVP1va (Predomínio de Vulcanismo Ácido a Intermediário).

Formas de Relevo

Foram identificadas três formas de relevo: *inselbergs* e outros relevos residuais, superfícies aplainadas conservadas e morros e serras baixas (Figura 4.184), com predomínio dessa última. As demais ocorrem em várias áreas de pequenas dimensões que se distribuem em meio à Unidade DCta, correspondente aos terraços aluvionares da Formação Pantanal.

Características, Adequabilidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação

Obras de engenharia

Na execução de obras, deve-se considerar que são terrenos que apresentam tanto particularidades positivas como negativas, destacando-se que:

- Pelo fato de o substrato rochoso ser caracterizado por um empilhamento de rochas vulcânicas das mais diferentes características mineralógicas e texturais, que mudam bruscamente de uma para outra como se fossem camadas de pouca espessura, nesses terrenos as características geotécnicas e hidráulicas variam bastante na vertical, portanto, escavações um pouco mais profundas podem alcançar litologias dos mais variados e contrastantes comportamentos geomecânicos e hidráulicos. Além disso, as mudanças abruptas entre rochas de características diferentes constituem-se em descontinuidades que facilitam as desestabilizações e as surgências de água em taludes de corte. Nas áreas de relevo de morros e serras baixas e de relevos residuais (Figura 4.184), devido aos declives acentuados, é grande a possibilidade de se expor tais descontinuidades em taludes de corte.

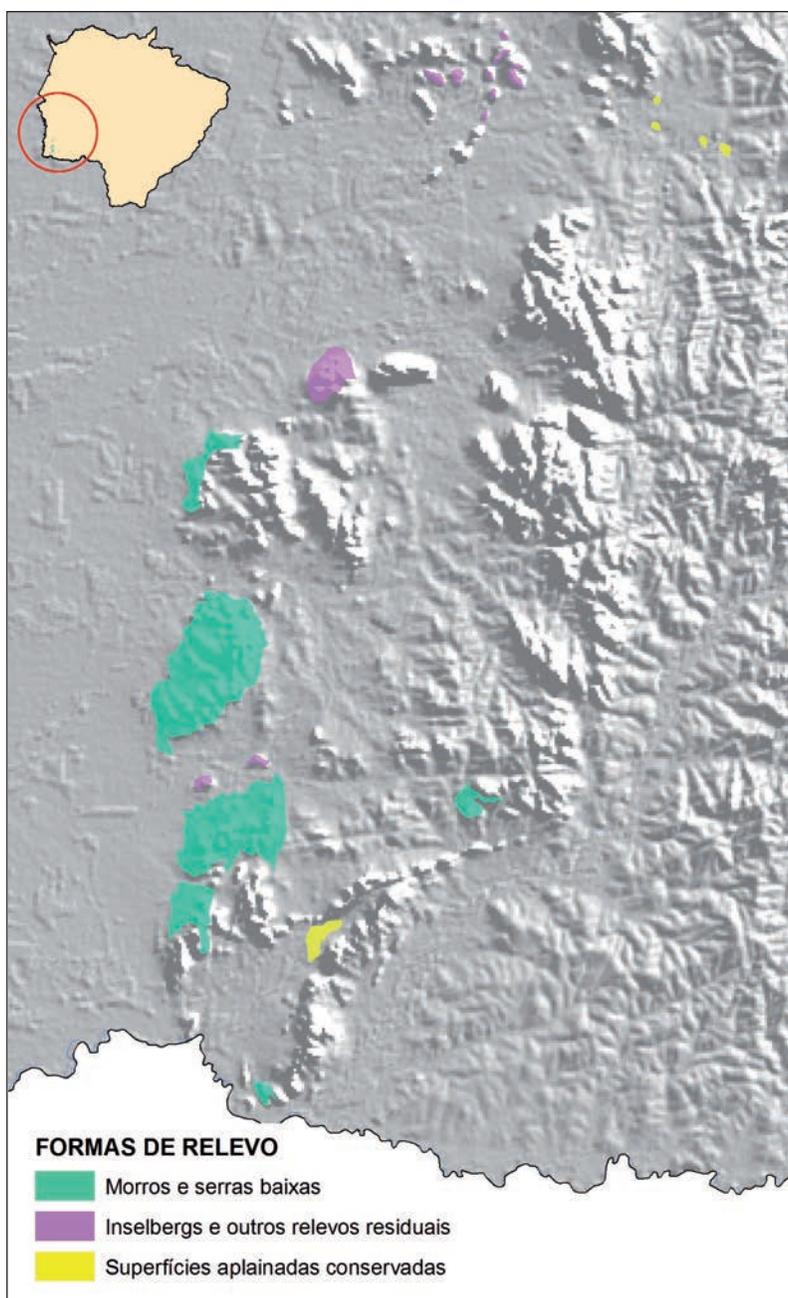


Figura 4.184 - Área de ocorrência da unidade DSVP1va (predomínio de vulcanismo ácido a intermediário) e formas de relevos associadas.

- Nessas áreas de declives acentuados é alto o potencial de movimentos naturais de massa, com possibilidade de ocorrência de exposição de rochas, das quais se desprendem blocos e placas com facilidade. Como também é possível que o substrato rochoso aflore ou se situe a baixas profundidades, escavações e perfurações pouco profundas estarão sujeitas a alcançar afloramentos rochosos de alta resistência ao corte e à penetração. Nelas o escoamento superficial é rápido e sujeito a formar enxurradas de alto potencial erosivo e destruidor de obras. Se forem implantadas obras viárias, haverá necessidade de transpor muitos canais de drenagem e executar cortes e aterros para minimizar declives.

- Há predomínio de rochas de dureza elevada, em geral bem preservadas da alteração, portanto, de alta resistência ao corte e à penetração – necessitam do uso de explosivos para o desmonte –, características que podem encarecer e dificultar a execução de obras que envolvem escavações, especialmente nas áreas de relevos acidentados (Figura 4.184), onde, na maior parte da superfície, o substrato rochoso bem preservado da alteração é aflorante ou está situado a baixas profundidades. Por outro lado, a dureza elevada as torna rochas de alta capacidade de suporte e de boa resistência à compressão. Além disso, apresentam mineralogia e características texturais favoráveis para utilização na produção de brita.

- Predominam rochas densamente fendilhadas em várias direções (Figuras 4.185 e 4.186). Em muitos locais, o fendilhamento é tão denso que elas se desagregam em pequenos fragmentos apenas com o uso de martelo. Delas podem se desprender blocos e placas com facilidade em talude de corte, sendo rochas bastante percolativas; portanto, são terrenos onde cuidados especiais devem ser tomados com todas as obras das quais possam vazear substâncias poluentes.



Figura 4.185 - Intenso fraturamento das rochas da unidade vulcânica serra da Bocaina (Porto Murtinho, MS).



Figura 4.186 - Rocha da unidade vulcânica serra da Bocaina muito fraturada, com a porção superior bastante foliada (Porto Murtinho, MS).

- Dentre os litotipos, predominam riolitos e riodacitos, rochas de textura fina, com elevada proporção de quartzo da fração silte. Em muitos locais, onde o manto de alteração apresenta pedogênese avançada, ele é bastante arenoso e erosivo.

- Nas áreas de relevo mais movimentado (Figura 4.184), os sopés das encostas são recobertos por solos coluvionares e depósitos de tálus, ou seja, uma mistura caótica de solo com blocos e matacões dos mais diversos tamanhos, por isso, é um material difícil de se cravar estacas, de permeabilidade elevada, comportamento geotécnico bastante heterogêneo e naturalmente instável (podem se movimentar sozinhos).

- As áreas de relevo de superfícies aplainadas (Figura 4.184) são topograficamente muito pouco sobrelevadas em relação aos terrenos da Unidade DCta (terraços aluvionares da Formação Pantanal). Nelas, escavações podem alcançar o mesmo nível do lençol freático e sofrer alagamentos rápidos. São áreas em que o escoamento superficial é deficiente e os solos, embora se espere que sejam profundos, apresentam textura argiloarenosa e estão capeando rochas bastante fraturadas, o que as torna de alto risco de contaminação do lençol subterrâneo. Recomendam-se cuidados com obras enterradas destinadas à circulação e ao armazenamento de substâncias poluentes. Por outro lado, são terrenos de fácil escavabilidade e com baixos declives e amplitudes de relevo, o que não exigirá a execução de grandes obras de transposição de drenagem nem para cortes de taludes e aterros, caso sejam destinadas a obras viárias.

Agricultura

São terrenos que apresentam mais limitações que adequabilidades ao uso agrícola, destacando-se que:

- São constituídos por rochas que se alteram para solos com elevada proporção de argila e de quartzo na fração silte e ricas em minerais que liberam bastante alumínio e potássio. A consequência positiva é que os solos apresentam boas características texturais, são porosos, de boa capacidade hídrica e para reter e fixar elementos, respondendo bem à adubação; como consequência negativa, destaca-se que são de moderada fertilidade natural e podem ser de acidez elevada.

- Quando muito lixiviados, os solos são mais arenosos e superficialmente ficam bastante enriquecidos em quartzo na fração fina, apresentando erosividade variando de moderada a alta.

- Em áreas onde o relevo é de morros e serras baixas e de *inselbergs* (Figura 4.184), portanto, mais favoráveis à morfogênese que à pedogênese, predominam solos rasos e pouco evoluídos pedogeneticamente. Nessas áreas, é de se esperar locais com rochiosidade ou pedregosidade elevadas e com declividades que dificultam ou impedem o uso de maquinários motorizados, além de áreas de escoamento superficial rápido e com potencial de erosão hídrica variando de moderado a alto.

- As áreas de relevo de superfícies aplainadas (Figura 4.184) são bastante planas e o manto de alteração é profundo, portanto, sem restrição ao uso de implementos agrícolas motorizados. Entretanto, há pouca disponibilidade hídrica superficial, além de o escoamento superficial ser precário. Essas áreas se delimitam, quase que no mesmo nível, com os terraços aluvionares da Formação Pantanal (Unidade DCta), o que favorece a que o lençol freático esteja próximo à superfície, ao mesmo tempo em que impõe restrições ao plantio de culturas de raízes profundas, devido à possibilidade de apodrecimento das raízes. Tal situação topográfica, aliada ao fato de as rochas desse domínio se apresentarem bastante fraturadas, torna essas áreas bastante vulneráveis à contaminação do lençol freático por agrotóxico, por isso, restritivas a culturas que necessitam da aplicação de muito agrotóxico.

- Salienta-se que qualquer iniciativa de uso agrícola desses terrenos deve levar em conta que todo o sistema de drenagem flui para as planícies do Pantanal.

Recursos hídricos e fontes poluidoras

Pelas características geológicas e condições topográficas, os terrenos sustentados por esse domínio não se constituem em bons potenciais hidrogeológicos, apresentando restrições frente à locação de fontes poluidoras, destacando-se:

- São rochas de porosidade e permeabilidade primárias quase nulas; porém, por serem bastante fraturadas e com fraturas dispostas em várias direções, apresentam alta porosidade e permeabilidade secundárias. Constituem-se em aquíferos do tipo fissural, cujo potencial de exploração é bastante irregular: depende de o poço cruzar fraturas, de estas serem abertas – para a água poder se armazenar e circular –, da densidade que elas ocorrem e se estão interligadas; por isso, é muito comum que nesse tipo de aquífero um poço dê excelente vazão, enquanto outro, nas imediações, seja seco.

- Nas áreas onde os padrões de relevo são de morros e serras baixas e de *inselbergs* (Figura 4.184), o potencial para recarga das águas subterrâneas via fraturas é baixo. Quando chove, pouca água se infiltra no subsolo – a maior parte escorre rapidamente pelas encostas dos morros e fluem para as planícies do Pantanal. Isso significa que um derramamento de substâncias poluentes atingirá rapidamente os terrenos da planície pantaneira. Deve ser considerado que nessas áreas o solo é pouco espesso, ou até ausente, e as rochas são bastante fraturadas. Caso aconteça um acidente com substâncias poluentes, a contaminação das águas subterrâneas poderá se dar, também, via fraturas. Como adequabilidade desses terrenos declivosos, o relevo é favorável a que o lençol freático aflore nos sopés das encostas.

- Já nas áreas onde o relevo é de superfícies aplainadas (Figura 4.184), a topografia é favorável a que o lençol freático esteja situado próximo à superfície, com maior risco de contaminação por poluentes. Além disso, são áreas de escoamento superficial baixo. Se, por um lado, isso favorece a infiltração das águas no subsolo, por outro favorece também a infiltração de substâncias poluidoras.

Potencial mineral

Esse domínio apresenta ambiência geológica favorável à existência de mineralizações magmato-hidrotermais de cobre e ouro e metamórfico-hidrotermal de ouro, com possibilidade de haver rochas piroclásticas para utilização na fabricação de misturas pozolânicas.

- Nos relevos mais acidentados, há possibilidade de rochas frescas com textura e composição química favoráveis para exploração como agregados.

- Em toda iniciativa de exploração de bens minerais nesse domínio, deve-se levar em conta que qualquer ação ambiental incorreta impactará negativamente o Pantanal.

Potencial geoturístico

As áreas de relevo de morros e serras baixas e de *inselbergs* (Figura 4.184) se destacam em meio à planície do Pantanal. Recobertas por densa vegetação, constituem-se em importantes ecossistemas para o refúgio da fauna durante as cheias do Pantanal. O contraste desses relevos acidentados com as planícies pantaneiras forma uma paisagem de grande beleza cênica.

DOMÍNIO DOS CORPOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS, BÁSICAS E ULTRABÁSICAS, ALCALINAS E VULCANISMO ASSOCIADO (DCMU)

Esse domínio está representado, na região, por rochas magmáticas plutônicas derivadas de várias pulsações magmáticas que ocorreram sob a forma de derrames de composição química predominantemente básico-ultrabásica, posteriormente metamorfizadas em baixo a médio grau.

Elementos de Definição e Área de Ocorrência

Correspondem às intrusões gabroanortosíticas serra da Alegria e básicas morro do Triunfo. Seus litotipos predominantes são gabro, olivina-gabro e anortosito. Ocorrem a nordeste e a sudeste da cidade de Porto Murtinho, na forma de pequenas exposições descontínuas (Figura 4.187). Foram incluídas em uma única unidade geológico-ambiental – DCMUbu (Série Máfica).

Formas de Relevo

Foram identificadas duas formas de relevo: (i) *inselbergs*, que são ocorrências de pequenas dimensões que se sobressaem em meio às superfícies aplainadas da unidade geológico-ambiental DCGMGLgno (Gnaisses Ortoderivados do Complexo Rio Apa) e da unidade geológico-ambiental DCta (Terraços Aluvionares da Formação Pantanal); (ii) colinas amplas e suaves, de expressão areal um pouco maior, em torno de 18 km², que ocorre entre os terrenos

montanhosos da unidade geológico-ambiental DCGR1salc (Granito Alumiador) e os terrenos aplainados da unidade geológico-ambiental DCta (Terraços Aluvionares da Formação Pantanal) (Figura 4.187).

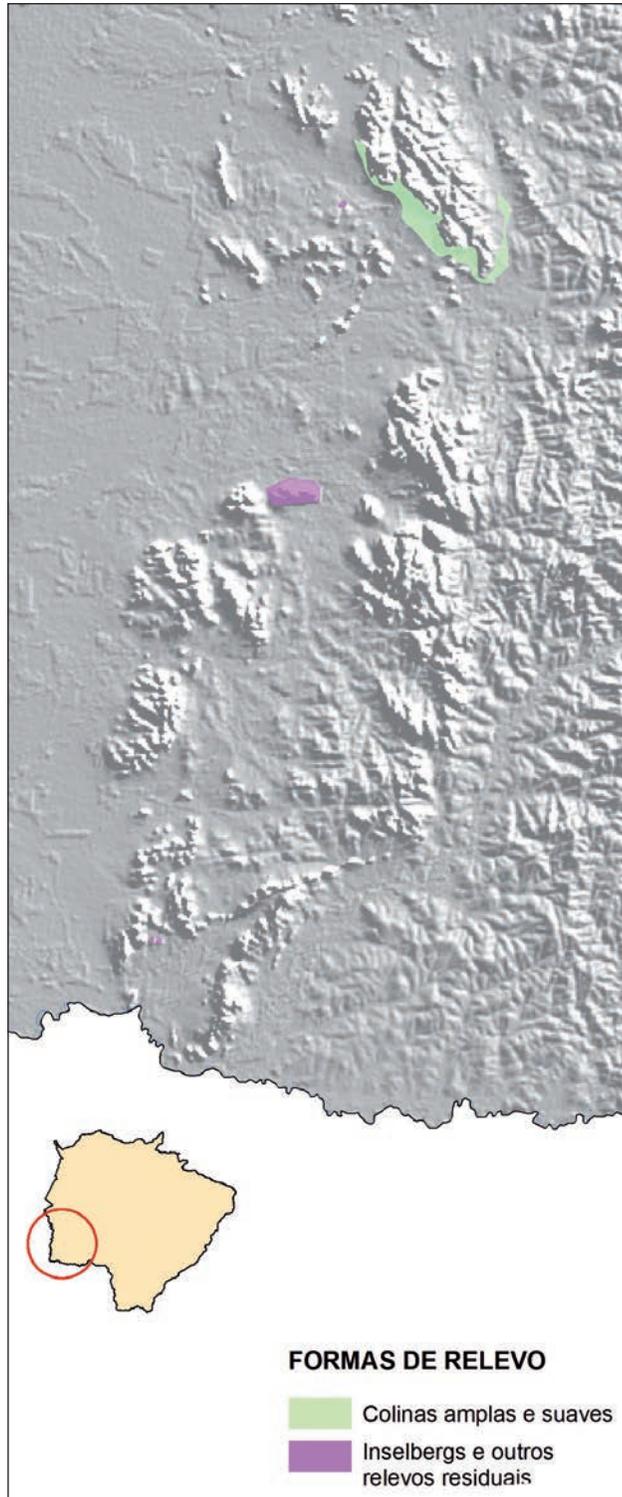


Figura 4.187 - Área de ocorrência dos terrenos da unidade geológico-ambiental DCMUbu (série máfica) e formas de relevos associadas.

Características, Adequabilidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação

Obras de engenharia

São terrenos que, em relação a rocha, relevo e solo, apresentam tanto adequabilidades como limitações geotécnicas. Porém, são de pequena expressividade areal e situados em contexto ambiental bastante limitante para abrigar grandes obras, destacando-se que:

- O substrato rochoso é constituído por rochas com alto grau de coesão, com boa capacidade de suporte e moderada a alta resistência à compressão. Quando frescas, são rochas duras, com moderada a alta resistência ao corte e à penetração, necessitando de explosivos para seu desmonte.

- Apresentam mineralogia isorientada, exibem “acamadamento” magmático e grande variação textural lateral e vertical; são recortadas por milimétricos veios de quartzo; geralmente, estão bastante fraturadas em várias direções, portanto, são rochas de características geotécnicas muito heterogêneas, tanto na lateral como na vertical, exibindo importantes descontinuidades geomecânicas; são bastante percolativas e delas podem se desprender blocos com facilidade em taludes de corte.

- São rochas de baixa a moderada resistência ao intemperismo químico, que se alteram de modo bastante diferenciado, deixando blocos e matacões imersos no solo. Por isso, mesmo onde os solos são profundos, como é de se esperar nas áreas de relevo de colinas amplas e suaves (Figura 4.187), é grande a possibilidade de neles haver blocos e matacões de rochas duras, que tanto podem estar isolados e irregularmente distribuídos como concentrados em grande número. Isso significa que perfurações e escavações nesses terrenos podem alcançar rochas duras, assim como esses blocos e matacões podem se movimentar quando expostos em taludes de corte ou desestabilizar fundações de obras parcialmente apoiadas sobre eles.

- São rochas à base de plagioclásio básico e ricas em minerais ferromagnesianos (olivina, piroxênios, biotita, hornblenda), por isso se alteram para solos argilosos liberando ferro e alumínio. Quando a pedogênese é avançada, o solo costuma ser laterizado, bastante ácido e corrosivo, o que significa que obras neles enterradas podem apresentar problemas com corrosão de materiais, e se destinadas ao armazenamento ou à circulação de poluentes, estão sujeitas a vazamentos, contaminando o lençol subterrâneo via fraturas. Além disso, solos argilosos com pedogênese avançada são bastante porosos e permeáveis, apresentando uma estrutura física suscetível a colapsos se submetidos a cargas. Por isso, obras sobre eles poderão desenvolver trincas, fissuras ou mesmo ruir. Por outro lado, por serem argilosos, quando bem evoluídos são pouco erosivos, mantêm boa estabilidade em taludes de corte, apresentam boa capacidade de compactação e são bons para utilização como material de empréstimo. Entretanto, tornam-se bastante escorregadios e aderentes quando molhados – causando o emplastamento

excessivo de ferramentas e maquinários e dificultando o tráfego em vias não-pavimentadas nos períodos de chuvas. Nos períodos secos, podem se tornar muito endurecidos e entrar facilmente em suspensão, levantando poeira durante o processo de mecanização do solo, assim permanecendo por longo período.

- No início do processo de alteração, essas rochas geram argilominerais expansivos, que, se expostos à variação do grau de umidade, sofrem o fenômeno do empastilhamento, ou seja, fendilham-se e se desagregam em pequenas pastilhas, desmoronando com facilidade em taludes de corte; assim, obras neles enterradas podem se desestabilizar e sofrer trincamentos.

- As áreas declivosas, de *inselbergs* (Figura 4.187), são desfavoráveis à pedogênese, onde há maior possibilidade de haver rochas duras aflorantes e manto de alteração com profundidade bastante irregular. Apresentam declives e amplitudes acentuadas que exigirão cortes profundos na implantação de infraestrutura urbana e viária. Nelas, o escoamento superficial é rápido, as chuvas fortes formam enxurradas de alto potencial erosivo e destruidor de obras. Como são morros residuais que ocorrem em meio aos terrenos aplainados das unidades geológico-ambientais DCta e DCGMGLgno (Gnaisses Ortoderivados do Complexo Rio Apa), é para esses terrenos aplainados que as enxurradas carregam os materiais erodidos. Além disso, são favoráveis à existência de solos coluvionares naturalmente instáveis e de características geotécnicas heterogêneas.

- A área de relevo de colinas amplas e suaves (Figura 4.187) tem a sua porção oriental delimitada com os terrenos montanhosos da unidade geológico-ambiental DCGR1salc (Granito Alumizador) e está recoberta por depósitos de tálus e solos coluvionares sujeitos a movimentos de massa. As drenagens que cortam estes terrenos nascem nessas áreas montanhosas e estão sujeitas a grandes e bruscas mudanças de nível e vazão; elas passam por esses terrenos com alta energia e escoam para as planícies do Pantanal, onde se formam enxurradas de alto potencial erosivo e destruidor de obras. Como adequabilidade desses terrenos, destaca-se que as amplitudes são baixas, o potencial de movimentos naturais de massa é baixo, o relevo não exige cortes profundos na implantação de obras viárias e infraestrutura urbana e as porções mais afastadas das áreas montanhosas estão bem estabilizadas.

Agricultura

São terrenos que, do ponto de vista geológico-geomorfológico, apresentam poucas adequabilidades para uso agrícola, destacando-se que:

- Predominam rochas que se alteram para solos argilosos e que, no processo de alteração, liberam teores elevados de ferro, alumínio, cálcio e magnésio. Quando pouco evoluídos, são solos de boa fertilidade natural, ou seja, enriquecidos em Ca e Mg. Quando bem evoluídos, podem conter excesso de alumínio, elemento tóxico

para as plantas, necessitando da aplicação de calcário dolomítico.

- São solos que, quando pouco evoluídos, costumam conter argilominerais expansivos, por isso se tornam erosivos se desprotegidos da cobertura vegetal e expostos à alternância de períodos secos e úmidos.

- Por serem argilosos, independentemente da evolução pedogenética, são bastante porosos, de boa capacidade de reter água e elementos. Consequentemente, têm boa capacidade hídrica e respondem bem à adubação. Por outro lado, se forem continuamente mecanizados com equipamentos pesados ou pisoteados por gado, compactam-se, impermeabilizam-se e se tornam suscetíveis à erosão laminar, dando origem ao fenômeno conhecido como “pé-de-grade”, que é a formação de uma camada subsuperficial altamente impermeável e endurecida que faz com que a camada superior, por ser mais porosa e permeável, fique encharcada nos períodos de chuva e seja facilmente removida por erosão laminar. Além disso, essa camada endurecida impede que a água se infiltre no subsolo, diminuindo a recarga dos lençóis subterrâneos.

- Como são áreas que ocorrem junto e em posição topográfica acima das unidades geológico-ambientais DCta e DCGMGLgno, o escoamento superficial flui para esses terrenos, significando que o uso agrícola inadequado desse domínio impactará as terras circunvizinhas, entre elas o Pantanal. No caso dos *inselbergs* (Figura 4.187), são terrenos de escoamento superficial rápido e sujeito a formar enxurradas de muito alto potencial erosivo, apresentando muitas parcelas com declives que dificultam ou impedem o uso de implementos agrícolas motorizados. Onde o relevo é colinoso (Figura 4.187), o escoamento superficial é baixo; no entanto, as drenagens que cortam esses terrenos nascem nas áreas montanhosas com as quais se delimitam em sua porção oriental (unidade geológico-ambiental DCGR1salc), consequentemente, são sujeitas a grandes e bruscas mudanças de vazão, são bastante erosivas e estão carreando sedimentos para os terrenos aplainados para onde naturalmente fluem. Como aspectos positivos dessas áreas colinosas, destaca-se que são as de maior expressão areal, os declives são suaves, portanto, não apresentam impedimentos ao uso de maquinário motorizado, e nelas se espera que os solos sejam profundos e apresentem boas qualidades físicas para a agricultura. Porém, há de se considerar que os solos devem ser bem evoluídos e, por isso, podem apresentar baixa fertilidade natural e conter excesso de alumínio.

Recursos Hídricos e Fontes Poluidoras

São terrenos de pouca expressão areal, o que prejudica seu potencial de exploração de água subterrânea, e com características pouco favoráveis à recarga de aquíferos, destacando-se que:

- O substrato rochoso desse domínio é constituído por rochas maciças, de nula permeabilidade e porosidade

primária. Porém, como são portadoras de muitas fraturas abertas e dispostas em várias direções, apresentam permeabilidade e porosidade secundárias altas. Entretanto, as condições de relevo e solo não são favoráveis a que as águas das chuvas se infiltrem no subsolo. Nas áreas de *inselbergs* (Figura 4.187), o substrato rochoso fraturado aflora ou se situa próximo à superfície, porém o solo é argiloso, pouco permeável e os declives são acentuados, favorecendo que o escoamento superficial seja rápido e que a maior parte da água não se infiltre. Entretanto, não se pode desconsiderar que, nessas áreas, fontes pontuais de contaminação podem poluir as águas subterrâneas via fraturas. Ao contrário, onde o relevo é de colinas amplas e suaves (Figura 4.187), o escoamento superficial é baixo, porém, a infiltração da água é prejudicada, por se tratar de terrenos recobertos por solo argiloso pouco permeável e profundo. Há de se considerar que, os mesmos fatores que inibem a infiltração de água no subsolo, inibem, também, a infiltração de poluente e, por consequência, protege os lençóis subterrâneos da contaminação. Além disso, essa área apresenta configuração topográfica favorável a que o lençol freático aflore nas zonas limítrofes com as áreas montanhosas circunvizinhas da unidade geológico-ambiental DCGR1salc (Granito Alumiador).

- Constituem-se em aquíferos fraturados, com bom potencial armazenador e circulador de água subterrânea via fraturas, porém, o potencial de exploração de água local é bastante irregular: depende de o poço cruzar fraturas, de estas serem abertas – para a água poder se armazenar e circular –, da densidade que elas ocorrem e se estão interligadas; por isso, é muito comum um poço dar excelente vazão e outro, ao lado, ser seco.

- O contexto geomorfológico desses terrenos é favorável a que as fraturas sejam recarregadas pelas águas armazenadas nos sedimentos do Pantanal; por isso, esperam-se melhores vazões abaixo do nível de base desses sedimentos.

Potencial mineral

Contexto geológico favorável à prospecção de cobre e elementos do grupo da platina.

Potencial geoturístico

- A área de colinas amplas e suaves (Figura 4.187) delimita-se, em sua porção oriental, com terrenos montanhosos recobertos por densa mata primária e, na parte ocidental, com as áreas planas do Pantanal. Além de formar um conjunto de grande beleza cênica, constitui-se em importante ecossistema para refúgio da fauna durante as épocas de cheia do Pantanal.

- As áreas de *inselbergs* (Figura 4.187) se destacam como morros isolados em meio à planície do Pantanal, formando um conjunto de relevos contrastantes, de grande beleza paisagística.

DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES NÃO-DEFORMADOS (DCGR1)

Esse domínio é representado pelos granitos Taboco, Rio Negro, Coxim e Alumiador, constituídos por rochas magmáticas derivadas de magmas de composição ácida a intermediária que se cristalizaram em altas profundidades da crosta terrestre e que não sofreram deformação posterior em estado sólido ou subsólido.

Elementos de Definição e Área de Ocorrência

As rochas desse domínio apresentam textura granular variando de fina a grossa e mineralogia não-orientada à base de feldspato e quartzo. Quimicamente são diferentes, o que levou a separá-lo em duas unidades geológico-ambientais:

- DCGR1alc (Série Granítica Alcalina): Corresponde aos terrenos sustentados pelos granitos Taboco, Rio Negro e Coxim.

- DCGR1salc (Série Granítica Subalcalina): Corresponde aos terrenos sustentados pelo Granito Alumiador.

O Granito Alumiador, de todos o mais expressivo, ocorre a oeste do estado de Mato Grosso do Sul, compreendendo as serras do Alumiador, São Miguel, São Paulo e Paraguai, com algumas ocorrências isoladas na borda ocidental da serra da Bodoquena. Os outros três afloram na borda ocidental da Bacia do Paraná, ao longo da escarpa oeste da serra do Maracaju (Figura 4.188).

Formas de Relevo

Foram identificadas várias formas de relevo. No Granito Coxim, o relevo é escarpado; no Granito Rio Negro, são relevos do tipo *inselbergs*; no Granito Taboco, os terrenos são mais arrasados, sendo o relevo classificado como colinas amplas e suaves; no Granito Alumiador, predominam relevos mais vigorosos, com ampla predominância do tipo montanhoso, seguido de algumas áreas de morros e serras baixas e vários pequenos *inselbergs*, além de outros tipos mais dissecados classificados como colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas conservadas (Figura 4.189).

Características, Adequabilidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação

Obras de engenharia

São terrenos que apresentam tanto adequabilidades como limitações geotécnicas, destacando-se que:

- São constituídos por rochas graníticas, cuja mineralogia essencial é à base de feldspatos e quartzo, minerais de dureza elevada e de moderada a alta resistência ao intemperismo

físico-químico. Por serem do tipo pós-tectônico, apresentam textura granular isótropa, ou seja, sem orientação mineral, geralmente com boa homogeneidade textural e composicional, portadores de poucas descontinuidades estruturais que podem se constituir em planos de fraqueza estrutural. Em decorrência de tais características, são rochas de alto grau de coesão, boa homogeneidade geotécnica lateral e vertical, muito baixa porosidade primária, elevada resistência à compressão, boa capacidade de suporte e adequadas para uso em fundações e como agregados para concreto. Por outro lado, são de alta resistência ao corte e à penetração, necessitando de explosivos para o seu desmonte.

- Nesses tipos de granitos as fraturas se concentram nas bordas dos maciços, locais onde costumam ser densamente fraturados em várias direções. Tais fraturas constituem-se em importantes descontinuidades geomecânicas e hidrau-

licas que tanto facilitam a percolação de fluidos como o desprendimento de blocos em taludes de corte.

- São rochas que se alteram de modo bastante heterogêneo e diferenciado; por isso, a profundidade do substrato rochoso costuma ser bastante irregular, podendo ocorrer, em meio ao solo, blocos e matacões de rochas frescas aleatoriamente distribuídos, tanto de forma concentrada como isolada, mesmo onde o solo é profundo e bem evoluído. São terrenos onde, a curtas distâncias, é possível encontrar materiais com os mais variados graus de resistência ao corte e à penetração, o que pode dificultar a execução de escavações e perfurações e a cravação de estacas. Além disso, blocos e matacões podem rolar com facilidade se expostos em taludes de corte ou em encostas declivosas (Figura 4.190), bem como desestabilizar obras se as fundações se apoiarem parcialmente sobre eles.

Por isso, obras sobre terrenos sustentados por rochas graníticas exigem estudos geotécnicos detalhados e apoiados em sondagens de malha pouco espaçada e de várias profundidades, o que implica custos elevados, tanto na fase de planejamento como na de execução.

- São rochas que se alteram para solos argilo-siltico-arenosos. Quando pouco evoluídos, são de alta erosividade e se desestabilizam com facilidade em taludes de corte, por isso, no caso de obras que envolvam escavações, é importante evitar deixá-los expostos à erosão. É o que se espera para os solos das áreas de relevo mais acidentado, caso dos montanhosos, escarpados e dos *inselbergs* (Figura 4.189). Além disso, nessas áreas os declives são acentuados, com muitas encostas declivosas e sujeitas a instabilidades naturais, inclusive de movimentos de massa, envolvendo rolamento de blocos e matacões. Nessas áreas, o escoamento superficial é muito rápido e sujeito a formar enxurradas com alto potencial erosivo e destruidor de obras, sendo terrenos de alta densidade de afloramentos rochosos sob a forma de blocos, matacões e lajeados. Portanto, são áreas com severas limitações frente à execução de qualquer tipo de obra, pois oferecem dificuldades para escavações e perfurações e para contenção de encostas, além da necessidade de cortes e aterros altos e de muita transposição de canais de drenagem. Esses solos pouco evoluídos são inadequados para utilização como material de empréstimo em obras em que ficam sujeitos à concentração das águas pluviais. Por outro lado, apresentam textura à base de cristais de feldspato e quartzo, constituindo-se em bom material para utilização como saibro (Figura 4.191).

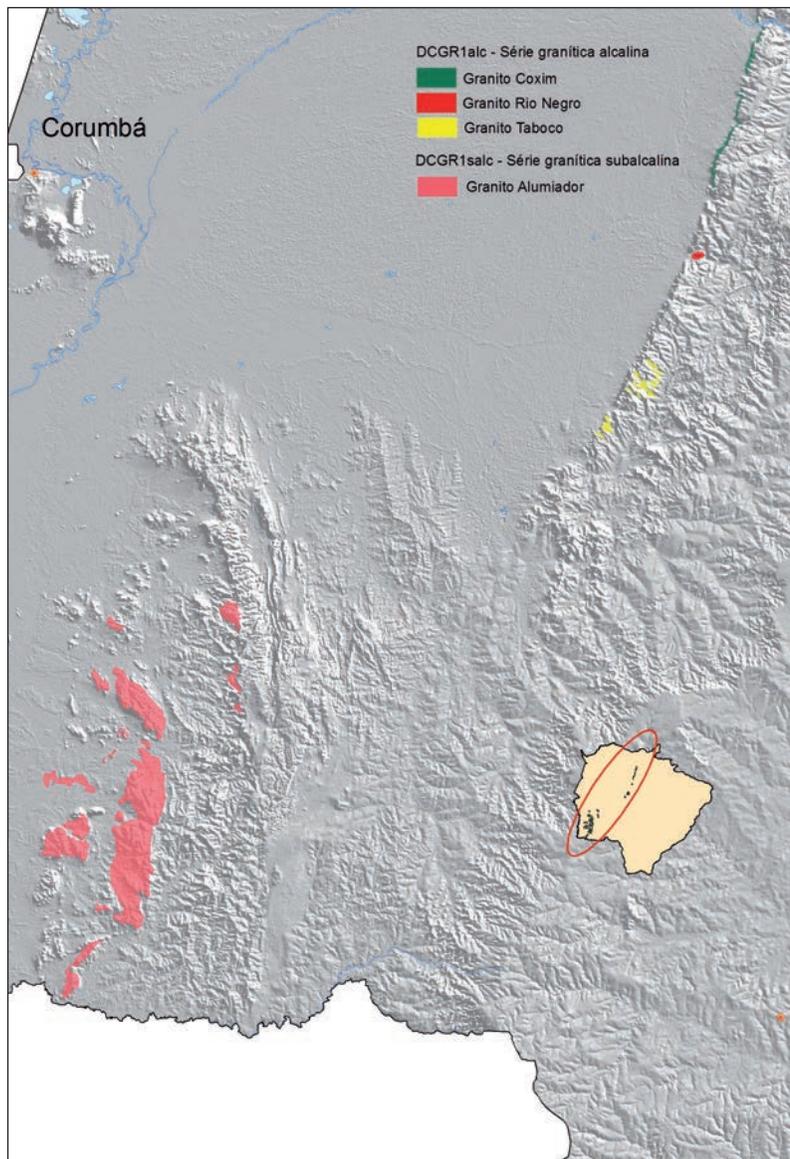


Figura 4.188 - Área de ocorrência das unidades geológico-ambientais do domínio dos complexos granitoides não-deformados (DCGR1) no estado de Mato Grosso do Sul.

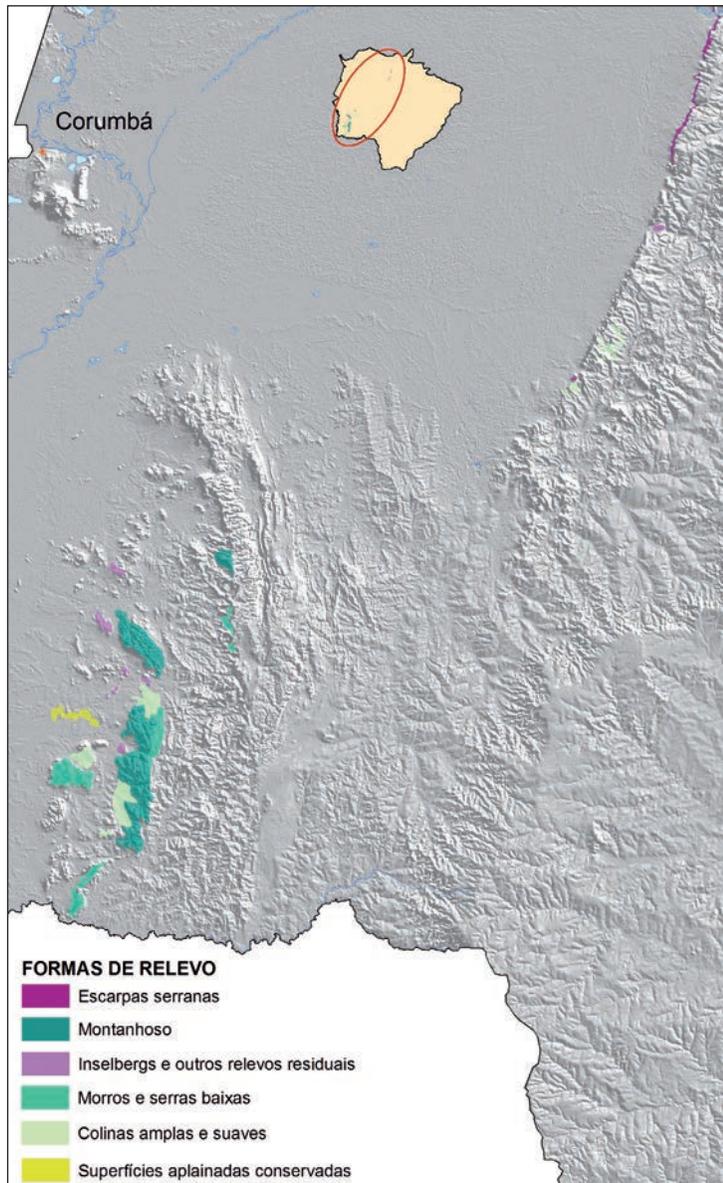


Figura 4.189 - Formas de relevo dos terrenos sustentados pelo domínio DCGR1 (complexos granitoides não-deformados).

- Já os solos bem evoluídos, por terem textura à base de argila, tornam-se moderadamente permeáveis e plásticos, apresentam boa capacidade de compactação, são mais estáveis, poucos erosivos e são bons para utilização como material de empréstimo. É o que se espera para as áreas de relevos mais suavizados, classificadas como colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas conservadas (Figura 4.189). Além disso, tais áreas são bem estabilizadas, com declives baixos, por isso, com baixos potenciais de erosão hídrica e de movimentos naturais de massa, sendo mais favoráveis à execução de obras.

- Além das características anteriormente descritas, destaca-se que, no caso do Granito Coxim (Unidade DCGR1alc), o relevo escarpado é controlado por falha geológica que o delimita da Bacia do Pantanal, que ainda está em subsidência, portanto, situa-se em região tectonicamente instável. Além de todas as limitações do relevo frente à execução de obras, trata-se de uma zona de fraqueza estrutural, com rochas densamente fraturadas e com muitos depósitos de tálus e de colúvios naturalmente instáveis. No caso do Granito Alumiador (Unidade DCGR1salc), cabe salientar que, onde o relevo é montanhoso, parte de sua borda ocidental delimita-se com a Unidade DCta (Terraços Aluvionares da Formação Pantanal) e onde o relevo é de *inselbergs*, a maior parte está ilhada nessa unidade. Em consequência, nessas áreas, obras executadas sem critérios técnicos afetarão diretamente os terrenos da região pantaneira.

Agricultura

No caso de os terrenos desse domínio ser destinados ao uso agrícola, deve-se considerar que:

- Rochas graníticas, independentemente de outras variáveis, alteram-se para solos argilo-siltico-arenosos, bastante porosos, de boa capacidade de reter e fixar elementos e assimilar matéria orgânica. Ou seja, são

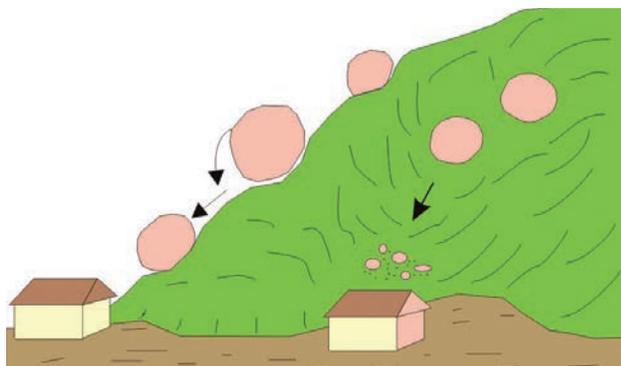


Figura 4.190 - Esboço de movimentação de blocos e matacões expostos na superfície, o que pode gerar tragédias de grandes proporções.



Figura 4.191 - Aspecto do saprólito, grosseiro e porfiróide, da unidade geológico-ambiental DCGR1salc (Porto Murtinho, MS).

solos de boa capacidade hídrica, apresentam boa disponibilidade de água para as plantas por longo tempo dos períodos mais secos e não necessitam de irrigação frequente; quando adubados, fixam e retêm nutrientes.

- Quando pedogeneticamente pouco evoluídos, são bastante erosivos. Quando a pedogênese é avançada, são de erosividade natural baixa, mas podem apresentar alta erosão induzida se forem continuamente mecanizados com equipamentos pesados ou pisoteados por gado. Nesse processo, forma-se uma camada subsuperficial extremamente endurecida e impermeável que funciona como uma superfície de deslizamento da camada superficial, mais permeável, que, saturada de água, pode ser removida por erosão laminar. A consequência desse fenômeno (“pé-de-grade”) é a perda da camada agrícola, que é a mais fértil, e a diminuição da infiltração de água no subsolo.

- São solos de fertilidade natural bastante variável, de baixa a moderada, em geral, com teor elevado de alumínio. Quando bem evoluídos, podem conter excesso desse elemento e, por isso, apresentar acidez elevada e de difícil correção. No caso da Unidade DCGR1salc, por se tratar de terrenos sustentados por rochas graníticas subalcalinas (Granito Alumiador) (Figura 4.188), que, quando se alteram, liberam bastante potássio e cálcio para o solo, o solo apresenta fertilidade natural relativamente boa. Já nos terrenos da Unidade DCGR1alc, sustentados por rochas graníticas alcalinas (Figura 4.188), as quais se alteram liberando quase que exclusivamente potássio, os solos são ricos em potássio, mas pobres em outros nutrientes.

- As áreas de relevos de colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas conservadas (Figura 4.189) são favoráveis aos processos pedogenéticos. Nelas, devem predominar solos bem evoluídos, com texturas com boas características agrícolas para agricultura, como também devem ser profundos, o que favorece a depuração de poluentes agrícolas, evitando que estes contaminem as águas subterrâneas. Além disso, são áreas com baixos declives e amplitudes topográficas, de baixo escoamento superficial, portanto, sem restrições ao uso de implementos agrícolas motorizados. Como particularidade desses terrenos, os de superfícies aplainadas (Figura 4.189) são de baixo potencial para existência de cursos d’água, por isso, com deficiência de água superficial para irrigação.

- Nas áreas onde o relevo é bastante irregular, identificado como de morros e serras baixas (Figura 4.189), os processos pedogenéticos evoluem de forma bastante diferenciada, por isso, os solos apresentam grandes diferenciações locais de espessuras e características físico-químicas. Além disso, em muitos locais, os declives podem limitar ou dificultar o uso de maquinários motorizados.

- Onde os relevos são bastante movimentados, classificados como montanhoso, escarpado e *inselbergs* (Figura 4.189), são áreas desfavoráveis aos processos pedogenéticos. Nelas há maior possibilidade para solos rasos e, em muitos locais, com alta rochosidade. De modo geral, os declives e as amplitudes topográficas são elevados, muitos deles impeditivos ou com severas limitações para a agricultura mecanizada.

Além disso, o escoamento superficial é muito rápido e flui para as planícies pantaneiras, ou seja, estão em contexto ambiental com severas limitações para a agricultura.

Recursos hídricos e fontes poluidoras

Como particularidades importantes destaca-se que:

- Nessas rochas graníticas, as águas subterrâneas armazenam e circulam através de fendas relacionadas a falhas e fraturas abertas que, no caso dos granitos que ocorrem na área, concentram-se especialmente nas bordas dos maciços. Constituem-se em aquíferos do tipo fissural, com moderado a baixo potencial armazenador e circulador de água subterrânea e com potencial de exploração bastante irregular: depende de o poço cruzar fraturas, de estas serem abertas – para a água poder se armazenar e circular –, da densidade que elas ocorrem e se estão interligadas; por isso, é muito comum um poço dar excelente vazão e outro, ao lado, ser seco.

- As áreas em que o relevo é de colinas amplas e suaves e de superfícies aplainadas conservadas (Figura 4.189) são favoráveis a que os solos sejam profundos e com pedogênese avançada, portanto, devem apresentar boa permoporosidade, podendo se constituir em bom aquífero superficial. Além disso, solos com pedogênese avançada, derivados de rochas graníticas, apresentam boa capacidade de reter e depurar poluentes; por se tratar de solos profundos, a vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas é baixa. Também são áreas de relevo que favorecem a retenção das águas das chuvas e a recarga das águas subterrâneas.

- Onde o relevo é de superfícies aplainadas conservadas, trata-se de uma configuração desfavorável a que o lençol freático aflore e, por isso, não há cursos d’água.

- Nas áreas montanhosas, escarpadas e de *inselbergs* (Figura 4.189), as declividades são bastante acentuadas. Quando chove, pouca água se infiltra no subsolo – a maior parte escorre rapidamente para os canais de drenagem; consequentemente, são áreas desfavoráveis à recarga das águas subterrâneas. Por outro lado, esses relevos são favoráveis a que o lençol freático aflore no sopé das encostas. Há de se considerar, também, que, nessas áreas, o manto de intemperismo em geral é raso e, em muitos locais, ocorrem rochas fraturadas aflorantes ou muito próximas à superfície, o que aumenta o risco de contaminação das águas subterrâneas via fraturas.

Potencial mineral

- Ambiente geológica favorável para rochas com características mineralógicas, texturais, tonalidades e formas de afloramentos adequadas para serem explotadas como brita, pedra de cantaria, rocha ornamental e minerais associados a pegmatitos.

- Na Unidade DCGR1salc, ocorre granito subalcalino, contexto geológico favorável à existência de mineralizações magmato-hidrotermais de cobre e ouro.

Potencial geoturístico

- O Granito Coxim (Figura 4.189) aflora ao longo de uma falha geológica que separa o Pantanal dos terrenos sustentados por rochas mais antigas, constituindo-se em frente erosiva escarpada de grande beleza cênica.

- A Unidade DCGR1salc, sustentada pelo Granito Alumiador, é a mais expressiva da área. Onde o relevo é montanhoso, em vários locais apresenta sistema de drenagem com águas correndo sobre o substrato rochoso, formando belas corredeiras, cachoeiras e piscinas naturais. Destaca-se que são nessas áreas montanhosas que se encontra o pouco que resta da Mata Atlântica no estado, por isso, são áreas importantes como banco de sementes e por se constituírem em habitat para vários animais, o que justifica sua preservação. Também se constituem em áreas de grande beleza paisagística; em muitos locais, compõem uma paisagem de contraste entre o relevo montanhoso com as áreas planas adjacentes sustentadas por rochas de outros domínios geológico-ambientais, principalmente das planícies do Pantanal (Figura 4.192).



Figura 4.192 - Vista ao fundo da paisagem de relevo montanhoso sustentado pela unidade DCGR1salc (granito Alumiador), em contraste com os terrenos colinosos do domínio DCGMG (complexo rio Apa) (Porto Murinho, MS).

DOMÍNIO DO COMPLEXO GRANITO-GNÁISSICO MIGMATÍTICO E GRANULITOS (DCGMGL)

Esse domínio está representado, na região, por uma complexa associação de rochas, produto de intensas transformações metamórficas de outras rochas muito antigas que sofreram fusão, refusão e foram penetradas por material granítico mais novo.

Elementos de Definição e Área de Ocorrência

Dentre os litotipos predominam rochas granito-gnaiss migmatíticas com feições indicativas de que se derivaram principalmente da fusão de antigas rochas graníticas, existindo

também rochas que contêm vestígios de que, em parte, também se derivaram da fusão parcial de antigas sequências vulcanossedimentares marinhas. Em consequência, nesses terrenos, a curtas distâncias pode-se passar de um tipo de rocha para outro totalmente diferente, tanto em termos de composição mineral como de características texturais, deformacionais, grau de alteração e forma de afloramentos. Na literatura geológica, as rochas que sustentam esse domínio são reportadas como pertencentes ao Complexo Rio Apa e ocorrem segundo uma faixa no sentido N-S, que se estende desde as proximidades da cidade de Corumbá até as margens do rio Apa. Foram incluídas em única unidade geológico-ambiental – DCGMGLgno (Predomínio de Gnaisses Ortoderivados, Podendo ou não Conter Porções Migmatíticas) (Figura 4.193).

Formas de Relevo

O relevo nesse domínio é bastante diversificado, com formas bastante suavizadas, dos tipos colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas, até relevos mais movimentados, classificados como colinas dissecadas e morros baixos, *inselbergs* e morros e serras baixas (Figura 4.193).

Características, Adequabilidades e Limitações Frente ao Uso e à Ocupação

Obras de engenharia

No caso de se executar qualquer tipo de obra sobre esses terrenos, deve-se levar em conta que:

- São constituídos por rochas que, quando frescas, são de dureza elevada e de alta resistência ao corte e à penetração, necessitando de explosivos para o seu desmonte. São portadoras de muitas descontinuidades geomecânicas que facilitam o desprendimento de blocos em taludes de corte, a percolação de fluidos e os processos intempéricos e erosivos. Recomendam-se cuidados especiais com as obras subterrâneas, especialmente aquelas destinadas ao armazenamento e transporte de substâncias poluentes.

- As rochas granito-gnaiss migmatíticas se intemperizam de modo bastante heterogêneo e diferenciado; por isso, a profundidade do substrato rochoso costuma ser bastante irregular. Em muitos locais, pode haver, lado a lado, materiais com os mais variados graus de alteração e resistência ao corte e à penetração. Mesmo nos terrenos onde os solos são profundos e bem evoluídos, como é de se esperar nas áreas de relevo de colinas amplas e suaves e de superfícies aplainadas (Figura 4.193), é grande a possibilidade de haver, mergulhados no solo, blocos e matacões isolados ou concentrados de rochas frescas (Figuras 4.194 e 4.195), o que pode dificultar e/ou encarecer a execução de escavações e perfurações, bem como causar problemas de desestabilização de obras se as fundações se apoiarem parcialmente sobre eles. É recomendável que, antes de se executar qualquer tipo de obra nesses terrenos, sejam realizados estudos geotéc-

nicos detalhados, apoiados em sondagens de malha pouco espaçada, e ensaios tecnológicos de materiais coletados de várias profundidades, pois ensaios geotécnicos pontuais têm pouca representatividade lateral e vertical. São terrenos que demandam custos elevados, tanto para a fase de estudos investigativos como para execução de obras.

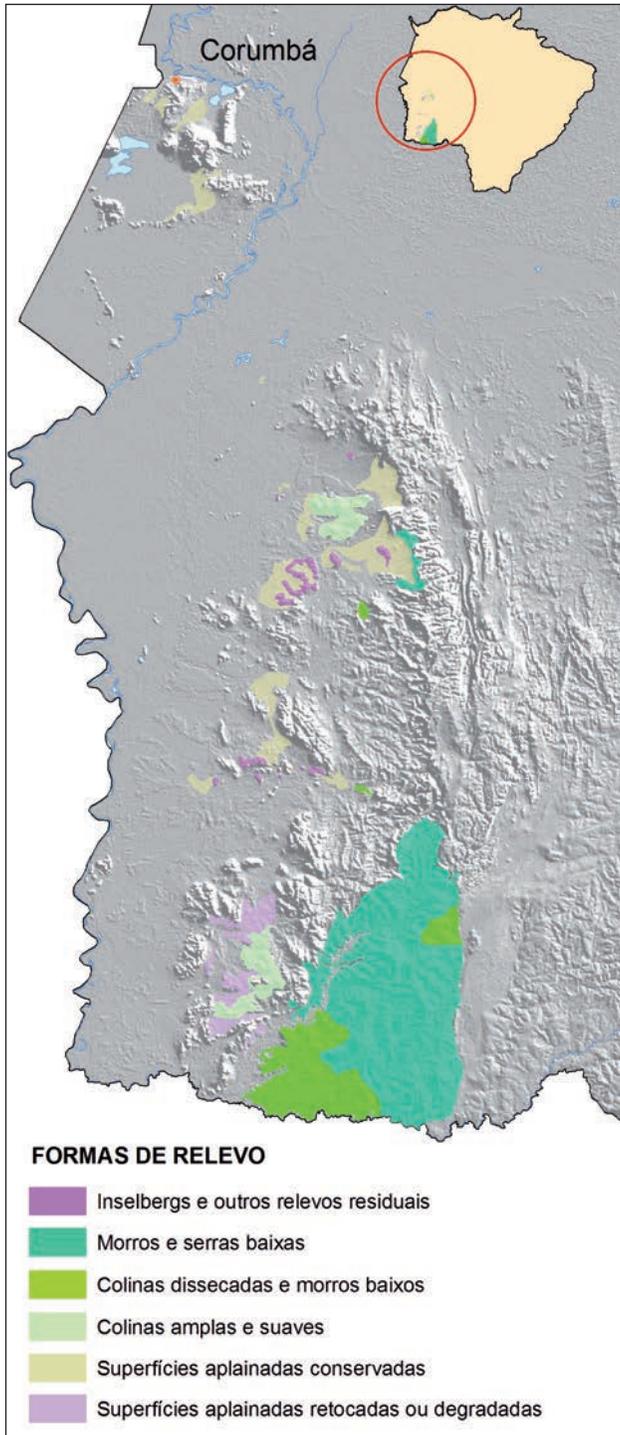


Figura 4.193 - Área de ocorrência da unidade geológico-ambiental DCGMGLgno (predomínio de gnaisses ortoderivados, podendo ou não conter porções migmatíticas) e formas de relevo associadas.



Figura 4.194 - Blocos de rochas semialteradas imersos no solo, característica decorrente do intemperismo diferenciado das rochas granito-gnaiss migmatíticas (Bela Vista, MS).



Figura 4.195 - Característica comum nos terrenos granito-gnaiss migmatíticos: existência aleatória e esporádica de blocos e matácões de rochas mergulhados no solo ou expostos na superfície (Caracol, MS).

- As rochas granito-gnaiss migmatíticas, a despeito de outras variáveis, alteram-se para solos argilo-siltico-arenosos que, independentemente da evolução pedogenética, são bastante aderentes e pegajosos quando molhados e, quando secos, entram facilmente em suspensão. Por isso, não se recomenda iniciar grandes obras nos períodos chuvosos, devido a problemas com emplastamento de maquinários e ferramentas, assim como as vias não-pavimentadas tornam-se muito escorregadias. Já nos períodos secos, o problema maior é com a formação de poeira.

- Em razão do intemperismo diferenciado, os solos, se pedogeneticamente pouco evoluídos, são bastante erosivos, desestabilizam-se com facilidade em taludes de corte e se tornam bastante erosivos se expostos à concentração de águas pluviais. A ação das águas sobre esse material pode produzir focos erosivos tão grandes quanto os que se desenvolvem em áreas arenosas, razão pela qual não são adequados para utili-

zação como material de empréstimo. Na execução de qualquer tipo de obra, não se deve fazer cortes muito profundos nem deixar expostos na superfície os horizontes inferiores dos solos. Tal cuidado não foi observado na construção da Rodovia BR-267, cujo material para o aterro foi retirado de suas laterais, expondo os horizontes inferiores dos solos à concentração das águas das chuvas e desencadeando processos erosivos (Figura 4.196), pois grande volume de detritos está sendo erodido e assoreando os cursos d'água. Embora essa preocupação se estenda a todos os terrenos desse domínio, ela é maior para as áreas de relevo mais movimentado, como as de relevos residuais, morros e serras baixas, colinas dissecadas e morros baixos (Figura 4.193). Em muito locais dessas áreas, os horizontes erosivos dos solos afloram ou estão situados a baixas profundidades, o escoamento superficial é rápido e forma enxurradas de muito alto potencial erosivo e destruidor de obras. Em caso de execução de obras viárias nesses terrenos, há necessidade de se proceder a cortes muito profundos, nos quais se expõem solos geotecnicamente problemáticos. Além disso, são áreas de alto potencial de rolamento de blocos, com sopés das vertentes mais declivosas recobertas por colúvios e tálus, materiais naturalmente instáveis (Figura 4.197).



Figura 4.196 - Imenso foco erosivo na margem da rodovia BR-276, induzido pela retirada do solo superficial (Porto Murtinho, MS).



Figura 4.197 - Perfil de solo característico das áreas onde o relevo é mais movimentado, com solo coluvionar capeando solo residual, materiais de características geotécnicas bem diferentes (Caracol, MS).

- Já quando bem evoluídos, os solos são de erodibilidade natural baixa e mantêm boa estabilidade em taludes de corte; são moderadamente plásticos e apresentam boa capacidade de compactação. Entretanto, os solos com pedogênese muito avançada, por serem compostos pelas frações argila, silte e areia, podem ser colapsíveis, ou seja, com a infiltração de fluidos sobre tensão podem sofrer rearranjo brusco de sua estrutura e perder a capacidade de sustentação, causando trincamentos e outros tipos de problemas às obras.

- Dentre as variações composicionais das rochas granito-gnaiss migmatíticas, é comum a existência de porções de rochas metabásicas (Figura 4.198) compostas de minerais que, no início do processo de alteração, transformam-se em argilominerais expansivos, ou seja, minerais que sofrem o fenômeno da alternância dos estados de expansão e contração se expostos à oscilação dos estados úmido e seco. Isso pode causar efeitos bastante danosos às obras subterrâneas, especialmente onde esses solos são pouco evoluídos, os quais também não são adequados para utilização como material de empréstimo em obras em que ficam sujeitos à oscilação de grau de umidade.



Figura 4.198 - Aspecto de um dos enclaves de rocha metabásica preservado em meio a rochas granito-gnaiss migmatíticas e com veios de quartzo paralelos à foliação (Corumbá, MS).

- Em alguns lugares, embutidos nas rochas granitoides, há pequenos corpos de metassedimentos à base de quartzo (quartzito) (Figura 4.199), assim como é comum a existência de veios de quartzo (Figura 4.200), materiais de baixa resistência ao cisalhamento, bastante duros e abrasivos, oferecendo dificuldades a escavações e perfurações, inclusive com desgaste de brocas.

- Nas áreas onde o relevo é de colinas amplas e suaves e de superfícies aplainadas, o manto de alteração costuma ser profundo; na maior parte, é de fácil escavabilidade. As declividades e amplitudes são baixas, assim como é baixo o potencial de movimentos de massa, ou seja, são terrenos bem estabilizados, onde não haverá necessidade de execução de cortes profundos para minimizar declives nem de muitas obras de transposição de canais de drenagens, caso sejam destinados a suportar obras viárias. Há de se

destacar, porém, que onde o relevo é de superfícies aplainadas conservadas ou degradadas (Figura 4.193), pode haver solos transportados sobre os solos residuais, ou seja, dois materiais de características geotécnicas bem diferentes; por se tratar de áreas de declives muito baixos e com sistema de drenagem principal em franco processo de assoreamento, são de escoamento superficial precário. Caso sejam destinados a obras, deve-se prever deficiência de escoamento em canalizações enterradas e que, nas épocas das chuvas, é grande a possibilidade de formar empoçamento d'água e lençol freático temporário próximo da superfície.

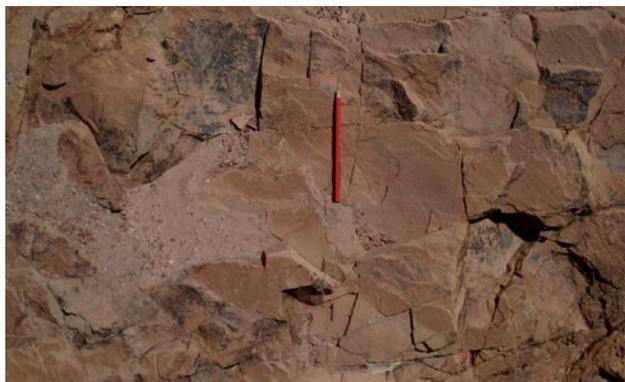


Figura 4.199 - Aspecto dos quartzitos bastante fraturados, que ocorrem em meio às rochas gnáissicas; provavelmente, são vestígios de camadas de areias que, em tempos muito antigos, depositaram-se em ambiente litorâneo praial (Bela Vista, MS).



Figura 4.200 - Exemplar de uma variação de granitoide que ocorre nesse domínio. Nesse caso, um gnaisse menos deformado, de textura mais homogênea, com indícios de hidrotermalismo (veios de quartzo rosa) (Bela Vista, MS).

Agricultura

Como particularidades importantes, destaca-se que:

- A maior parte das rochas que sustentam esse domínio altera-se para solos com elevado teor de argila. O aspecto positivo é que, independentemente do grau da pedogênese, são solos bastante porosos e com boa capacidade de reter elementos. Isso significa que, quando adubados, retêm e fixam bem os nutrientes, assimilam bem a matéria orgânica e apresentam boa capacidade de armazenar água, ou seja,

mantêm boa disponibilidade de água para as plantas por longo tempo dos períodos secos. Por outro lado, devido ao alto teor de argila, são altamente suscetíveis à compactação, podendo se tornar muito duros quando secos. Quando pouco evoluídos, são pouco permeáveis e podem apresentar restrições ao uso da irrigação por aspersão – a maior parte da água pode escorrer e não se infiltrar, razão porque é recomendável o método do gotejamento. Salienta-se que esse método é recomendado especialmente para as áreas de relevo um pouco mais acidentado, como as de *inselbergs*, morros e serras baixas e colinas dissecadas e morros baixos (Figura 4.193). Nelas, é maior a possibilidade de predominância de solos rasos, pouco evoluídos e com pedogênese muito diferenciada, por isso de erodibilidade natural alta. Além disso, os declives são acentuados, o que favorece o escoamento superficial. Outra característica desses terrenos a ser considerada é que há inúmeras parcelas com declives muito acentuados, com severas limitações à agricultura mecanizada.

- Rochas granito-gnaisse migmatíticas são compostas tanto por porções de rochas que quando se alteram liberam muitos nutrientes quanto por porções que liberam poucos nutrientes. Assim, a fertilidade natural dos solos pode variar bastante de local para local, de muito boa a muito ruim. Por se alterarem de modo bastante diferenciado, a espessura, as características físico-químicas e a qualidade agrícola dos solos residuais desses terrenos podem variar e contrastar bastante de região para região; em muitos casos, de local para local, especialmente nas áreas de relevo mais movimentado, onde, além da heterogeneidade litológica, a pedogênese se desenvolve de forma diferenciada. É o caso das áreas de morros e serras baixas e de colinas dissecadas e morros baixos (Figura 4.193), onde, a curtas distâncias, pode-se passar de uma pequena mancha de solo muito bom para uma de solo muito ruim.

- Independentemente da variação litológica, predominam rochas que se alteram liberando muito alumínio. Em consequência e, principalmente, nas áreas onde os solos apresentam pedogênese avançada – o esperado no caso dos terrenos de relevo mais suavizado, dos tipos colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas (Figura 4.193) –, os solos devem conter excesso de alumínio, elemento tóxico à maioria das plantas.

- Nas áreas de relevo suavizado, dos tipos colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas (Figura 4.193), predominam solos profundos, de boas características físicas para a agricultura, os quais, em toda a extensão, podem ser mecanizados com equipamentos motorizados. Destaca-se, porém, que são áreas com poucos canais de drenagem e com deficiência de água superficial. Onde o relevo é de superfícies aplainadas conservadas, o escoamento superficial é muito precário e, nas épocas de chuvas, em alguns locais, pode ocorrer deficiência de escoamento. Além disso, muitas porções dessas superfícies aplainadas se delimitam ou estão quase que no mesmo nível das planícies do Pantanal; por isso, durante as épocas de cheias, pode acontecer de o nível do lençol freático se elevar, causando problemas para a agricultura, devido ao apodrecimento das raízes das plantas, além de possibilidade de contaminação do lençol freático por agrotóxico.

- A erosividade dos solos com alta participação de argila depende do grau de evolução pedogenética e da forma com que os solos são manejados. Quando bem evoluídos, a erosividade natural é baixa; quando pouco evoluídos, é alta. Porém, independentemente da evolução pedogenética, solos argilosos podem se tornar bastante erosivos se forem continuamente mecanizados com maquinários pesados ou pisoteados por gado. Sob cargas elevadas contínuas, forma-se uma camada subsuperficial altamente compactada e impermeabilizada. Quando chove, essa camada funciona como uma superfície de deslizamento da camada superior, que, por ser mais porosa e friável, é facilmente removida por erosão laminar (Figura 4.201).



Figura 4.201 - Erosão decorrente da compactação dos solos residuais, onde a camada superficial foi erodida: o que aflora é o horizonte C do solo bastante erosivo, mostrando indícios de erosão laminar e em sulcos (Bela Vista, MS).

- Em muitos locais, os solos residuais podem estar recobertos por cascalhos à base de fragmentos de quartzo, material que pode dificultar bastante o uso de arados, além de provocar o desgaste rápido das lâminas desses equipamentos.

- As características retromencionadas permitem concluir que a influência das rochas granito-gnaiss migmatíticas no potencial agrícola é mais positiva que negativa. Desde que o relevo seja adequado e os solos bem manejados, são terrenos que podem ser bem aproveitados para a agricultura. Entretanto, é importante considerar que todo o sistema de drenagem desse domínio flui diretamente para o Pantanal, característica que indica que cuidados especiais devem ser tomados para que os poluentes agrícolas não cheguem até os cursos d'água.

Recursos hídricos e fontes poluidoras

Como particularidades importantes, salienta-se que:

- Nas rochas granito-gnaiss migmatíticas, as águas das chuvas infiltram-se e se armazenam em falhas, fraturas e outras descontinuidades estruturais. São, portanto, aquíferos fissurais. Nesse tipo de aquífero, o potencial para exploração de águas subterrâneas é local e bastante irregular: depende de o poço cruzar fraturas, de estas serem abertas – para a água poder se armazenar e circular –, da densidade que elas ocorrem e se estão interligadas; por isso, é muito comum que nesse tipo de aquífero, mesmo em

regiões chuvosas, um poço dê excelente vazão, enquanto outro, nas imediações, seja seco. O aspecto positivo é que são rochas de composição mineral favorável a que as águas subterrâneas sejam de boa potabilidade.

- O material de alteração parcial das rochas granito-gnaiss migmatíticas (saprólito) apresenta bom potencial armazenador e circulador de água subterrânea. Portanto, onde o manto de alteração é espesso, pode haver um bom aquífero superficial, de fácil exploração e baixo custo.

- Rochas granito-gnaiss migmatíticas são de baixa permeabilidade primária e se alteram para solos com alto teor de argila. Isso significa que os terrenos desse domínio são naturalmente pouco permeáveis e desfavoráveis à recarga das águas subterrâneas. Quando chove, a maior parte das águas escorre para os canais de drenagem. Nesse sentido, a cobertura vegetal exerce um papel importantíssimo para reter as águas das chuvas e para melhorar o potencial de infiltração. Além disso, o relevo é uma variável que pode favorecer ou não o potencial de infiltração. Nos relevos mais movimentados, caso dos *inselbergs*, morros e serras baixas e de colinas dissecadas e morros baixos (Figura 4.193), são os terrenos mais desfavoráveis à recarga das águas subterrâneas, pois além da baixa permeabilidade do manto de alteração, os declives acentuados favorecem a que o escoamento superficial seja rápido. Como aspecto positivo desses tipos de relevo, destaca-se que são favoráveis a que o lençol freático aflore no sopé das encostas, por isso, são portadores de muitas nascentes de água. Por outro lado, essas formas de relevo mais movimentado são áreas de maior vulnerabilidade ao risco de contaminação das águas subterrâneas, pois nelas a espessura do manto de alteração é bastante irregular, em geral reduzida, havendo muitos locais em que rochas fraturadas podem aflorar e, pelas fraturas, poluentes se infiltrar e alcançar rapidamente as águas subterrâneas. Ao contrário, as áreas de relevos mais suavizados, caso das colinas amplas e suaves e das superfícies aplainadas (Figura 4.193), favorecem a retenção das águas das chuvas. Nelas, o solo é mais espesso e costuma apresentar pedogênese avançada, por isso, são bastante permeáveis, o que também favorece a infiltração das águas das chuvas. Além disso, o manto de alteração pode ser de espessura favorável para se constituir em bom aquífero superficial, de fácil exploração e baixo custo. O nível de vulnerabilidade de contaminação das águas subterrâneas por fontes superficiais é baixo, pois os solos, além de profundos, são ricos em argila – têm boa capacidade de reter e depurar poluentes. No entanto, salienta-se que, onde essas áreas se delimitam com as planícies do Pantanal (unidades DCfl e Dcta), o lençol freático pode se situar a baixas profundidades, podendo se elevar bastante durante as cheias que atingem essa planície.

- Em qualquer iniciativa para se implantar fontes poluentes sobre esses terrenos, tanto pontuais como difusas, deve-se levar em conta que todo o sistema de drenagem flui diretamente para o Pantanal e que, nos terrenos de relevo movimentado, identificados como relevos residuais, morros e serras baixas e colinas dissecadas e morros baixos (Figura 4.193), o escoamento superficial é rápido e, por isso, pode transportar rapidamente os poluentes para as planícies do Pantanal.

Potencial mineral

- Existência aleatória de rochas graníticas com boas características minerais e texturais para exploração de brita e pedra de cantaria.
- Terrenos com muitos depósitos de cascalho, que podem ser aproveitados para revestimento de estradas.
- Em muitos locais, existem rochas granitoides intensamente deformadas dúctil e ruptilmente; por isso, desagregam-se com facilidade, produzindo um material à base de feldspato e quartzo de boa característica para utilização como saibro (Figura 4.202).

Potencial geoturístico

Há muitos *inselbergs* em meio à planície do Pantanal formando uma paisagem de relevos contrastantes, de grande beleza cênica.



Figura 4.202 - Aspecto do material com granulometria e composição mineral para uso como saibro.

REFERÊNCIAS

BOGGIANI, P. C.; COIMBRA, A. M.; GESICKI, A. L.; SIAL, A. N.; FERREIRA, V. P.; RIBEIRO, F. B.; FLEXOR, J. M. Tufas calcárias da serra da Bodoquena. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Ed.). **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio034/sitio034htm>>.

BOGGIANI, P. C.; SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I.; GESICKI, A. L.; PHILADELPHI, N. M.; PHILADELPHI, M. Gruta do lago Azul, Bonito, MS: onde a luz do sol se torna azul. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S.; BERBERT-BORN, M.; QUEIROZ, E. T. (Ed.). **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio107/sitio107.pdf>>.

CPRM. **Mapa geodiversidade do Brasil: influência da geologia dos grandes geossistemas no uso e ocupação dos terrenos**. Brasília: CPRM, 2006. 68 p. CD-ROM.
LACERDA FILHO, J. V. de. **Geologia e recursos minerais do estado de Mato Grosso do Sul**. Goiânia: CPRM, 2006. 121 p. mapa escala 1:1.000.000.

MATO GROSSO DO SUL (Estado). **Atlas multiespectral do estado de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande: Governo do Estado de Mato Grosso do Sul/Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral, 1990. 27 p. il.

THEODOROVICZ, A. *et al.* **Projeto paisagens geoquímicas e geológico-ambientais do vale do Ribeira**. São Paulo: CPRM/UNICAMP/FAPESP, 2005.

THEODOROVICZ, A.; THEODOROVICZ, A. M. de G.; CANTARINO, S. da C. **Estudos geológico-ambientais e geoquímicos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo**. São Paulo: CPRM, 2002. 1 CD-ROM.

THEODOROVICZ, A. *et al.* **Projeto médio Pardo**. São Paulo: CPRM, 2001.

THEODOROVICZ, A.; THEODOROVICZ, A. M. de G.; CANTARINO, S. da C. **Projeto Mogi-Guaçu/Pardo**. Atlas geológico-ambiental das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, SP: subsídios para o planejamento territorial e gestão ambiental. São Paulo: CPRM, 2000. il. color. Programa Nacional de Gestão e Administração Territorial.

THEODOROVICZ, A.; THEODOROVICZ, A. M. de G.; CANTARINO, S. da C. **Projeto Curitiba**. Informações básicas sobre o meio físico: subsídios para o planejamento territorial. Folha Curitiba 1:100.000. Curitiba: CPRM, 1994. 109 p. Programa Informações para Gestão Territorial.

5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Angela Maria de Godoy Theodorovicz (*angela.godoy@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

SUMÁRIO

Conclusões e recomendações..... 137

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Como principais conclusões do Levantamento da Geodiversidade do Estado de Mato Grosso do Sul, destacam-se algumas características geoambientais regionais que devem ser consideradas em todas as formas de uso e ocupação, seja em nível setorial ou regional.

A porção ocidental do estado, drenada pela bacia hidrográfica do Rio Paraguai, é formada por dois grandes compartimentos geomorfológicos com características bastante contrastantes: (i) as áreas baixas do Pantanal, um ambiente onde o sistema de drenagem é de baixa energia, com águas lentas, de baixo potencial oxigenador, que depositam muito mais do que transportam sedimentos, portanto, um ambiente de características mais concentradoras que dispersoras; (ii) as áreas altas circunvizinhas, cuja maior parte é sustentada por sedimentos arenosos naturalmente muito erosivos, onde o relevo se encontra em franco processo de dissecação, com sistema de drenagem de alta energia, escavando e transportando muito mais que depositando sedimentos e fluindo diretamente para o Pantanal (Figura 5.1).

Isso significa que ações ambientalmente incorretas praticadas nas áreas altas irão impactar, negativamente, as áreas baixas do Pantanal. Nesse sentido, recomenda-se:

- Não acelerar os processos erosivos nos terrenos altos e não permitir que contaminantes alcancem os cursos d'água. Tais cuidados não foram e não estão sendo observados no processo de uso e ocupação desses terrenos arenosos. Em consequência, a cada ano os cursos d'água que passam pelo Pantanal tornam-se menos profundos e suas enchentes atingem níveis mais elevados, como constatado na estrada utilizada para transportar minério de ferro das minas das Morrarias do Urucum até o porto fluvial no rio Paraguai, em Corumbá: nos últimos tempos, ela tem permanecido boa parte do ano alagada, impedindo o tráfego e acarretando sérios prejuízos (Figura 5.2). Esse potencial erosivo está sendo acelerado pelo desmatamento, pelo pisoteamento do gado nas cabeceiras e ao longo dos canais de drenagem e pela execução equivocada do sistema viário, em que os aterros das estradas são construídos com material de empréstimo escavado de suas laterais (Figura 5.3), deixando expostos à erosão fluvial materiais extremamente erosivos quando submetidos à concentração das águas das chuvas.

Nas planícies do Pantanal, a pastagem cobre vastas áreas, aproveitando as gramíneas nativas, mas também avança em novas frentes, com desmatamento da mata natural (Figura 5.4).

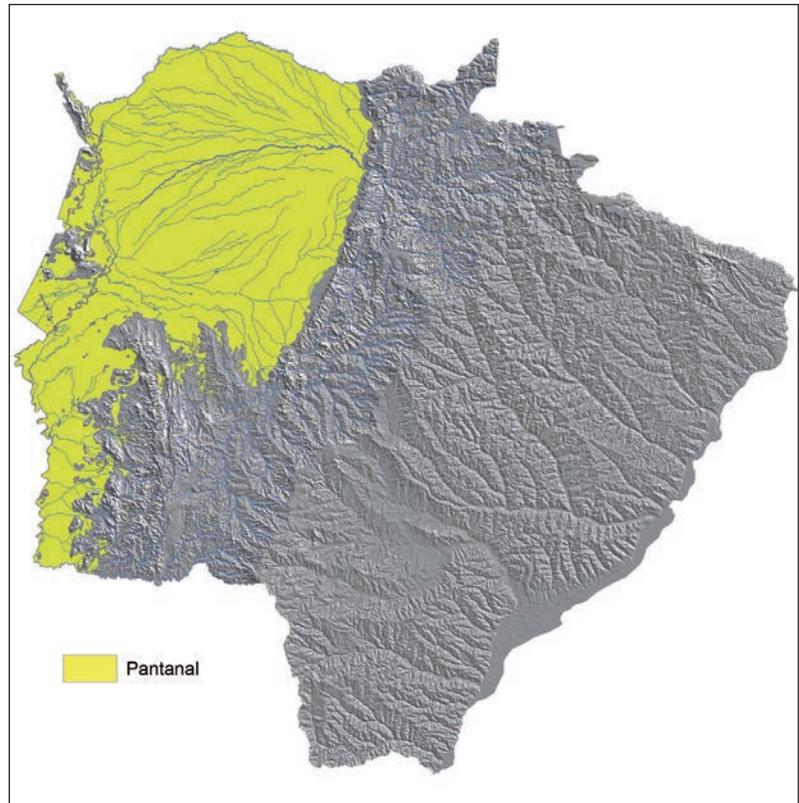


Figura 5.1 - Contraste de relevo entre a planície do Pantanal, com as áreas altas adjacentes e com a rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Paraguai.



Figura 5.2 - Estrada de acesso às minas da Morraria do Urucum em área que corta a planície do Pantanal, com trechos alagados, de difícil trafegabilidade (Corumbá, MS).

Essa planície é cortada por algumas estradas, entre elas a BR-262, que liga Campo Grande a Corumbá e percorre a planície por aproximadamente 200 km. Nessas estradas é frequente a morte de animais por atropelamento; inclusive, muitos deles em extinção, como o tamanduá-bandeira. Esse é um quadro que causa espanto e indignação nos turistas que visitam o Pantanal, atraídos por uma de suas maiores e mais belas riquezas: a fauna. (Figura 5.5).



Figura 5.3 - Cavas abertas na lateral da rodovia BR-060, em trecho que corta sedimentos arenosos da formação Caiuá, expondo-os à erosão (Bandeirantes, MS).



Figura 5.4 - Área desmatada sobre terrenos da planície do Pantanal, para uso de pastagem (Aquidauana, MS).



Figura 5.5 - Animal morto por atropelamento na BR-262, no trecho em que essa rodovia atravessa a planície do Pantanal.

Para essas áreas, recomenda-se:

- Coibir o desmatamento, pois tal prática interfere negativamente nos biomas do Pantanal, lembrando que o Pantanal é um dos mais valiosos patrimônios naturais do Brasil, uma das mais extensas áreas úmidas do planeta e um santuário ecológico que abriga uma das maiores diversidade de fauna e flora do mundo.

- Dotar as estradas de sinalização e redutores de velocidades, de corredores subterrâneos para passagem de animais e de cercas marginais que os impeçam de cruzar as pistas.

Aproximadamente metade do território do estado, que compreende a sua porção oriental e é constituída por sedimentos e solos arenosos do Domínio DSVMP, com relevos bastante suavizados, encontra-se quase que totalmente ocupada por pastagens (Figura 5.6).

Trata-se de terrenos altamente permeáveis, o que torna a área importante para a recarga das águas subterrâneas, além de ser um aquífero exposto na superfície (principalmente o Aquífero Bauru). Por outro lado, é uma área de alto potencial erosivo, alto potencial de arenização, alta vulnerabilidade à poluição dos aquíferos subterrâneos e com deficiência de água superficial.

Para esses terrenos, recomenda-se:

- Preservar o pouco que resta das matas ciliares e recompô-la.
- Não deixar o solo desprovido de cobertura vegetal por muito tempo.

- Não desmatar completamente as áreas de pastagens. Além de diminuir o dano ambiental, árvores servem de refúgio para o gado em uma região onde as temperaturas são bastante elevadas na maior parte do ano (Figura 5.7).

- Utilizar a prática de rotação de pastos, de modo a evitar que nos caminhos formados pelo pisoteio do gado o solo arenoso fique continuamente exposto e sujeito à arenização.

- Coibir a prática de produção de carvão vegetal com madeira do Cerrado, atividade bastante desenvolvida na região N-NE do estado, o que, além de estar acabando com esse ecossistema, colabora para a arenização do solo (Figura 5.8).

- Desativar os lixões existentes nos municípios de Coxim e Rio Verde de Mato Grosso. Além de prática proibida pela legislação ambiental, trata-se de focos de poluição que podem contaminar diretamente os lençóis subterrâneos.

- Em qualquer forma de uso do solo desses terrenos, devem-se tomar medidas no sentido de não acelerar os processos erosivos e não aumentar o aporte de sedimentos nos rios e córregos, uma vez que estes apresentam baixa capacidade de transportá-los e já exibem claros sinais de que estão sendo intensamente assoreados (Figura 5.9).

Em larga faixa de direção nordeste-sudoeste, ocorre a unidade geológico-ambiental DSVPAe, sustentada pelos arenitos eólicos da Formação Botucatu (Figura 5.10).

São terrenos de grande importância hídrica por se constituírem em área de afloramento do Aquífero Guarani, um dos maiores e melhores aquíferos subterrâneo do mundo. Na maior parte de sua área de definição, predominam relevos bastante suavizados, o que favorece a retenção das águas da chuva e a recarga alta e rápida



Figura 5.6 - Terrenos sustentados por sedimentos e solos arenosos, com relevo suave ondulado a aplainado.

das águas subterrâneas, que, no caso da área de definição desse aquífero no estado, segundo os hidrogeólogos, por uma particularidade estrutural, não é área de recarga do aquífero. No entanto, é recarga de muitas nascentes e cursos d'água que têm sua origem nos sopés da serra do Maracaju e fluem para o Pantanal.

Para esses terrenos, recomenda-se:

- Evitar a impermeabilização dessas áreas e preservá-las de toda fonte potencialmente poluidora dos lençóis subterrâneos.

Na maior parte da área de ocorrência do Domínio DVM, sustentado pelos basaltos da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, o relevo é bastante suavizado (Figura 5.11).



Figura 5.7- Paisagem do relevo de colinas muito amplas e suaves, sustentado por solos arenosos residuais da formação Santo Anastácio, completamente desmatada e ocupada por pastagem, constituindo-se em ambiente suscetível à arenização (Costa Rica, MS).



Figura 5.8- Carvão vegetal produzido com madeira do cerrado em área de relevo suave ondulado sustentado pelos arenitos do grupo Bauru (Costa Rica, MS).



Figura 5.9- Rio Taquari, com pontos de assoreamento, formando ilhas de areia no leito ativo do rio (Coxim, MS).

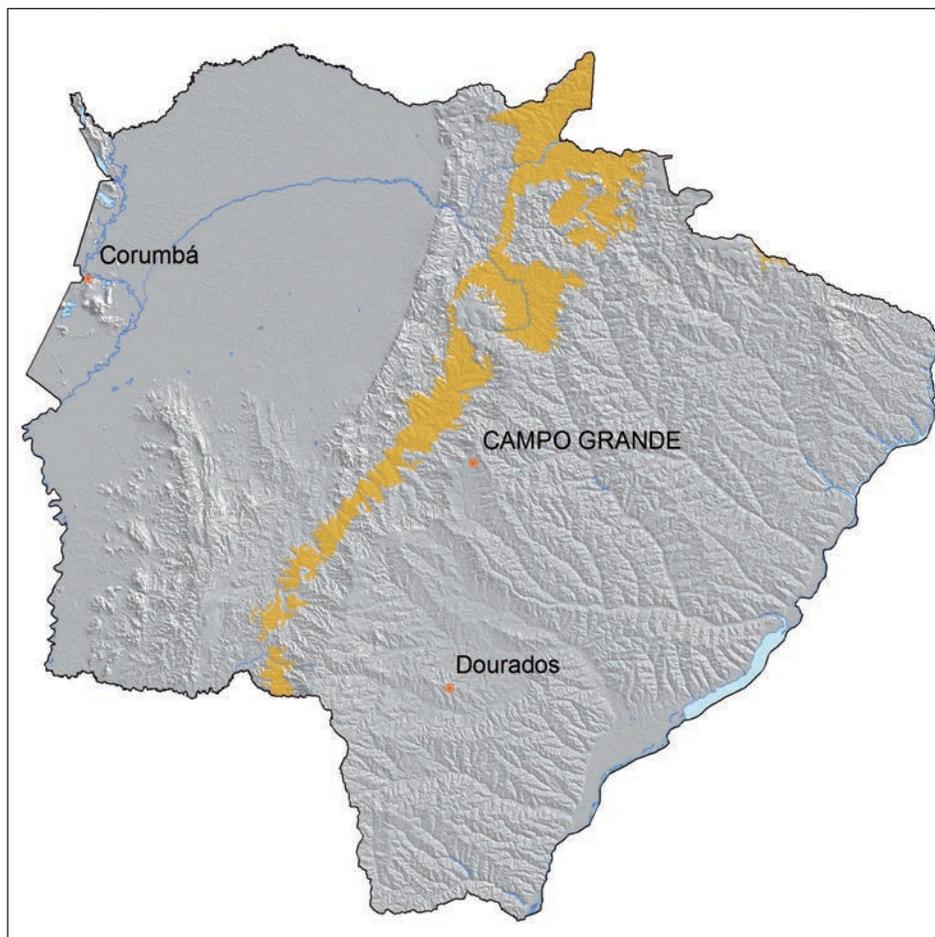


Figura 5.10 - Área de exposição do arenito Botucatu.

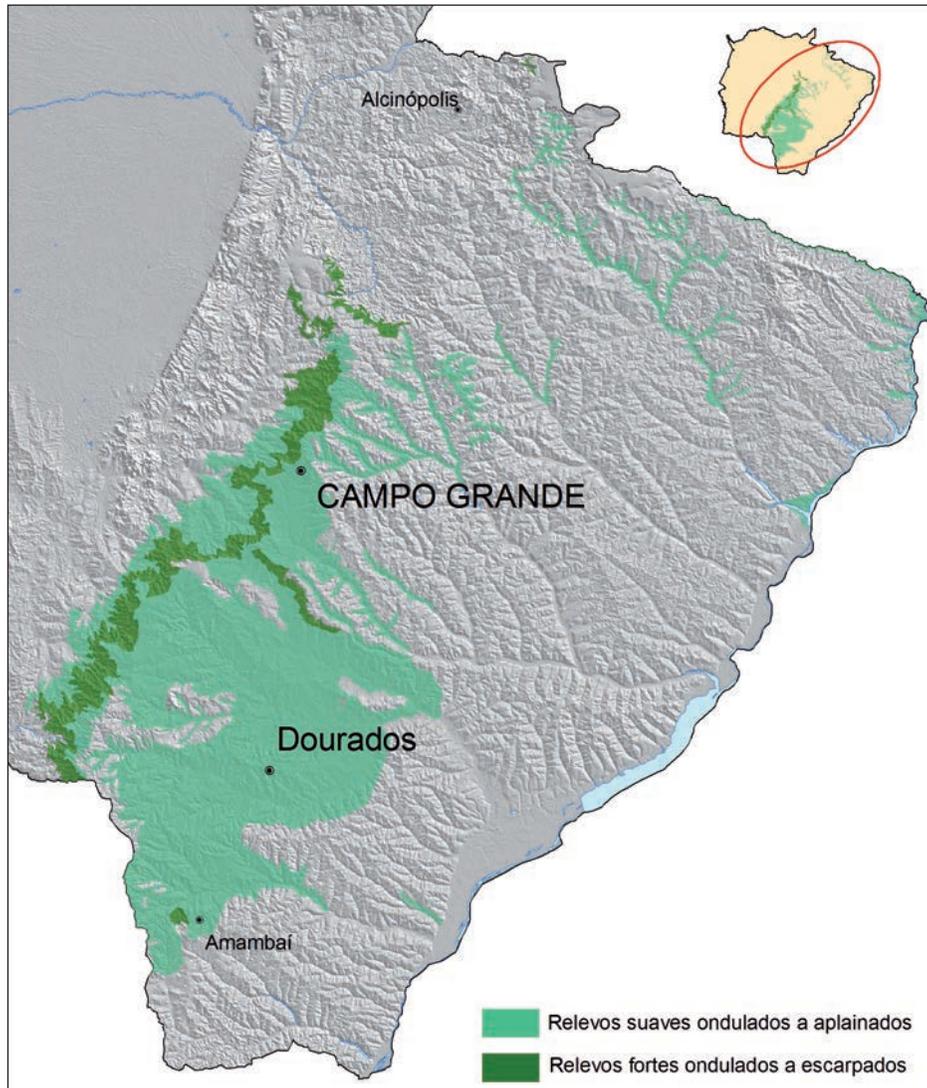


Figura 5.11 - Área de exposição do domínio DVM (vulcanismo mesozoico do tipo plateau).

São terrenos ocupados por pastagens e de intensa atividade agrícola mecanizada. Como se trata de terrenos com solo argiloso, quando submetidos a cargas elevadas contínuas, compactam-se e se tornam quase que impermeáveis, por isso, sujeitos à alta erosão hídrica laminar.

Para esses terrenos, recomenda-se:

- Utilizar a prática de rotação de pastos, com o objetivo de evitar o pisoteamento continuado das mesmas áreas, que leva à compactação excessiva do solo, dificulta a infiltração de água no subsolo e a recarga das águas subterrâneas e leva à perda de solo por erosão laminar.

- Preservar o pouco que resta das matas ciliares e recompor a vegetação onde ela foi erradicada.

Em todo planejamento de uso e ocupação, deve-se considerar que o estado tem uma vocação natural para o ecoturismo, com destaque para:

- Serra da Bodoquena: por se tratar de terrenos calcários, exigem cuidados especiais, principalmente no que se refere

à contaminação das águas superficiais, o que pode comprometer todo um sistema hídrico subterrâneo e pôr em risco a beleza dos rios da região com suas águas cristalinas, límpidas e piscosas.

- Pantanal: por toda a riqueza da biodiversidade que representa.

Também merecem destaque vários outros atrativos existentes no estado, como sítios de relevante interesse geológico e geomorfológico; importantes achados fossilíferos, com destaque para *Corumbella weneri*, que é o registro dos primeiros seres vivos surgidos no planeta há mais de 560 milhões de anos; diversos sítios arqueológicos; legados mineiros que contam a história da mineração em Corumbá; sítios históricos que contam a história da Retirada da Laguna (Figura 5.12); rico patrimônio cultural, entre eles as artes gráficas e cerâmicas das tribos indígenas Terena (Figura 5.13) e Kadiwéu (Figura 5.14), dentre outros atrativos culturais e sociais.



Figura 5.12 - Monumento histórico da Batalha de Nhandipá, que homenageia soldados mortos nas batalhas da Retirada da Laguna (Bela Vista, MS).



Figura 5.13 - Peças de cerâmica Kadwéu, expostas no museu de Porto Murinho (MS).



Figura 5.14 - Artesanato indígena da tribo Terena (Casa da Cultura da cidade de Miranda, MS).

Devido a esse rico e vasto patrimônio geológico, geomorfológico, paleontológico, arqueológico, cultural e como há muito tempo a região está envolvida com os conceitos de geoturismo e geoconservação, criou-se, em dezembro de 2009 o Geopark Estadual Bodoquena-Pantanal, que compreende uma área que se estende de Bela Vista, no limite sul do estado, até o norte de Corumbá, no limite do estado com o Paraguai. Atualmente, pleiteia-se a candidatura desse geoparque à UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) – a chancela de geoparque dessa organização é baseada no conceito que une preservação, educação e desenvolvimento.

APÊNDICE I

UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS INCONSOLIDADOS OU POUCO CONSOLIDADOS, DEPOSITADOS EM MEIO AQUOSO.	DC	Ambiente de planícies aluvionares recentes – Material inconsolidado e de espessura variável. Da base para o topo, é formado por cascalho, areia e argila.	DCa
		Ambiente de terraços aluvionares – Material inconsolidado a semiconsolidado, de espessura variável. Da base para o topo, é formado por cascalho, areia e argila.	DCta
		Ambiente fluviolacustre – Predomínio de sedimentos arenosos, intercalados com camadas argilosas, ocasionalmente com presença de turfa. Ex.: Fm. Içá.	DCfl
		Ambiente lagunar – Predomínio de sedimentos argilosos.	DCI
		Ambiente paludal – Predomínio de argilas orgânicas e camadas de turfa.	DCp
		Ambiente marinho costeiro – Predomínio de sedimentos arenosos.	DCmc
		Ambiente misto (Marinho/Continental) – Intercalações irregulares de sedimentos arenosos, argilosos, em geral ricos em matéria orgânica (mangues).	DCm
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS INCONSOLIDADOS DO TIPO COLUVIÃO E TÁLUS.	DCICT	Colúvio e tálus – Materiais inconsolidados, de granulometria e composição diversa proveniente do transporte gravitacional.	DCICT
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS INDIFERENCIADOS CENOZOICOS RELACIONADOS A RETRABALHAMENTO DE OUTRAS ROCHAS, GERALMENTE ASSOCIADOS A SUPERFÍCIES DE APLAINAMENTO. Obs.: Engloba as coberturas que existem na zona continental e representam uma fase de retrabalhamento de outras rochas que sofreram pequeno transporte em meio não aquoso ou pouco aquoso.	DCSR	Relacionado a sedimentos retrabalhados de outras rochas – Coberturas arenoconglomeráticas e/ou siltico-argilosas associadas a superfícies de aplainamento.	DCSR
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS PROVENIENTES DA ALTERAÇÃO DE ROCHA <i>IN SITU</i> COM GRAU DE ALTERAÇÃO VARIANDO DE SAPRÓLITO A SOLO RESIDUAL, EXCETO AS LATERITAS.	DCEL	Sedimentos eluviais.	DCEL
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS BIOCLÁSTICOS.	DCB	Plataforma continental – recifes.	DCBr
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS EÓLICOS.	DCE	Dunas móveis – Material arenoso inconsolidado.	DCEm

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS EÓLICOS.	DCE	Dunas fixas – Material arenoso fixado pela vegetação.	DCEf
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS SEMICONSOLIDADOS FLUVIAIS.	DCF	Depósitos fluviais antigos – Intercalações de níveis arenosos, argilosos, siltsos e cascalhos semiconsolidados. Ex.: Formação Pariquera-Açu.	DCFa
DOMÍNIO DAS COBERTURAS CENOZOICAS DETRITO-LATERÍTICAS.	DCDL	Depósitos detrito-lateríticos – Provenientes de processos de lateritização em rochas de composições diversas sem a presença de crosta.	DCDL
		Horizonte laterítico <i>in situ</i> – Proveniente de processos de lateritização em rochas de composições diversas formando crosta. Ex.: Crostas ferruginosas.	DCDLi
DOMÍNIO DAS COBERTURAS CENOZOICAS DETRITO-CARBONÁTICAS.	DCDC	Depósitos detrito-carbonáticos – Provenientes de processos de lateritização em rochas carbonáticas. Ex.: Formação Caatinga.	DCDC
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS E MESOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A PEQUENAS BACIAS CONTINENTAIS DO TIPO <i>RIFT</i> .	DCMR	Predomínio de sedimentos arenosos. Ex.: Sedimentos associados a pequenas bacias continentais do tipo <i>rift</i> , como as bacias de Curitiba, São Paulo, Taubaté, Resende, dentre outras.	DCMRa
		Predomínio dos sedimentos siltico-argilosos.	DCMRsa
		Calcários com intercalações siltico-argilas. Ex.: Formação Tremembé.	DCMRcsa
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A TABULEIROS.	DCT	Alternância irregular entre camadas de sedimentos de composição diversa (arenito, siltito, argilito e cascalho). Ex.: Formação Barreiras.	DCT
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS E MESOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A PROFUNDAS E EXTENSAS BACIAS CONTINENTAIS.	DCM	Predomínio de sedimentos arenoargilosos e/ou siltico-argilosos de deposição continental lacustrina deltaica, ocasionalmente com presença de linhito. Ex.: Formação Solimões.	DCMld
		Predomínio de sedimentos arenosos de deposição continental, lacustre, fluvial ou eólica – arenitos. Ex.: Formação Urucuia.	DCMa
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES MESOZOICAS CLASTOCARBONÁTICAS CONSOLIDADAS EM BACIAS DE MARGENS CONTINENTAIS (<i>RIFT</i>).	DSM	Predomínio de calcário e sedimentos siltico-argilosos.	DSMc
		Predomínio de sedimentos quartzoarenosos e conglomeráticos, com intercalações de sedimentos siltico-argilosos e/ou calcíferos.	DSMqcg
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos, com alternância de sedimentos arenosos e conglomeráticos.	DSMsa

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES MESOZOICAS CLASTOCARBONÁTICAS CONSOLIDADAS EM BACIAS DE MARGENS CONTINENTAIS (<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 Utiariti.	DSVMPap
DOMÍNIO DO VULCANISMO FISSURAL MESOZOICO DO TIPO PLATÔ. Ex.: Basaltos da Bacia do Paraná e do Maranhão e Diques Básicos; Basalto Penetecaua, Kumdku.	DVM	Predomínio de intrusivas na forma de gabros e diabásio.	DVMgd
		Predomínio de basaltos.	DVMb
		Predomínio de basalto com <i>intertraps</i> subordinadas de arenito.	DVMba
		Predomínio de riolitos e riodacitos.	DVMrrd
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS ALCALINOS INTRUSIVOS E EXTRUSIVOS, DIFERENCIADOS DO TERCIÁRIO, MESOZOICO E PROTEROZOICO. Ex.: Alcalinas do Lineamento de Cabo Frio, Lajes.	DCA	Indeterminado.	DCAin
		Tufo, brecha e demais materiais piroclásticos.	DCAtbr
		Série subalcalina (monzonitos, quartzomonzonitos, mangeritos etc.).	DCAsbalc
		Série alcalina saturada e alcalina subsaturada (sienito, quartzossienitos, traquitos, nefelina sienito, sodalita sienito etc.).	DCAalc

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS ALCALINOS INTRUSIVOS E EXTRUSIVOS, DIFERENCIADOS DO TERCIÁRIO, MESOZOICO E PROTEROZOICO. Ex.: Alcalinas do Lineamento de Cabo Frio, Lajes.	DCA	Gabro, anortosito, carbonatito, dique de lamprófito.	DCAganc
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES E VULCANOSSEDIMENTARES DO EOPALEOZOICO, ASSOCIADAS A <i>RIFTS</i> , NÃO OU POUCO DEFORMADAS E METAMORFIZADAS. Ex.: Grupo Camaquã, Fm. Campo Alegre	DSVE	Predomínio de rochas sedimentares.	DSVEs
		Sequência vulcanossedimentar.	DSVEvs
		Predomínio de vulcânicas.	DSVEv
DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU MUITO POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS. CARACTERIZADAS POR UM EMPILHAMENTO DE CAMADAS HORIZONTALIZADAS E SUB-HORIZONTALIZADAS DE VÁRIAS ESPESSURAS, DE SEDIMENTOS CLASTOQUÍMICOS DE VÁRIAS COMPOSIÇÕES E ASSOCIADOS AOS MAIS DIFERENTES AMBIENTES TECTONODEPOSICIONAIS. Ex.: Fms. Palmeiral, Aguapeí, Dardanelos, Prosperança, Ricardo Franco, Roraima, Beneficente, Jacadigo e Cuiabá.	DSP1	Predomínio de sedimentos arenosos e conglomeráticos, com intercalações subordinadas de sedimentos siltico-argilosos.	DSP1acgsa
		Intercalações irregulares de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e formações ferríferas e manganésíferas.	DSP1asafmg
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos, com intercalações subordinadas de arenitos e metarenito feldspático.	DSP1saagr
		Rochas calcárias com intercalações subordinadas de sedimentos siltico-argilosos e arenosos.	DSP1csaa
		Diamictitos, metarenitos feldspáticos, sedimentos arenosos e siltico-argilosos.	DSP1dgrsa
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações subordinadas de rochas calcárias.	DSP1sac
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS. Ex.: Fms. Uatumã, Uailã e Iri.	DSVP1	Predomínio de vulcanismo ácido a intermediário.	DSVP1va
		Predomínio de vulcanismo básico.	DSVP1vb
		Sequência vulcanossedimentar.	DSVP1vs
		Vulcanismo ácido a intermediário e intercalações de metassedimentos arenosos e siltico-argilosos e formações ferríferas e/ou manganésíferas.	DSVP1vaa

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS, METAMORFIZADAS EM BAIXO A MÉDIO GRAU.	DSP2	Metarenitos, quartzitos e metaconglomerados.	DSP2mqmtc
		Predomínio de metarenitos e quartzitos, com intercalações irregulares de metassedimentos síltico-argilosos e formações ferríferas ou manganésíferas.	DSP2mqsafmg
		Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos e síltico-argilosos.	DSP2msa
		Predomínio de metassedimentos síltico-argilosos, com intercalações de metarenitos feldspáticos.	DSP2sag
		Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos, metacalcários, calcossilicáticas e xistos calcíferos.	DSP2mcx
		Predomínio de metacalcários, com intercalações subordinadas de metassedimentos síltico-argilosos e arenosos.	DSP2mcsaa
		Predomínio de sedimentos síltico-argilosos com intercalações subordinadas de arenitos.	DSP2saa
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS METAMORFIZADAS DE BAIXO A ALTO GRAU.	DSVP2	Indiferenciado.	DSVP2in
		Predomínio de quartzitos.	DSVP2q
		Predomínio de metassedimentos síltico-argilosos, representados por xistos.	DSVP2x
		Predomínio de rochas metacalcárias, com intercalações de finas camadas de metassedimentos síltico-argilosos.	DSVP2csa
		Metacherts, metavulcânicas, formações ferríferas e/ou formações manganésíferas, metacalcários, metassedimentos arenosos e síltico-argilosos.	DSVP2vfc
		Metarenitos feldspáticos, metarenitos, tufos e metavulcânicas básicas a intermediárias.	DSVP2gratv
		Predomínio de rochas metabásicas e metaultramáficas.	DSVP2bu

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS METAMORFIZADAS DE BAIXO A ALTO GRAU.	DSVP2	Metacherts, metarenitos, metapelitos, vulcânicas básicas, formações ferríferas e formações manganésíferas.	DSVP2af
		Metarenitos, metachert, metavulcânicas ácidas a intermediárias, formações ferríferas e/ou manganésíferas.	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 metaultrabásitos.	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 GRANITÓIDES 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 GRANITO-GNAISSE-MIGMATÍTICO 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 GRANITO-GNAISSE-MIGMATÍTICO E GRANULITOS.	DCGMGL	Gnaisses granulíticos ortoderivados. Podem conter porções migmatíticas.	DCGMGLglo
		Granulitos indiferenciados.	DCGMGLgli
		Predomínio de gnaisses ortoderivados. Podem conter porções migmatíticas.	DCGMGLgno
		Gnaisses indiferenciados.	DCGMGLgni
		Metacarbonatos.	DCGMGLcar
		Anfibolitos.	DCGMGLaf

APÊNDICE II

BIBLIOTECA DE RELEVO DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

Marcelo Eduardo Dantas (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).

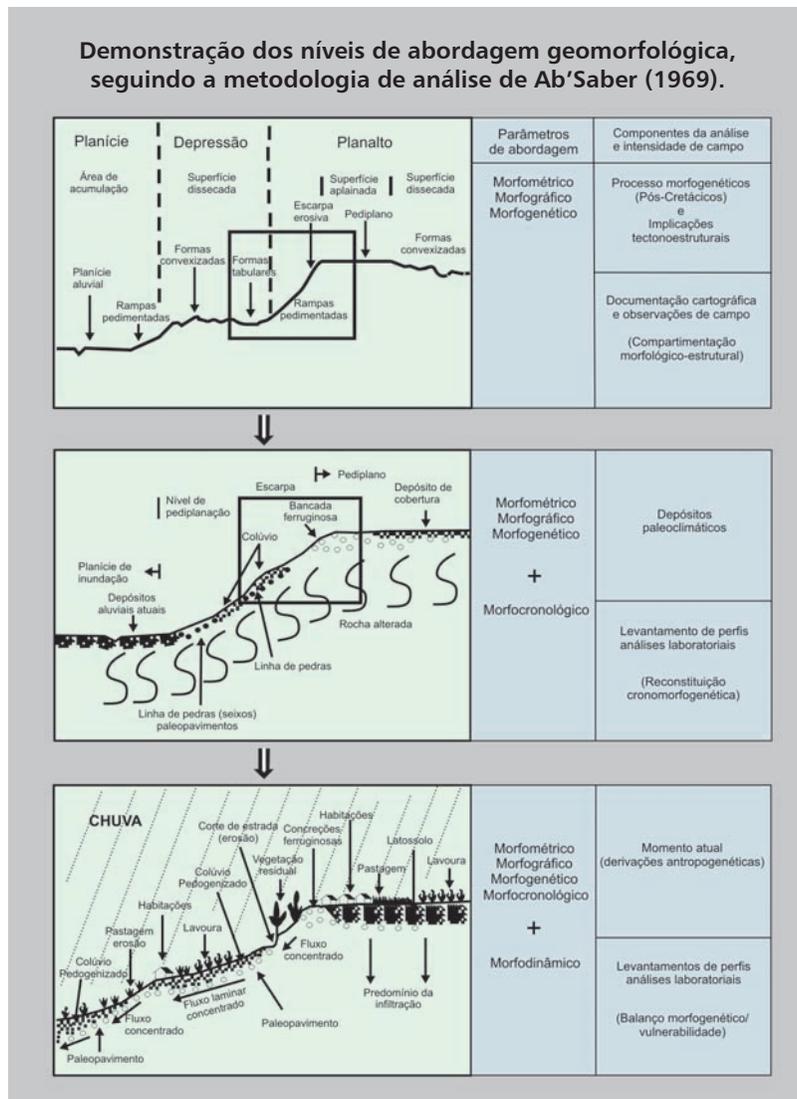
A **compartimentação morfológica dos terrenos** é obtida a partir da avaliação empírica dos diversos conjuntos de formas e padrões de relevo posicionados em diferentes níveis topográficos, por meio de observações de campo e análise de sensores remotos (fotografias aéreas, imagens de satélite e Modelo 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.

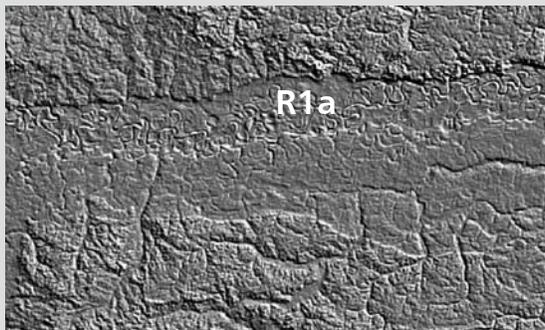
ROSS, J. L. S. (1990). Geomorfologia ambiente e planejamento. Ed. Contexto. São Paulo. 85p.

I – DOMÍNIO DAS UNIDADES AGRADACIONAIS

R1a – Planícies Fluviais ou Fluvioacustres (planícies de inundação, baixadas inundáveis e abaciamentos)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenoargilosos a argiloarenosos, apresentando gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. Terrenos imperfeitamente drenados nas planícies de inundação, sendo periodicamente inundáveis; bem drenados nos terraços. Os abaciamentos (ou suaves depressões em solos arenosos) em áreas planas ou em

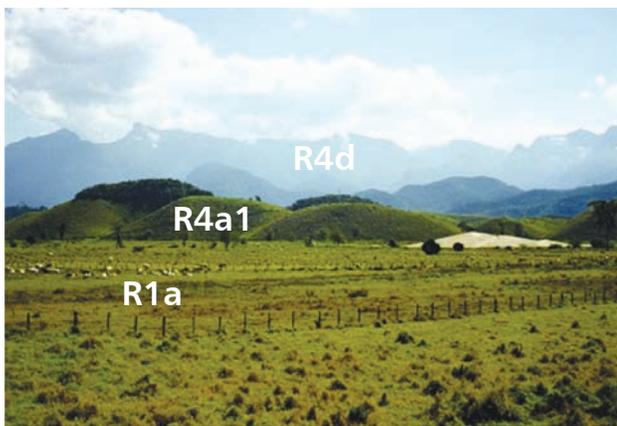


R1a – Médio vale do rio Juruá (sudeste do estado do Amazonas).

baixos interflúvios, denominados Áreas de Acumulação Inundáveis (Aai), frequentes na Amazônia, estão inseridos nessa unidade.

Amplitude de relevo: zero.

Inclinação das vertentes: 0°-3°.



R1a – Planície fluvial do alto curso do rio São João (Rio de Janeiro). Zona de Baixada Litorânea.



R1a – Planície fluvial da bacia do rio Paquequer (Rio de Janeiro). Zona montanhosa.

R1b1 – Terraços Fluviais (paleoplanícies de inundação em fundos de vales)

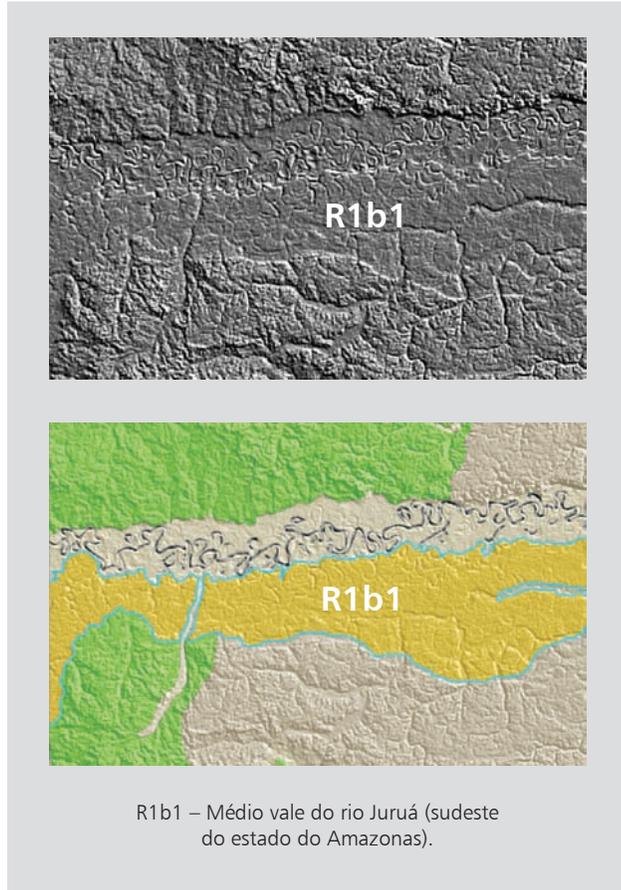
Relevo de agradação. Zona de acumulação subatual.

Superfícies bem drenadas, de relevo plano a levemente ondulado, constituído de depósitos arenosos a argilosos de origem fluvial. Consistem de paleoplanícies de inundação que se encontram em nível mais elevado que o das várzeas atuais e acima do nível das cheias sazonais. Devido à reduzida escala de mapeamento, essa unidade só pôde

ser mapeada em vales de grandes dimensões, em especial, nos rios amazônicos.

Amplitude de relevo: 2 a 20 m.

Inclinação das vertentes: 0°-3° (localmente, ressaltam-se rebordos abruptos no contato com a planície fluvial).



R1b1 – Planície e terraço fluviais do médio curso do rio Barreiro de Baixo (médio vale do rio Paraíba do Sul – SP/RJ).

R1b2 – Terraços Lagunares (paleoplanícies de inundação no rebordo de lagunas costeiras)

Relevo de agradação. Zona de acumulação subatual.

Superfícies bem drenadas, de relevo plano a levemente ondulado constituído de depósitos arenosos a argilosos de origem lagunar. Consistem de paleoplanícies de inundação que se encontram em nível mais elevado que o das planícies lagunares ou fluviolagunares atuais e acima do nível das cheias sazonais. Essa unidade encontra-se restrita ao estado do Rio Grande do Sul, mais especificamente na borda continental da Laguna dos Patos.

Amplitude de relevo: 2 a 20 m.

Inclinação das vertentes: 0°-3° (localmente, ressaltam-se rebordos abruptos no contato com a planície lagunar).

R1b3 – Terraços Marinhos (paleoplanícies marinhas à retaguarda dos atuais cordões arenosos)

Relevo de agradação. Zona de acumulação subatual.

Superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenosos, apresentando microrrelevo ondulado, geradas por processos de sedimentação marinha e/ou eólica. Terrenos bem drenados e não inundáveis.

Amplitude de relevo: até 20 m.

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

R1c – Vertentes recobertas por depósitos de encosta (leques aluviais, rampas de colúvio e de tálus)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

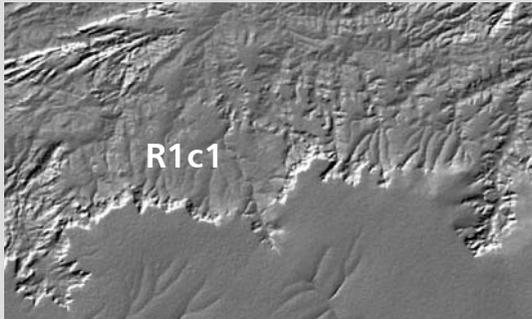
Os cones de tálus consistem de superfícies deposicionais fortemente inclinadas, constituídas por depósitos de encosta, de matriz arenoargilosa a argiloarenosa, rica em blocos, muito malseleccionados. Ocorrem, de forma disseminada, nos sopés das vertentes íngremes de terrenos montanhosos. Apresentam baixa capacidade de suporte.

As rampas de colúvio consistem de superfícies deposicionais inclinadas, constituídas por depósitos de encosta arenoargilosos a argiloarenosos, malseleccionados, em interdigitação com depósitos praticamente planos das planícies aluviais. Ocorrem, de forma disseminada, nas baixas encostas de ambientes colinosos ou de morros.

Amplitude de relevo: variável, dependendo da extensão do depósito na encosta.

Inclinação das vertentes: 5°-20° (associados às rampas de colúvio).

Inclinação das vertentes: 20°-45° (associados aos cones de tálus).



R1c – Planície borda norte da Chapada do Araripe (Ceará).

R1c2 – Leques Aluviais

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual ou subatual.

Os leques aluviais consistem de superfícies deposicionais inclinadas, constituídas por depósitos aluvionares de enxurrada, espreados em forma de leque em uma morfologia ligeiramente convexa em planta. São depósitos malselecionados, variando entre areia fina e seixos subangulosos a subarredondados, gerados no sopé de escarpas montanhosas ou cordilheiras. Em sua porção proximal, os leques aluviais caracterizam-se por superfícies fortemente inclinadas e dissecadas por canais efêmeros que drenam a cordilheira. Em sua porção distal, os leques aluviais caracterizam-se por superfícies muito suavemente inclinadas, com deposição de sedimentos finos, em processo de coalescência com as planícies aluviais ou fluviolacustres, reproduzindo um ambiente *playa-bajada* de clima árido.

Amplitude de relevo: 2 a 10 m.

Inclinação das vertentes: 0°-3° (exceto nas porções proximais dos leques).

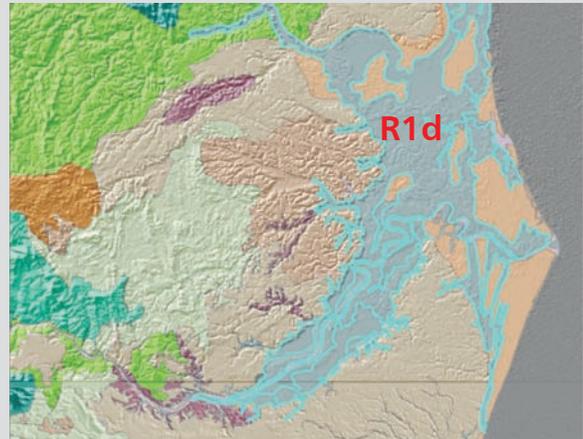
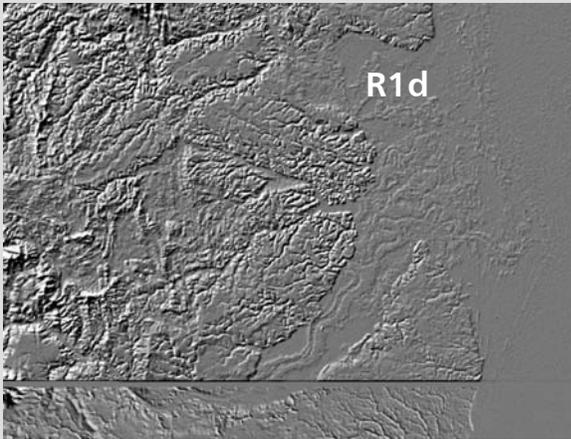
R1d – Planícies Fluviomarinhas (mangues e brejos)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies planas, de interface com os sistemas deposicionais continentais e marinhos, constituídas de depósitos argiloarenosos a argilosos. Terrenos muito maldrenados, prolongadamente inundáveis, com padrão de canais bastante meandantes e divagantes, sob influência de refluxo



R1c – Rampas de colúvio que se 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).

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°.

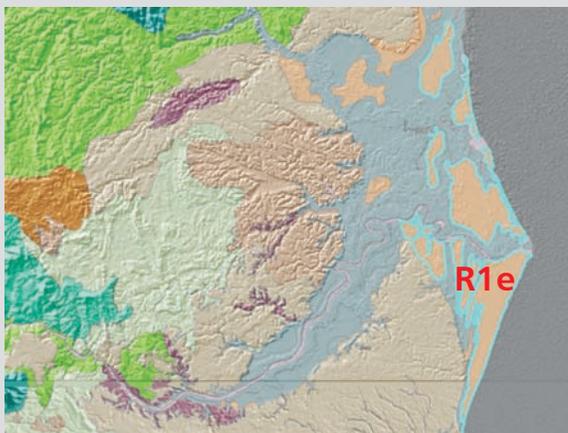
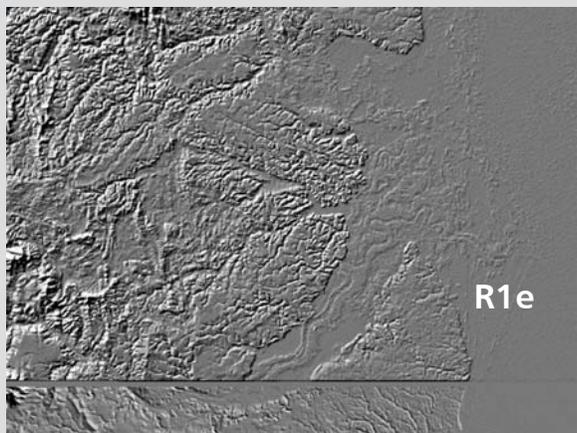


R1d – Planície fluvio-marinha do baixo curso do rio Cunhaú, originalmente ocupado por mangues e atualmente desfigurado para implantação de tanques de carcinicultura (litoral sul-oriental do estado do Rio Grande do Norte).

R1f1 – Campos de Dunas (dunas fixas; dunas móveis)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual ou subatual.

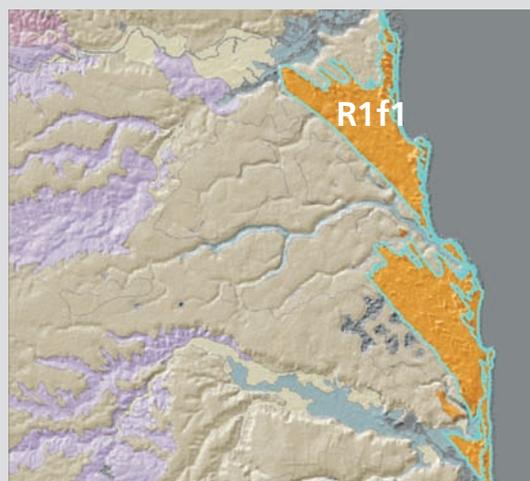
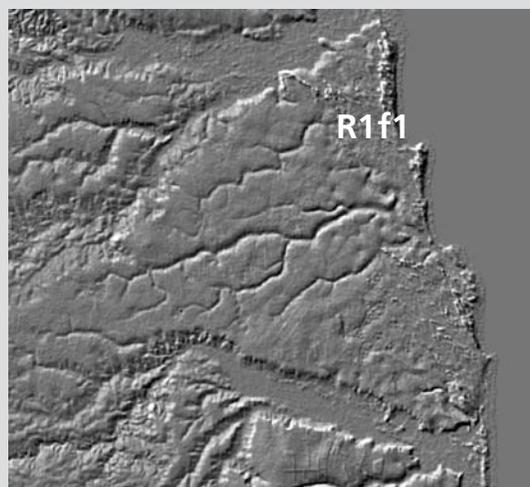
Superfícies de relevo ondulado constituído de depósitos arenoquartzosos, bem selecionados, depositados por ação eólica longitudinalmente à linha de costa. Por vezes, encontram-se desprovidos de vegetação e apresentam expressiva mobilidade (dunas móveis); ora encontram-se recobertos por vegetação pioneira (dunas fixas).



R1e – Planície do delta do rio Jequitinhonha (Bahia).



R1e – Sucessão de feixes de cordões arenosos em linha de costa progradante (Parque Nacional de Jurubatiba – Macaé, Rio de Janeiro).



R1f1 – Litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte.



R1e – Planície costeira com empilhamento de cordões arenosos e depósitos fluviolagunares (litoral norte do estado da Bahia).



R1f1 – Campos de dunas junto à linha de costa, sobrepondo falésias do grupo Barreiras (município de Baía Formosa, litoral sul do estado do Rio Grande do Norte).



R1f1 – Campo de dunas transversais na restinga de Massambaba (Arraial do Cabo, Rio de Janeiro).

Amplitude de relevo: até 40 m.

Inclinação das vertentes: 3°-30°.

R1f2 – Campos de Loess

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual ou subatual.

Superfícies de relevo plano a suave ondulado constituído de depósitos silticos ou siltico-argilosos, bem sele-

cionados, constituídos de sedimentos finos em suspensão depositados por ação eólica em zonas peridesérticas ou submetidos a paleoclimas áridos ao longo de períodos glaciais pleistocênicos. Apresentam solos com alta suscetibilidade à erosão.

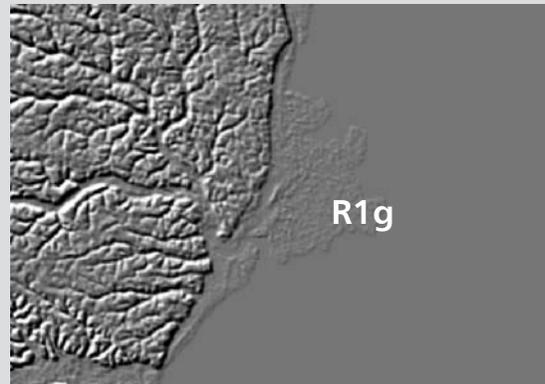
Amplitude de relevo: 0 a 20 m.

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

R1g – Recifes

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Os recifes situam-se na plataforma continental interna em posição de linha de arrebentação ou *off-shore*, podendo ser distinguidos dois tipos principais: RECIFES DE PRAIA, que consistem de antigos cordões arenosos (*beach-rocks*), sob forma de ilhas-barreiras paralelas à linha de costa, que foram consolidados por cimentação ferruginosa e/ou carbonática; RECIFES DE BANCOS DE CORAIS, que consistem de bancos de recifes ou formações peculiares denominadas “chapeirões”, submersos ou



R1g – Santa Cruz Cabralia (sul do estado da Bahia).

parcialmente emersos durante os períodos de maré baixa. Estes são produzidos por acumulação carbonática, devido à atividade biogênica (corais).

Amplitude de relevo: zero.

Inclinação das vertentes: plano (0°).

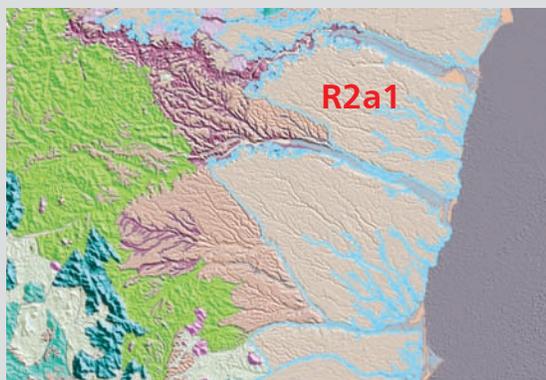
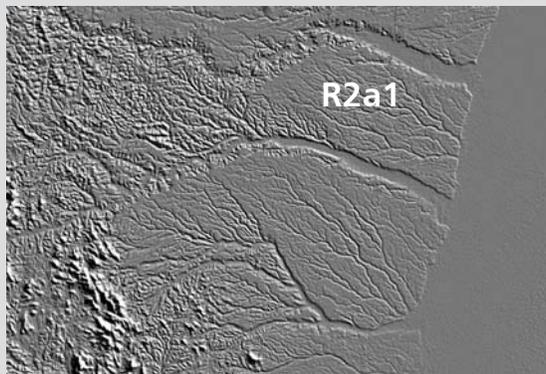
II – DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS SEDIMENTARES POUCO LITIFICADAS

R2a1 – Tabuleiros

Relevo de degradação em rochas sedimentares.

Formas de relevo suavemente dissecadas, com extensas superfícies de gradientes extremamente suaves, com topos planos e alongados e vertentes retilíneas nos vales encaixados em forma de “U”, resultantes de dissecação fluvial recente.

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a mo-



R2a1 – Porto Seguro (sul do estado da Bahia).



R2a1 – Tabuleiros pouco dissecados da bacia de Macacu (Venda das Pedras, Itaboraí, Rio de Janeiro).



R2a1 – Plantação de eucaliptos em terrenos planos de tabuleiros não dissecados do grupo Barreiras (município de Esplanada, norte do estado da Bahia).

derada suscetibilidade à erosão). Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas).

Amplitude de relevo: 20 a 50 m.

Inclinação das vertentes: topo plano: 0°-3° (localmente, ressaltam-se vertentes acentuadas: 10°-25°).

R2a2 – Tabuleiros Dissecados

Relevo de degradação em rochas sedimentares.

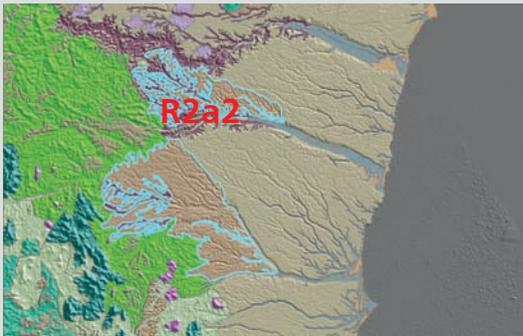
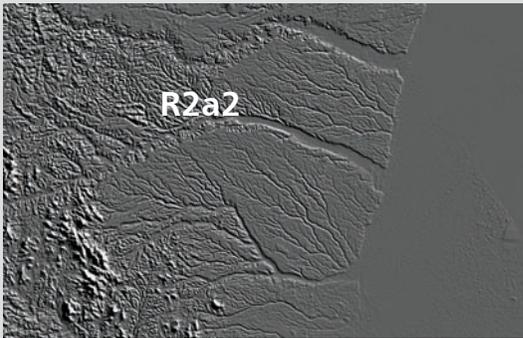
Formas de relevo tabulares, dissecadas por uma rede de canais com alta densidade de drenagem, apresentando relevo movimentado de colinas com topos tabulares ou alongados e vertentes retilíneas e declivosas nos vales encaixados, resultantes da dissecação fluvial recente.

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a

moderada suscetibilidade à erosão). Ocorrência de processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas).

Amplitude de relevo: 20 a 50 m.

Inclinação das vertentes: topos planos restritos: 0°-3° (localmente, ressaltam-se vertentes acentuadas: 10°-25°).



R2a2 – Porto Seguro (sul do estado da Bahia).



R2a2 – Tabuleiros dissecados, intensamente erodidos por processos de voçorocamento junto à rodovia Linha Verde (litoral norte do estado da Bahia).



R2a2 – Tabuleiros dissecados em amplos vales em forma de “U”, em típica morfologia derivada do grupo Barreiras (bacia do rio Guaxindiba, São Francisco do Itabapoana, Rio de Janeiro).

III – DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS SEDIMENTARES LITIFICADAS

R2b1 – Baixos Platôs

Relevo de degradação em rochas sedimentares.

Superfícies ligeiramente mais elevadas que os terrenos adjacentes, pouco dissecadas em formas tabulares. Sistema de drenagem principal com fraco entalhamento.

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização. Caracterizam-se por superfícies planas de modestas altitudes em antigas bacias sedimentares, como os patamares mais baixos da Bacia do Parnaíba (Piauí) ou a Chapada do Apodi, na Bacia Potiguar (Rio Grande do Norte).

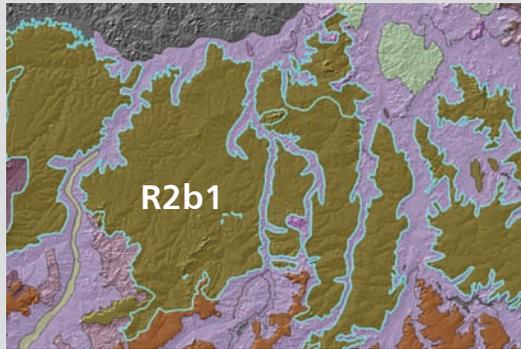
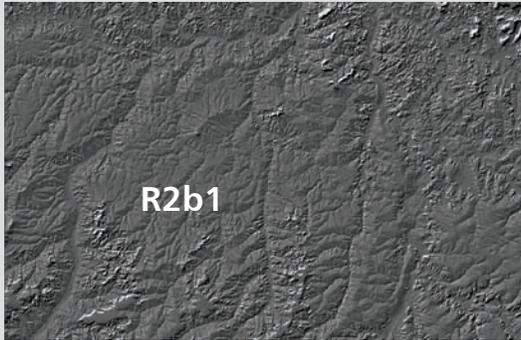
Amplitude de relevo: 0 a 20 m.

Inclinação das vertentes: topo plano a suavemente ondulado: 2°-5°.

R2b2 – Baixos Platôs Dissecados

Relevo de degradação em rochas sedimentares.

Superfícies ligeiramente mais elevadas que os terrenos adjacentes, francamente dissecadas em forma de colinas tabulares. Sistema de drenagem constituído por uma rede de canais com alta densidade de drenagem, que gera um relevo dissecado em vertentes retilíneas e



R2b1 – 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

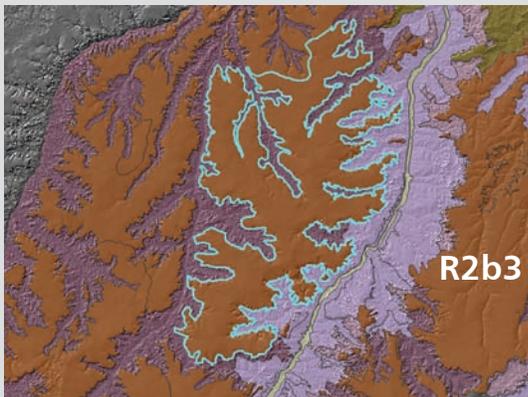
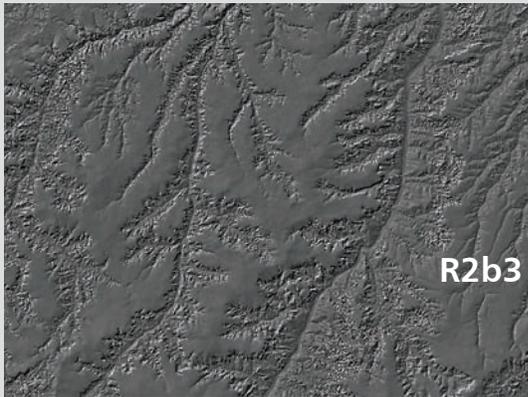
Relevo de degradação predominantemente em rochas sedimentares, mas também sobre rochas cristalinas.

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.

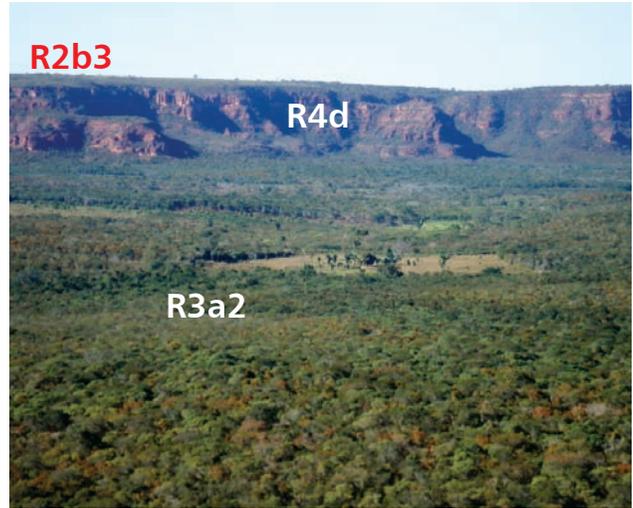
Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização. Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

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.

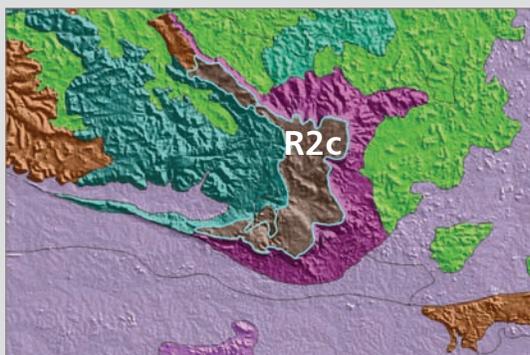
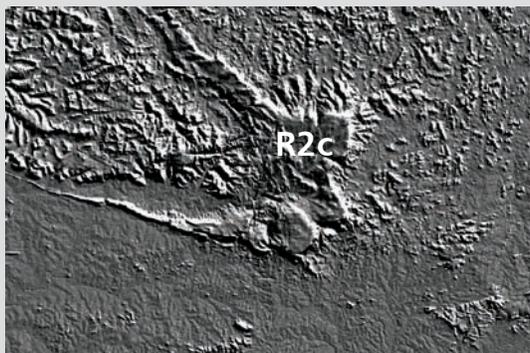
Franco predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão).

Processos de morfogênese significativos nos rebordos das escarpas erosivas, via recuo lateral das vertentes. Frequentemente atuação de processos de laterização. Ocorrências

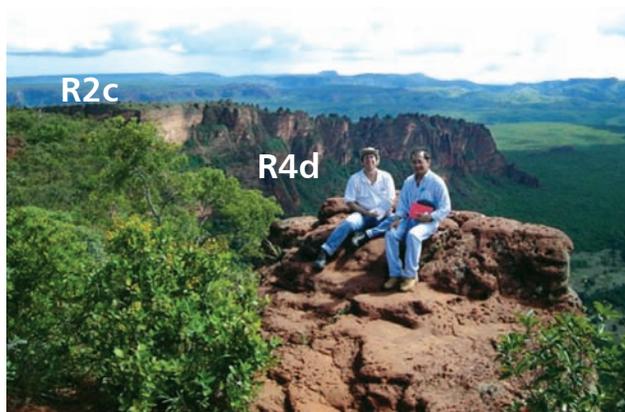
esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

Amplitude de relevo: 0 a 20 m.

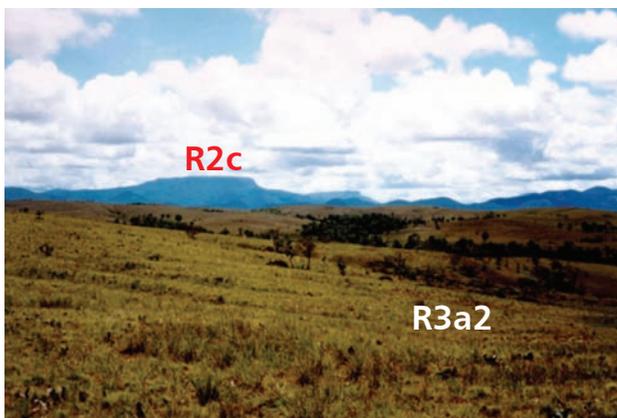
Inclinação das vertentes: topo plano, excetuando-se os eixos dos vales fluviais.



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 interplânálticas do território brasileiro.

Amplitude de relevo: 0 a 10 m.

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

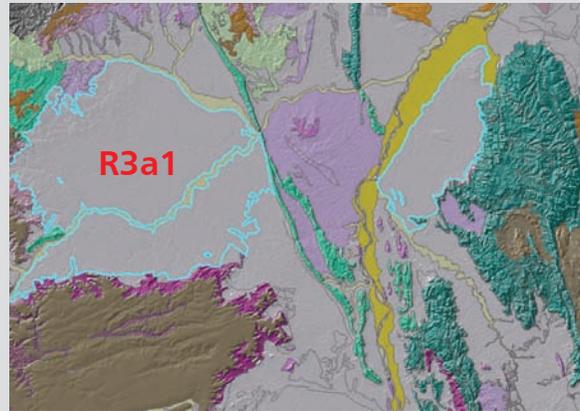
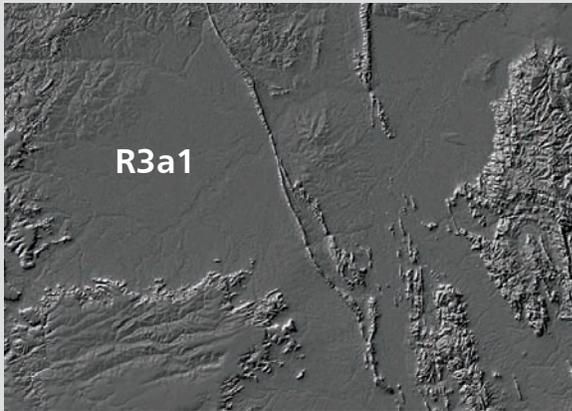
No bioma da floresta amazônica: franco predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização.

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 interplânálticas do território brasileiro.



R3a1 – Médio vale do rio São Francisco (estado da Bahia).

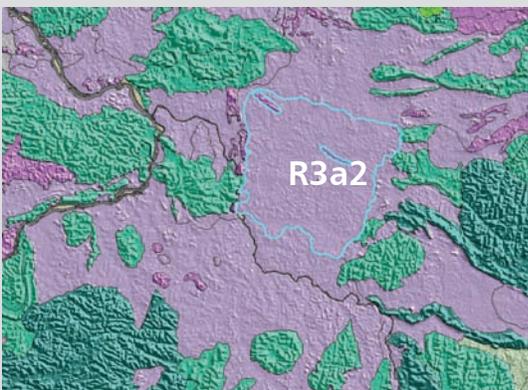
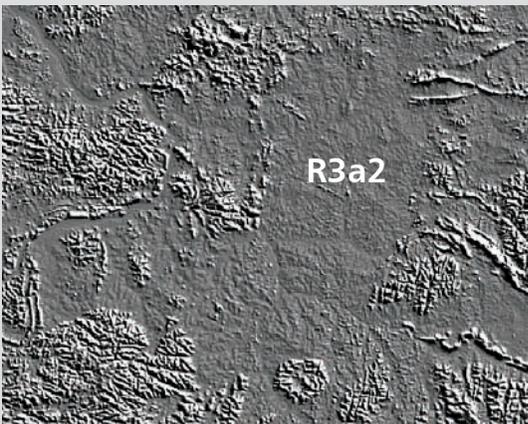
Amplitude de relevo: 10 a 30 m.

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

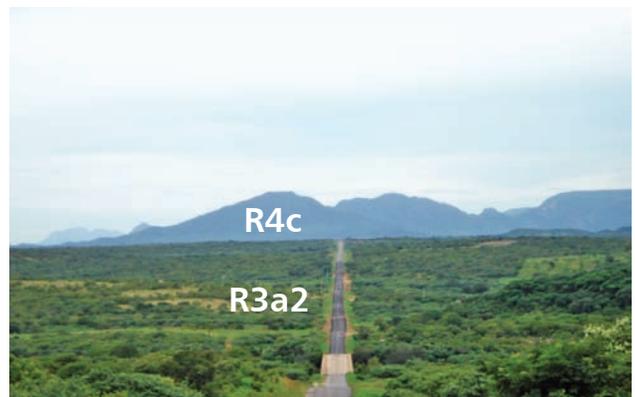


R3a1 – Extensa superfície aplainada, delimitada por esparsas cristas de quartzitos (Canudos, norte do estado da Bahia).

Caracteriza-se por extenso e monótono relevo suave ondulado sem, contudo, caracterizar ambiente colinoso, devido a suas amplitudes de relevo muito baixas e longas rampas de muito baixa declividade.



R3a2 – Médio vale do rio Xingu (estado do Pará).



R3a2 – Extensa superfície aplainada da depressão sertaneja (sudeste do estado do Rio Grande do Norte).

R3b – *Inselbergs* e outros relevos residuais (cristas isoladas, morros residuais, pontões, monolitos)

Relevo de aplainamento.

Relevos residuais isolados destacados na paisagem aplainada, remanescentes do arrasamento geral dos terrenos.

Amplitude de relevo: 50 a 500 m.

Inclinação das vertentes: 25°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60°-90°).



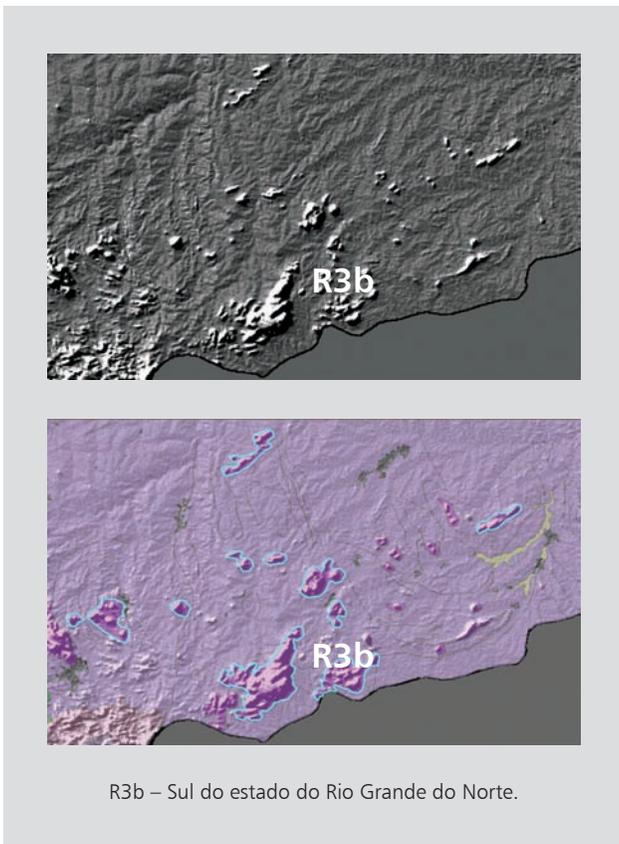
R3b – Neck vulcânico do pico do Cabugi (estado do Rio Grande do Norte).

V – DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS CRISTALINAS OU SEDIMENTARES

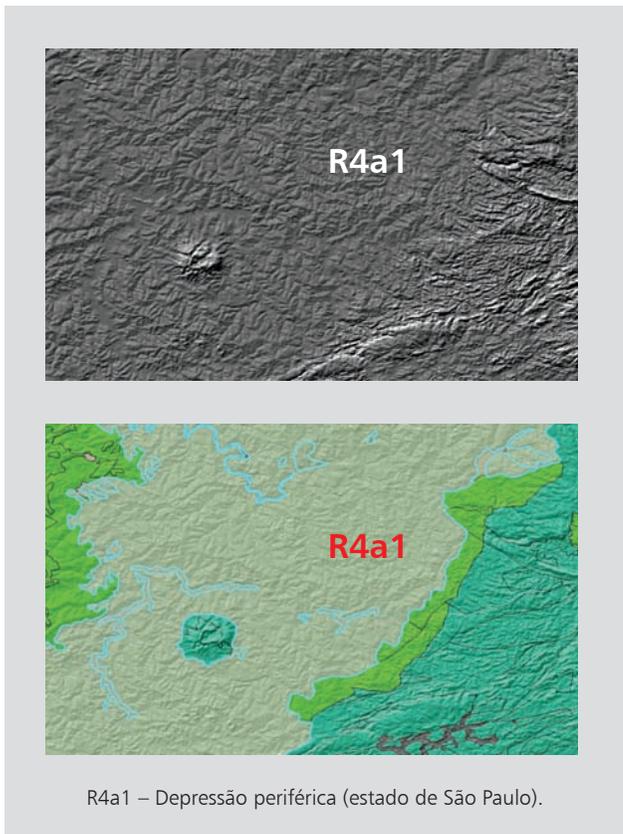
R4a1 – Domínio de Colinas Amplas e Suaves

Relevo de degradação em qualquer litologia, predominando rochas sedimentares.

Relevo de colinas pouco dissecadas, com vertentes convexas e topos amplos, de morfologia tabular ou alongada. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais relativamente amplas.



R3b – Sul do estado do Rio Grande do Norte.



R4a1 – Depressão periférica (estado de São Paulo).



R3b – Agrupamentos de *inselbergs* alinhados em cristas de rochas quartzíticas delineadas em zona de cisalhamento (estrada Senhor do Bonfim-Juazeiro, estado da Bahia).



R4a1 – Colinas amplas e suaves modeladas sobre granulitos (cercanias de Anápolis, Goiás).



R4a1 – Relevo suave colinoso (município de Araruama, região dos Lagos, Rio de Janeiro).

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas). Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.

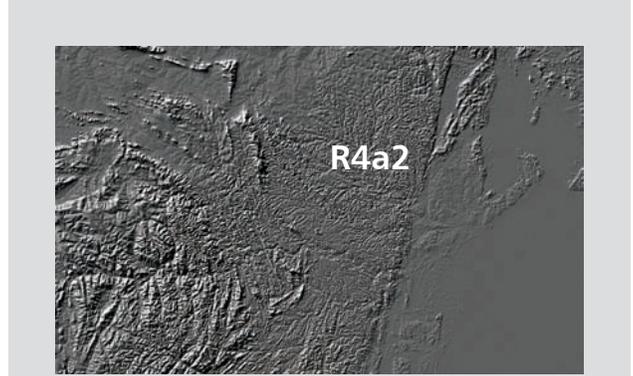
Amplitude de relevo: 20 a 50 m.

Inclinação das vertentes: 3°-10°.

R4a2 – Domínio de Colinas Dissecadas e de Morros Baixos

Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo de colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou aguçados. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados.



R4a2 – Leste do estado da Bahia.



R4a2 – Típico relevo de mar-de-morros no médio vale do rio Paraíba do Sul (topo da serra da Concórdia, Valença, Rio de Janeiro).



R4a2 – Colinas e morros intensamente dissecados sobre metassiltitos (município de Padre Bernardo, Goiás).

Equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com moderada suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e ocorrência esporádica de processos de erosão linear acelerada (sulcos, ravinas e voçorocas). Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.

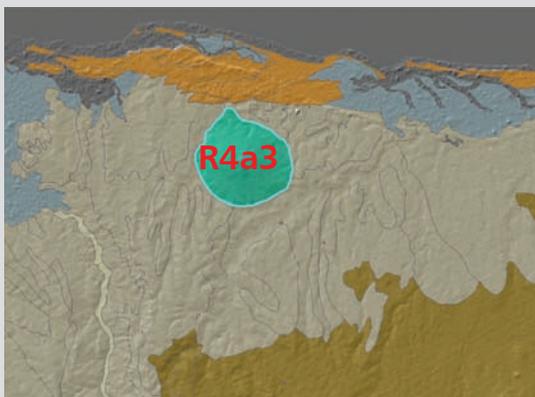
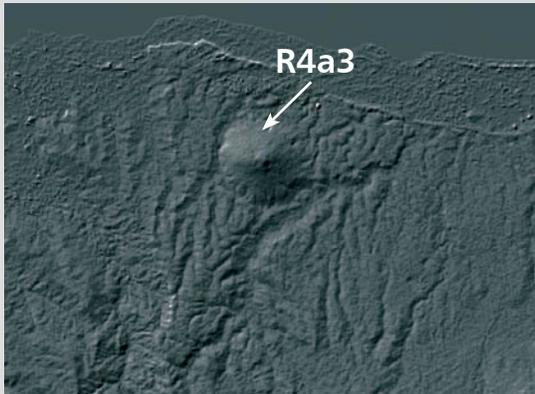
Amplitude de relevo: 30 a 80 m.

Inclinação das vertentes: 5°-20°.

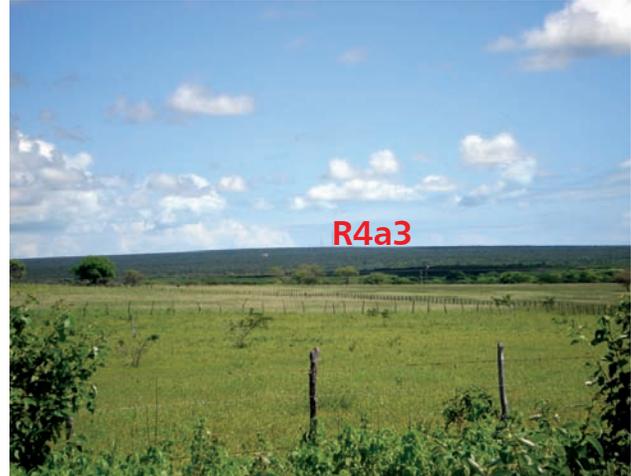
R4a3 – Domos em estrutura elevada

Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo de amplas e suaves elevações em forma de meia esfera, com modelado de extensas vertentes convexas e topos planos a levemente arredondados. Em geral, essa morfologia deriva de rochas intrusivas que arqueiam a superfície do terreno, podendo gerar estruturas dobradas do tipo braquianticlinais. Apresenta padrão de drenagem radial



R4a3 – Domo de Guimarães (estado do Rio Grande do Norte).



R4a3 – Domo de Guimarães, arqueando as rochas sedimentares da bacia Potiguar (estado do Rio Grande do Norte).

e centrífugo. Sistema de drenagem principal em processo inicial de entalhamento, sem deposição de planícies aluviais.

Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

Amplitude de relevo: 50 a 200 m.

Inclinação das vertentes: 3°-10°.

R4b – Domínio de Morros e de Serras Baixas

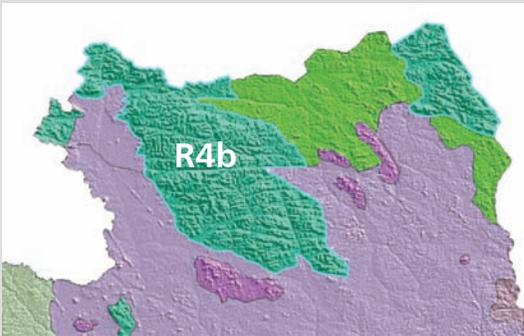
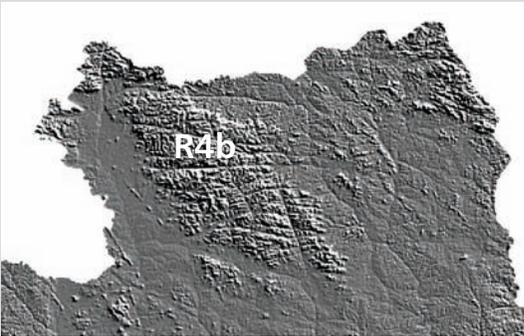
Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo de morros convexo-côncavos dissecados e topos arredondados ou aguçados. Também se insere nessa unidade o relevo de morros de topo tabular, característico das chapadas intensamente dissecadas e desfeitas em conjunto de morros de topo plano. Sistema de drenagem principal com restritas planícies aluviais.

Predomínio de processos de morfogênese (formação de solos pouco espessos em terrenos declivosos, em geral, com moderada a alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e linear acelerada (sulcos e ravinas) e ocorrência esporádica de processos de movimentos de massa. Geração de colúvios e, subordinadamente, depósitos de tálus nas baixas vertentes.

Amplitude de relevo: 80 a 200 m, podendo apresentar desnivelamentos de até 300 m.

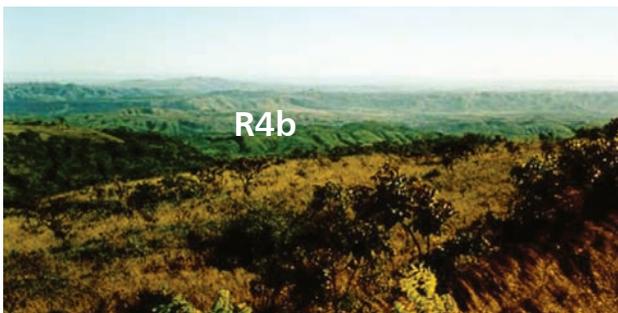
Inclinação das vertentes: 15°-35°.



R4b – Serra do Tumucumaque (norte do estado do Pará).



R4b – Relevo de morros elevados no planalto da região serrana do estado do Rio de Janeiro.



R4b – Relevo fortemente dissecado em morros sulcados e alinhados a norte do planalto do Distrito Federal.

R4c – Domínio Montanhoso (alinhamentos serranos, maciços montanhosos, front de cuestras e hogback)

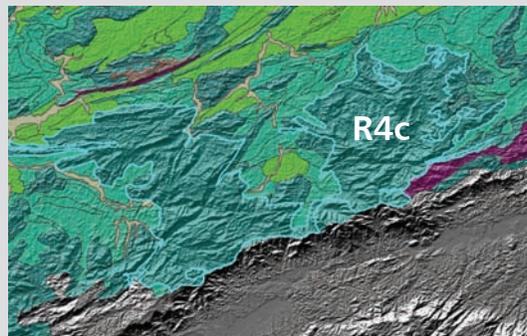
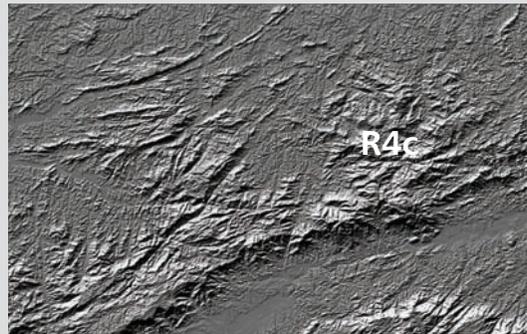
Relevo de degradação em qualquer litologia.

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.

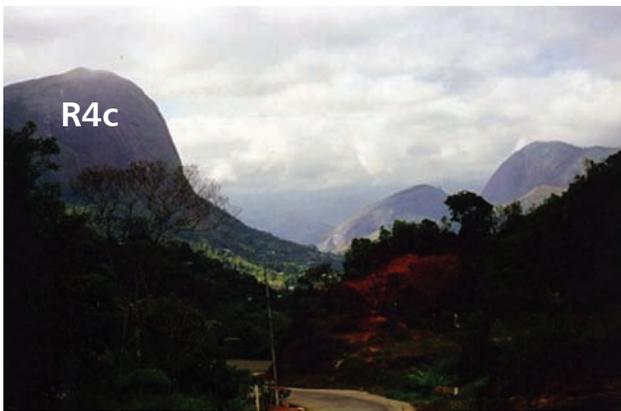
Inclinação das vertentes: 25°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60°-90°).



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

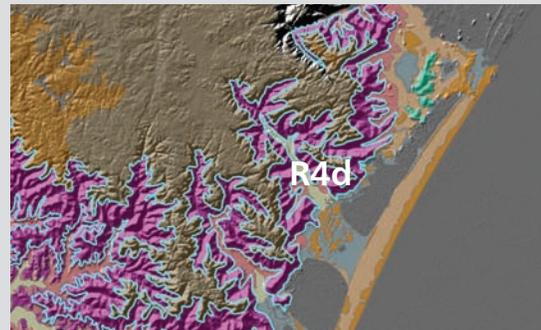
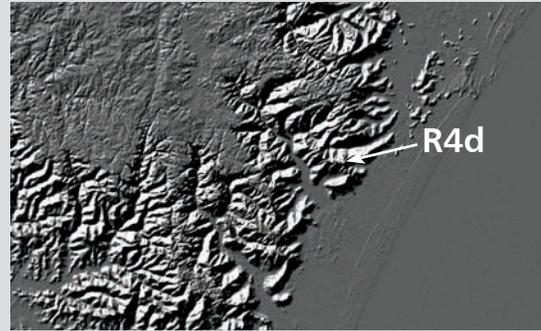
Relevo de degradação em qualquer litologia.

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.

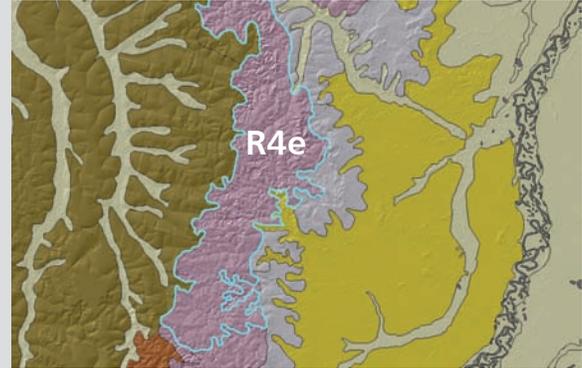
Inclinação das vertentes: 10°-25°, com ocorrência de vertentes muito declivosas (acima de 45°).

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.



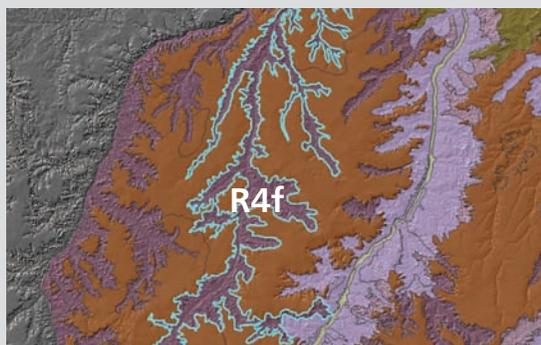
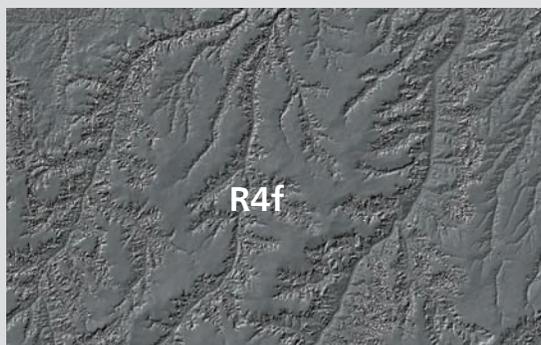
R4e – Degrau escarpado da serra do Roncador (leste do estado de Mato Grosso).



R4e – Degrau estrutural do flanco oeste do planalto de morro do Chapéu (Chapada Diamantina, Bahia).



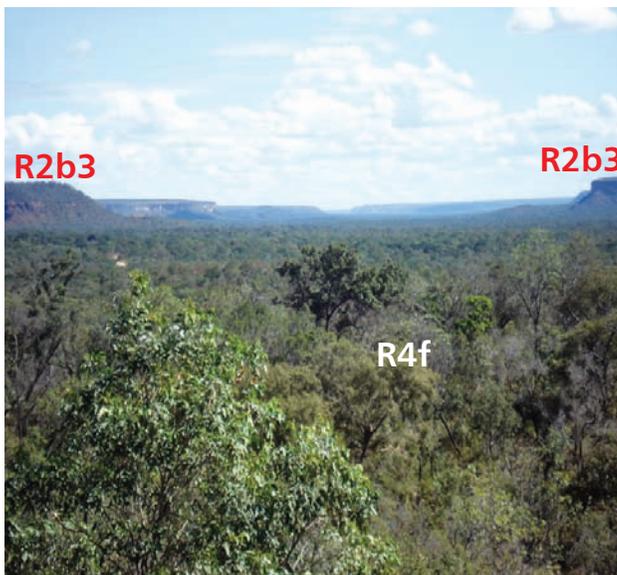
R4e – Degrau estrutural no contato da bacia do Parnaíba com o embasamento cristalino no sul do Piauí.



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).

NOTA SOBRE OS AUTORES

ANGELA MARIA DE GODOY THEODOROVICZ – Geóloga (1977) formada pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), com especialização (1990) em Geologia Ambiental (CPRM/SGB). Ingressou na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) – Superintendência Regional de São Paulo em 1978. Atuou em diversos projetos de Mapeamento Geológico Básico, Pesquisa Mineral para Não-Metálicos, Metalogenia e Planejamento Minerário. De 1980 a 1981, trabalhou na Superintendência Regional de Porto Velho (CPRM-SUREG/PV) em projetos de Metalogenia e Prospecção de Carvão. Desde 1990 atua na área de Estudo do Meio Físico para o Planejamento do Uso e Ocupação do Solo, como executora e chefe de projetos. A partir de 2006, passou a integrar a equipe do Programa SIG Geologia Ambiental. É membra do Conselho Gestor do Geopark Estadual Bodoquena-Pantanal.

ANTÔNIO THEODOROVICZ – Geólogo (1977) formado pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), com especialização (1990) em Geologia Ambiental (CPRM/SGB). Ingressou na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) – Superintendência Regional de São Paulo (SUREG/SP) em 1978. Desde 1982 atua na Superintendência Regional de São Paulo (SUREG/SP). Executou e chefiou vários projetos de Mapeamento Geológico, Prospecção Mineral e Metalogenia em diversas escalas nas regiões Amazônica, Sul e Sudeste. Desde 1990 atua como supervisor/executor de vários estudos geoambientais, para os quais concebeu uma metodologia, adaptada e aplicada na geração dos mapas Geodiversidade do Programa SIG – Geologia Ambiental. Ministra 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. Atualmente, também é coordenador regional do Projeto Geoparques da CPRM/SGB, Conselheiro da Comissão de Monumentos Geológicos do Estado de São Paulo e Membro do Conselho Gestor do Geopark Estadual Bodoquena-Pantanal.

LUIZ MOACYR DE CARVALHO – Geólogo (1968) formado pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e especialização em Metalogenia do Ouro pela Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Como geólogo do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), participou nos trabalhos da Divisão de Fomento à Produção Mineral e de Fiscalização de Projetos de Financiamento à Pesquisa Mineral no Território Federal de Rondônia no período de 01 de junho de 1969 a 31 de dezembro de 1970. Geólogo da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) desde 1971, ocupando o cargo de Coordenador de Recursos Minerais da então Superintendência de Porto Velho (RO). Participou do mapeamento geológico dos projetos Noroeste e Sudeste de Rondônia entre 1972-1978 e atuou como geólogo de prospecção mineral na Divisão de Pesquisa Mineral da Superintendência Regional de Salvador no período 1979-2003. Atualmente, é Supervisor do GATE, setor do Departamento de Geologia e Gestão Territorial (DEGET). Áreas de interesse: pesquisa mineral, metalogenia e patrimônio geológico – geoconservação.

MARCELO EDUARDO DANTAS – Graduado (1992) em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com os títulos de licenciado em Geografia e Geógrafo. Mestre (1995) em Geomorfologia e Geoecologia pela UFRJ. Nesse período, integrou a equipe de pesquisadores do Laboratório de Geo-Hidroecologia (GEOHECO/UFRJ), tendo atuado na investigação de temas como: Controles Litoestruturais na Evolução do Relevo; Sedimentação Fluvial; Impacto das Atividades Humanas sobre as Paisagens Naturais no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. Em 1997, ingressou na CPRM/SGB, atuando como geomorfólogo até o presente. Desenvolveu atividades profissionais em projetos na área de Geomorfologia, Diagnósticos Geoambientais e Mapeamentos da Geodiversidade, em atuação integrada com a equipe de geólogos do Programa GATE/CPRM. Dentre os trabalhos mais relevantes, destacam-se: Mapa Geomorfológico e Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro; Mapa Geomorfológico do ZEE RIDE Brasília; Estudo Geomorfológico Aplicado à Recomposição Ambiental da Bacia Carbonífera de Criciúma; Análise da Morfodinâmica Fluvial Aplicada ao Estudo de Implantação das UHEs de Santo Antônio e Jirau (Rio Madeira-Rondônia). Atua, desde 2002, como professor-assistente do curso de Geografia/UNISUAM. Atualmente, é coordenador nacional de Geomorfologia do Projeto Geodiversidade do Brasil (CPRM/SGB). Membro efetivo da União da Geomorfologia Brasileira (UGB) desde 2007.

MARIA ADELAIDE MANSINI MAIA – Geóloga (1996) formada 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.

PEDRO AUGUSTO DOS SANTOS PFALTZGRAFF – Geólogo (1984) formado pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), mestre (1994) em 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.

VALTER JOSÉ MARQUES – Geólogo (1966) formado pela UFRGS, especialização em Petrologia (1979) pela USP e em Engenharia do Meio Ambiente (1991) pela UFRJ. Nos primeiros 25 anos de carreira, dedicou-se ao ensino universitário, na 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 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).

GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

Geodiversidade do Estado de Mato Grosso do Sul é um produto concebido para oferecer aos diversos segmentos da sociedade sul-mato-grossense 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 sul-mato-grossense 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.

ISBN 978-85-7499-092-7



SEDE

SGAN – Quadra 603 • Conj. J • Parte A – 1º andar
Brasília – DF • 70830-030
Fone: 61 3326-9500 • 61 3322-4305
Fax: 61 3225-3985

Escritório Rio de Janeiro – ERJ

Av. Pasteur, 404 – Urca
Rio de Janeiro – RJ • 22290-040
Fone: 21 2295-5337 • 21 2295-5382
Fax: 21 2542-3647

Presidência

Fone: 21 2295-5337 • 61 3322-5838
Fax: 21 2542-3647 • 61 3225-3985

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Fone: 21 2295-8248 • Fax: 21 2295-5804

Departamento de Gestão Territorial

Fone: 21 2295-6147 • Fax: 21 2295-8094

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Fone: 21 2295-5837 • 61 3323-1166/1059
Fax: 21 2295-5947 • 61 3323-6600

Superintendência Regional de São Paulo

Rua Costa, 55 – Cerqueira César
São Paulo – SP • 01304-010
Fone: 11 3775-5101 • Fax: 11 3775-5165

Assessoria de Comunicação

Fone: 21 2546-0215 • Fax: 21 2542-3647

Divisão de Marketing e Divulgação

Fone: 31 3878-0372 • Fax: 31 3878-0382
marketing@cprm.gov.br

Ouvidoria

Fone: 21 2295-4697 • Fax: 21 2295-0495
ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Fone: 21 2295-5997 • Fax: 21 2295-5897
seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br
2010

PAC PROGRAMA DE
ACELERAÇÃO DO
CRESCIMENTO