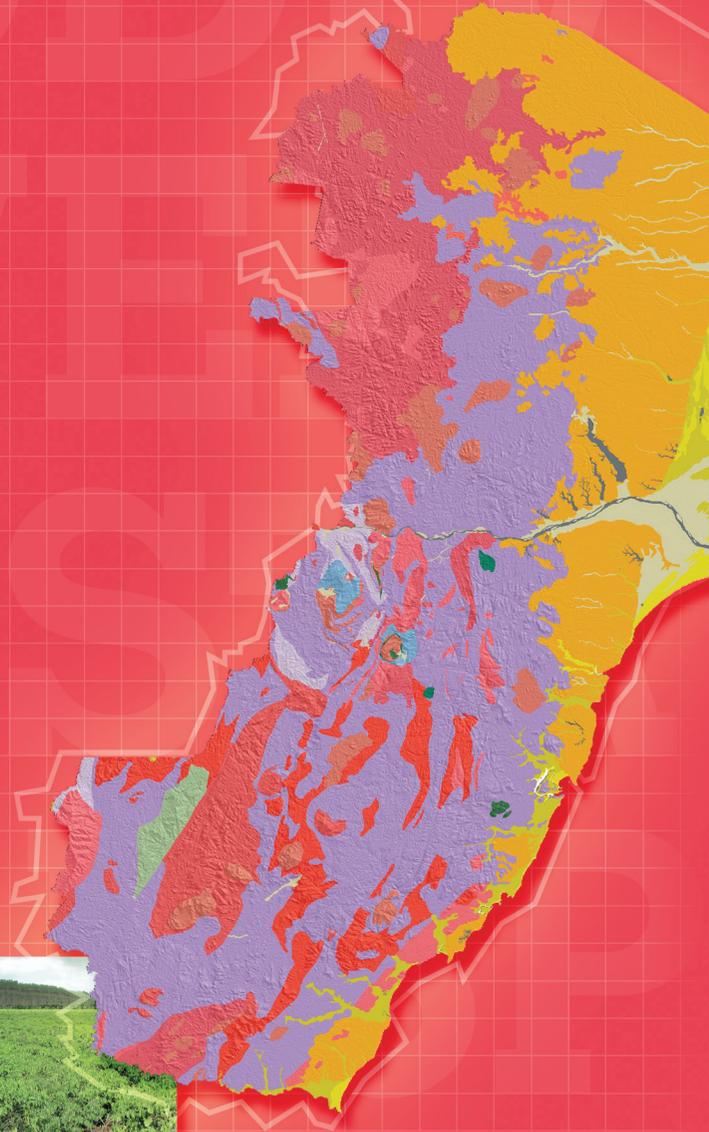


GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE



2014

GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

CASA CIVIL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Ministro-Chefe Aloizio Mercadante

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTRO DE ESTADO

Edison Lobão

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Márcio Pereira Zimmermann

SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Carlos Nogueira da Costa Junior

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

Presidente

Carlos Nogueira da Costa Junior

Vice-Presidente

Manoel Barretto da Rocha Neto

Conselheiros

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Ladice Pontes Peixoto

Luiz Gonzaga Baião

Osvaldo Castanheira

Waldir Duarte Costa Filho

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Manoel Barretto da Rocha Neto

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Thales de Queiroz Sampaio

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Roberto Ventura Santos

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Administração e Finanças

Eduardo Santa Helena da Silva

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Superintendente

Marcelo de Araujo Vieira

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial

Márcio de Oliveira Cândido

Supervisão de Gestão Territorial

Haroldo Santos Viana

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

GIODIVERSIDADE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GIODIVERSIDADE

ORGANIZAÇÃO

Sandra Fernandes Da Silva
Marcelly Ferreira Machado

Belo Horizonte, Brasil
2014

CRÉDITOS TÉCNICOS

LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

COORDENAÇÃO NACIONAL

Departamento de Gestão Territorial

Cassio Roberto da Silva

COORDENAÇÃO TEMÁTICA

Geodiversidade

Antonio Theodorovicz

Geomorfologia

Marcelo Eduardo Dantas

Solos

Edgar Shinzato

Cenários

Valter José Marques

Coordenação de Geoprocessamento e da Base de Dados de Geodiversidade

Maria Angélica Barreto Ramos

Maria Adelaide Mansini Maia

Execução Técnica

Sandra Fernandes da Silva

Marcely Ferreira Machado

Organização do Livro Geodiversidade do Estado do Espírito Santo

Sandra Fernandes da Silva

Marcely Ferreira Machado

Sistema de Informação Geográfica e Leiaute do Mapa

Sandra Fernandes da Silva

Marcely Ferreira Machado

Débora Teixeira Lemos de Carvalho (estagiária)

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

Gabriela Figueiredo de Castro Simão

Revisão Técnica

Antônio José Dourado Rocha

Normalização e Revisão Bibliográfica

Seção de Documentação Técnica (SECDOT)

Isabel Ângela dos Santos Matos

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

Washington J. F. Santos

Chá Com Nozes

Departamento de Apoio Técnico (DEPAT)

Divisão de Editoração Geral (DIEDIG)

(projeto de editoração/diagramação)

Valter Alvarenga Barradas

Andréia Amado Continentino

Agmar Alves Lopes

(supervisão de editoração)

Andréia Amado Continentino

(editoração)

Pedro da Silva

(edição de imagem)

Júliana Colussi

Leila Maria Rosa de Alcantara

Superintendência Regional de

Manaus (MANAUS-MA)

Gerência de Relações Institucionais

e Desenvolvimento (GERIDE)

(projeto de multimídia)

Maria Tereza da Costa Dias

(adequação da montagem no

ArcExibe para multimídia)

Aldenir Justino de Oliveira

Agradecimentos

Instituto Estadual de Meio Ambiente

(IEMA)

FOTOS DA CAPA:

- 1- Relevo: Relevo pão de açúcar, município de Pancas - ES.
- 2 - Potencial mineral: Extração de blocos para uso como rocha ornamental, município de Nova Venécia - ES.
- 3 - Agricultura: Plantação de café e eucalipto, município de Jaguaré - ES.
- 4 - Atrativo geoturístico: Cachoeira da Fumaça, município de Alegre/Ibitirama - ES.

Fotos: Marcely Machado, 2010.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

DIDOTE – Processamento Técnico

S586 Silva, Sandra Fernandes da.
Geodiversidade do estado do Espírito Santo / Organização Sandra Fernandes da Silva [e] Marcely Ferreira Machado. – Belo Horizonte CPRM, 2014.

120 p. ; 30 cm + 1 DVD

Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.

ISBN 978-85-7499-139-9

1. Geodiversidade – Brasil – Espírito Santo. 2. Meio ambiente – Brasil – Espírito Santo. 3. Planejamento territorial – Brasil – Espírito Santo. 4. Geologia ambiental – Brasil – Espírito Santo. I. Machado, Marcely Ferreira (Org.). II. Título.

CDD 551.098152

APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

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

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

Thales de Queiroz Sampaio
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial
CPRM – Serviço Geológico do Brasil

SUMÁRIO

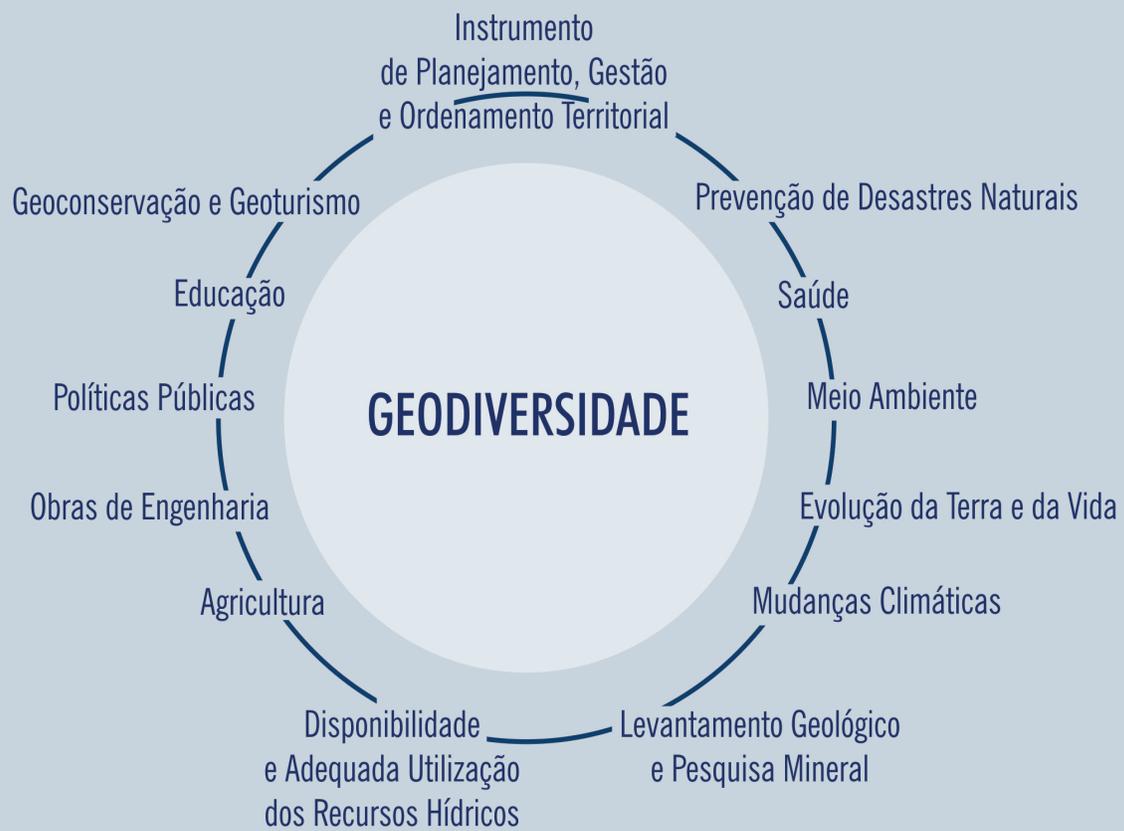
1. INTRODUÇÃO	9
Pedro A. dos Santos Pfaltzgraff e Marceley Ferreira Machado	
2. ASPECTOS GERAIS DO MEIO FÍSICO.....	15
Sandra Fernandes da Silva e Marceley Ferreira Machado	
3. METODOLOGIA, ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS E ORGANIZAÇÃO EM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	25
Maria Angélica Barreto Ramos, Marcelo Eduardo Dantas, Antonio Theodorovicz, Valter José Marques, Vítório Orlandi Filho, Maria Adelaide Mansini Maia e Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff	
4. GEODIVERSIDADE: ADEQUABILIDADES / POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES FRENTE AO USO E À OCUPAÇÃO	41
Sandra Fernandes da Silva e Marceley Ferreira Machado	

APÊNDICES

I – UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

II – BIBLIOTECA DE RELEVO DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

NOTA SOBRE OS AUTORES



1

INTRODUÇÃO

Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff (*pedro.augusto@cprm.gov.br*)
Marcelly Ferreira Machado (*marcelly.machado@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

SUMÁRIO

Geodiversidade	11
Aplicações.....	12
Referências.....	14

GEODIVERSIDADE

O planeta Terra se comporta como um sistema vivo, por meio de um conjunto de grandes engrenagens que se movimentam, que se modifica, acolhe e sustenta uma imensidade de seres vivos em sua superfície. A sua “vida” se expressa pelo movimento do planeta no entorno do Sol e de seu eixo de rotação, 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).

Relação entre sistemas

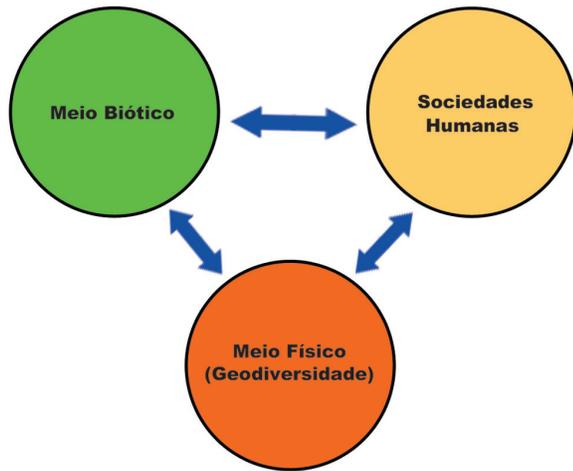


Figura 1.1 - Relação de interdependência entre os meios físico, biótico e a sociedade (elaborado pelos autores).

APLICAÇÕES

O conhecimento da geodiversidade nos leva a identificar, de maneira melhor, as aptidões e restrições de uso do meio físico de uma área, bem como os impactos advindos de seu uso inadequado (Figura 1.2). 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.

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.



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

Em uma determinada região, formada por rochas cristalinas, relevo ondulado, solos com espessura variável, clima subtropical e com alguns cursos de água perenes, o que seria possível fazer para promover o seu aproveitamento econômico? (Figura 1.3)

O conhecimento da geodiversidade de uma região implica o conhecimento de suas rochas, portanto, nesse caso específico, a rocha, constituindo-se em um charnokito, mostraria aptidões para aproveitamento do material como rocha ornamental, pedra de talhe, brita ou saibro. O relevo ondulado e a espessura do solo, variável em função da topografia, seriam outros fatores para auxiliar no desenvolvimento dessa atividade. A disponibilidade de água limitada, resultante das pequenas vazões dos cursos d'água e das características de aquífero fissural, com ausência de fraturas interconectadas associadas ao relevo acidentado, tornaria a área pouco propícia, ou com restrições, à instalação de atividades agrícolas irrigadas (principalmente as mecanizadas de ciclo curto) e a assentamentos urbanos.



Figura 1.3 - Morros em terrenos de rochas cristalinas com ampla atividade agrícola de ciclo longo – plantação de café, Município de Santa Tereza, ES. Foto: Marcely Machado, 2010.

Em outro exemplo, tem-se uma área plana (planície de inundação de um rio) cujo terreno é constituído por areias e argilas, com possível presença de turfas e argilas moles. Nessa situação, os espessos pacotes de areia viabilizam a exploração desse material para construção civil; as argilas moles e turfas, devido a seu comportamento geotécnico, propiciam a inadequação da área à ocupação urbana ou industrial; a presença de solos mais férteis torna a área propícia à agricultura de ciclo curto. Observa-se, entretanto, que justamente em várzeas e planícies de inundação é que se instalou a maior parte das cidades no Brasil, cujas populações sofrem periodicamente os danos das cheias dos rios. Este é o caso de Bom Jesus do Norte situada ao longo do rio Itabapoana, e Cachoeiro do Itapemirim localizada as margens do Rio Itapemirim (Figuras 1.4 a e 1.4b).



Figura 1.4 - a) Cheia do rio Itabapoana, em dezembro de 2008 (Bom Jesus do Norte, ES). Fonte: http://jornalreporteronline.blogspot.com/2008_12_21_archive.html; **b)** Ocupação irregular da área de várzea e planície de inundação do Rio Itapemirim, Cachoeiro do Itapemirim, ES. Fotos: Marceley Machado, 2010.

Um grave problema na faixa litorânea do Estado do Espírito Santo é a alta suscetibilidade à erosão costeira. O estado é no Brasil, talvez aquele que mais intervenções sofreu em sua linha de costa compreendendo obras de proteção e construção de portos (DOMINGUEZ, 2010). A ocupação urbana próxima às praias em áreas sujeitas à dinâmica das ondas, onde a movimentação marítima e as correntes de maré realizam o processo de remoção e reposição de areia, expõem a população e a infra-estrutura urbana aos riscos decorrentes da dinâmica costeira (Figura 1.5).

Os principais fenômenos relacionados a desastres naturais no Brasil são os deslizamentos de encostas e as inundações, que estão associados a eventos pluviométricos intensos e prolongados, repetindo-se a cada período chuvoso mais severo. Apesar das inundações serem os processos que produzem as maiores perdas econômicas e os impactos mais significativos na saúde pública, são os deslizamentos que geram o maior número de vítimas

fatais. Este fato justifica a concepção e implantação de políticas públicas municipais específicas para a gestão de risco de deslizamentos em encostas (CARVALHO & GALVÃO, 2006).

Os deslizamentos em encostas e morros urbanos vêm ocorrendo com uma frequência alarmante nestes últimos anos, devido ao crescimento desordenado das cidades, com a ocupação de novas áreas de risco, principalmente pela população mais carente (DGDEC, 2011) (Figura 1.6).

Importantes projetos nacionais na área de infraestrutura já utilizam o conhecimento sobre a geodiversidade da área proposta para sua implantação. Como exemplo, é possível citar o levantamento do trajeto planejado para as ferrovias Transnordestina, Este-Oeste e Norte-Sul, em que o conhecimento das características da geodiversidade da região foi importante para escolha não só dos métodos construtivos do empreendimento, como também para o aproveitamento econômico das regiões no entorno desses projetos.



Figura 1.5 - Processo erosivo em linha de costa. Avanço do mar que acabou por destruir o calçadão, Conceição da Barra, ES. Foto: Marceley Machado, 2010.



Figura 1.6 - Ocupação inadequada de encosta condicionando situação de risco por deslizamento, Barra do São Francisco, ES. Foto: Marceley Machado, 2010.

Convém ressaltar que o conhecimento da geodiversidade implica no estudo 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.
- CARVALHO, C. S.; GALVÃO, T. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos de Encostas: Guia para a elaboração de políticas municipais**. Brasília: Ministério das Cidades, 2006.
- CPRM. **Mapa geodiversidade do Brasil**. Escala 1: 2.500.000. Legenda expandida. Brasília: CPRM, 2006. 68 p. CD-ROM.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; **Geologia Marinha e costeira: proteção da linha de costa do Espírito Santo**, 2010. Disponível em: <<http://geologiamarinha.blogspot.com/2010/09/protecao-da-linha-de-costa-no-espírito.html>>. Acesso em: 28 abr. 2011.
- DGDEC, **Departamento Geral de Defesa Civil: deslizamento**, 2011. Disponível em: <<http://www.dgdec.defesacivil.rj.gov.br/modules.php?name=Content&pa=sowpage&pid=127>>. Acesso em 29 abr. 2011.
- GALOPIM DE CARVALHO, A. M. **Natureza: biodiversidade e geodiversidade**. [S.l.: s.n.], 2007.
- Disponível em: <<http://terraquegira.blogspot.com/2007/05/natureza-biodiversidade-e.html>>. Acesso em: 25 jan. 2010.
- GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. New York: John Wiley & Sons, 2004. 434 p.
- OWEN, D.; PRICE, W.; REID, C. **Gloucestershire cotswolds: geodiversity audit & local geodiversity action plan**. Gloucester: Gloucestershire Geoconservation Trust, 2005.
- SERRANO CAÑADAS, E.; RUIZ FLAÑO, P. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial: el caso de Tiermes-Caracena (Soria). **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, La Rioja, n. 45, p. 79-98, 2007.
- SILVA, C. R. da; RAMOS, M. A. B.; PEDREIRA, A. J.; DANTAS, M. E. Começo de tudo. In: SILVA, C. R. da (Ed.). **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008 a. 264 p. il. p. 11-20.
- SILVA, C. R. da; MARQUES, V. J.; DANTAS, M. E.; SHINZATO, E. Aplicações múltiplas do conhecimento da geodiversidade. In: SILVA, C. R. da (Ed.). **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008b. 264 p. il. p. 181-202.
- 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

ASPECTOS GERAIS DO MEIO FÍSICO

Sandra Fernandes da Silva (*sandra.silva@cprm.gov.br*)
Marcelly Ferreira Machado (*marcelly.machado@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

SUMÁRIO

Geologia	17
Introdução	17
Evolução Geológica	17
Arcabouço Litoestratigráfico	18
Embasamento	18
Complexo Paraíba do Sul	19
Suítes graníticas	19
Cobertura fanerozóica	20
Relevo	21
Introdução	21
Domínios Geomorfológicos e Padrões de Relevo	21
Domínio das unidades agradacionais	21
Domínio das unidades denudacionais em rochas sedimentares pouco litificadas	22
Domínio dos relevos de aplainamento	22
Domínio das unidades denudacionais em rochas cristalinas ou sedimentares	22
Referências.....	23

GEOLOGIA

Introdução

O Estado do Espírito Santo enquadra-se no contexto da Província Mantiqueira, no domínio da Faixa Móvel Araçuaí (Almeida et al., 1977 e Almeida, 1977), de idade neoproterozóica-cambriana (Figura 2.1), desenvolvida durante o Ciclo Brasileiro.

O arcabouço geológico da área em estudo apresenta cerca de 2/3 de seu território representado por rochas ígneas e metamórficas de idades neoproterozoicas a cambrianas e o restante por coberturas fanerozoicas (Figura 2.2). O embasamento da Faixa Araçuaí é pouco exposto no estado, aflorando apenas numa pequena área, a sudoeste no limite com o estado de Minas Gerais, representado por rochas de alto grau metamórfico de idade arqueano-paleoproterozoica. Tal configuração geológica reflete bem o desenvolvimento de diferentes atividades no estado, as quais estão intimamente ligadas à exploração da sua geodiversidade.

Evolução Geológica

A evolução geológica do território Capixaba pode ser entendida a partir da história evolutiva do Orógeno Araçuaí,

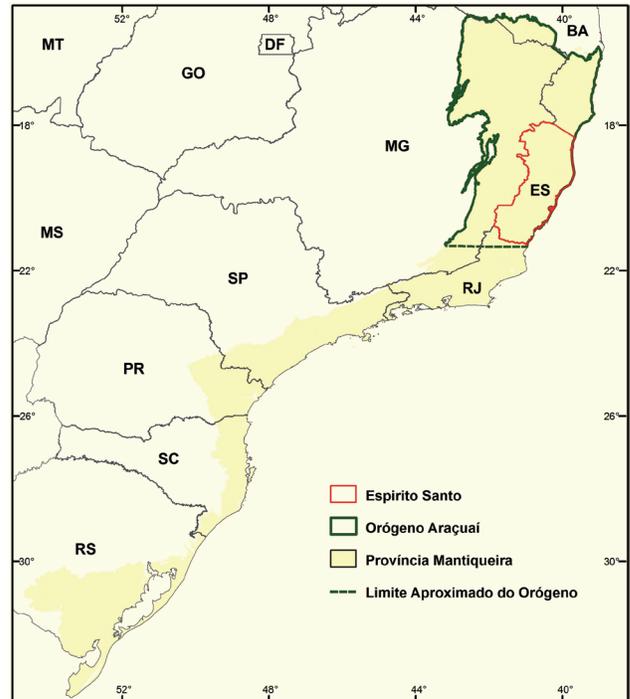


Figura 2.1 - Localização do Estado do Espírito Santo dentro do contexto tectônico da Província Mantiqueira e do Orógeno Araçuaí (elaborado pelos autores, 2010).

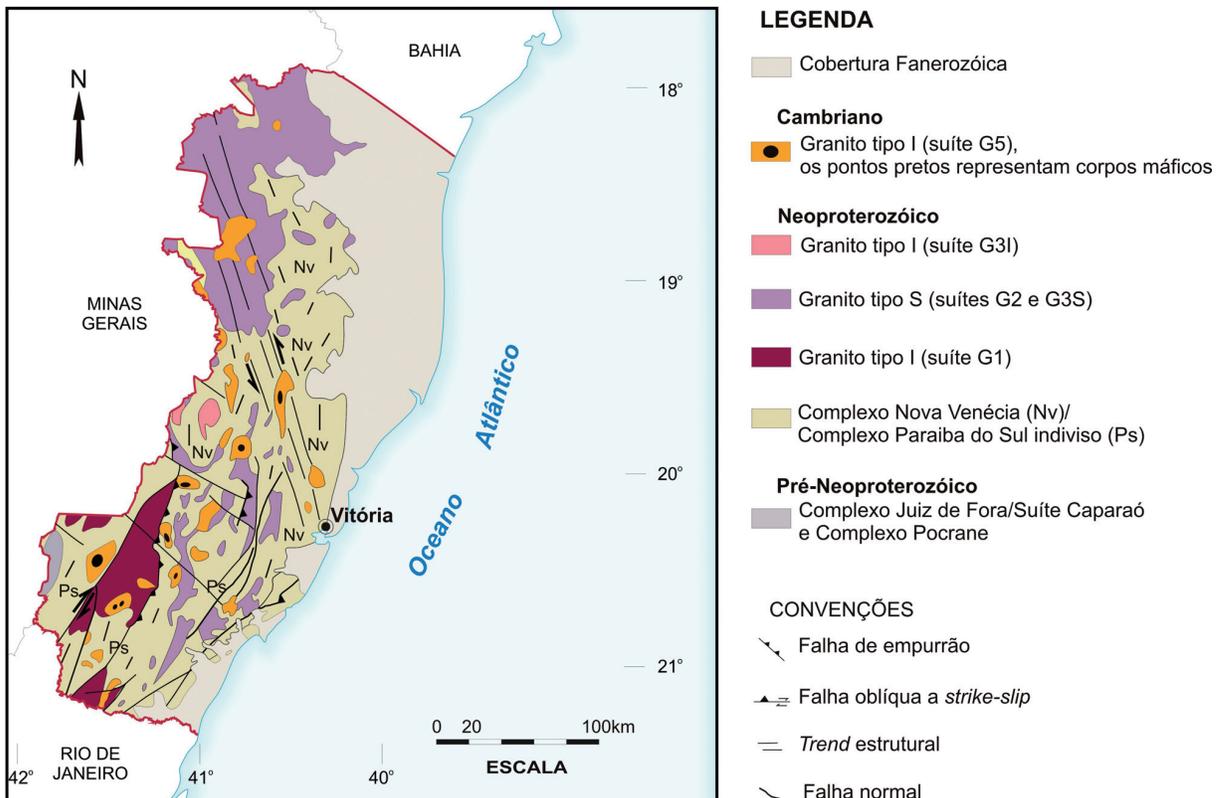


Figura 2.2 - Mapa Geológico simplificado do Estado do Espírito Santo (modificado de Pedrosa Soares et al, 2007 e Vieira, 2007).

uma vez que, o estado encontra-se totalmente inserido neste contexto geotectônico. A aglutinação de blocos crustais arqueanos durante um processo orogênico paleoproterozoico que se estendeu, aproximadamente, entre 2,2 e 2,0 Ga, constituiu o substrato onde se desenvolveu o Orógeno Araçuai (Noce et al, 2007).

Em uma abordagem tectônica simplificada, as rochas neoproterozoicas - cambrianas que se sobrepõem a este substrato podem ser entendidas como resultantes de um processo que envolveu a evolução e geração do Orógeno Araçuai (Figura 2.3). Tal processo compreendeu desde a “quebra” do supercontinente Rodínia, com geração de bacias *rifts* e formação de oceano e bacias de margens passivas, até o “fechamento” do oceano e colisão de duas placas

continentais que culminou com a formação do Orógeno Araçuai-Congo Ocidental. Um Sistema Orogênico Brasileiro-Panafricano, hoje desmembrado pelo oceano Atlântico.

Alkmim et al. (2006, 2007) caracterizam o quadro geotectônico do orógeno por meio de dois estágios evolutivos principais: 1) estágio evolutivo da bacia precursora; e 2) estágio orogênico. Os autores segmentam o estágio da bacia precursora em: i) formação de rifte continental – deposição de associação rudito-arenito-pelito com ocorrência de magmatismo bimodal; ii) formação de margem continental passiva – deposição de associação arenito-pelito-carbonato, turbidito- arenopelíticos, sem ocorrência de magmatismo; e iii) formação de oceano – geração de rochas magmáticas ofiolíticas, sedimentação pelágica e químico-exalativa. Já o estágio orogênico é subdividido em: i) pré-colisional – ocorrência de subducção da litosfera oceânica e geração de arco magmático cálcio-alcálico; ii) sin-colisional – interação direta entre as partes em colisão, com espessamento crustal, fusão parcial e geração de magma tipo S; iii) tardi-colisional – ocorrência de escapes laterais e geração de granito S por fusão parcial sob decompressão adiabática; e iv) pós-colisional – ocorrência de colapso gravitacional, plutonismo tipo I e A2.

Com a abertura do oceano Atlântico que se estendeu desde o final do Jurássico ao final do Cretáceo, o Orógeno Araçuai é separado do Orógeno Congo Ocidental. Durante esse período começam a se formar bacias de margens passivas e a deposição de coberturas. Os registros mais antigos dessas coberturas no Espírito Santo correspondem aos sedimentos do Grupo Barreiras que recobrem rochas ígneas e metamórficas neoproterozóicas-cambrianas. Devido ao seu pobre conteúdo fóssilífero a idade do Grupo Barreiras tem sido de grande controvérsia. Estudos mais recentes o tem posicionado no intervalo de tempo que varia do Mioceno até o Plioceno-Pleistoceno (Bezerra et al., 2006).

Segundo Arai (2006) a estratigrafia de sequência permitiu relacionar as condições para deposição dos sedimentos do Grupo Barreiras com a elevação eustática global que teve seu máximo no Mioceno médio (figura 2.4). A sedimentação sofreu uma interrupção no início do Mioceno superior (11.6 Ma) quando houve um rebaixamento eustático global, ocasionando um processo erosivo nestas coberturas. No Plioceno (4-5 Ma) com a retomada da subida eustática, depositou-se o segundo ciclo, denominado Barreira Superior (Figura 2.4).

As coberturas Cenozoicas pós-Grupo Barreiras são constituídas de várias unidades de sedimentos inconsolidados.

Arcabouço Litoestratigráfico

Embasamento

As unidades do embasamento do Orógeno Araçuai são formadas por diversos complexos constituídos, em sua maioria, por ortognaisses. Tais complexos são: Guanhães, Gouveia, Porteirinha, Mantiqueira, Juiz de Fora, Pocrane e Suite Caparaó (Noce et al 2007).

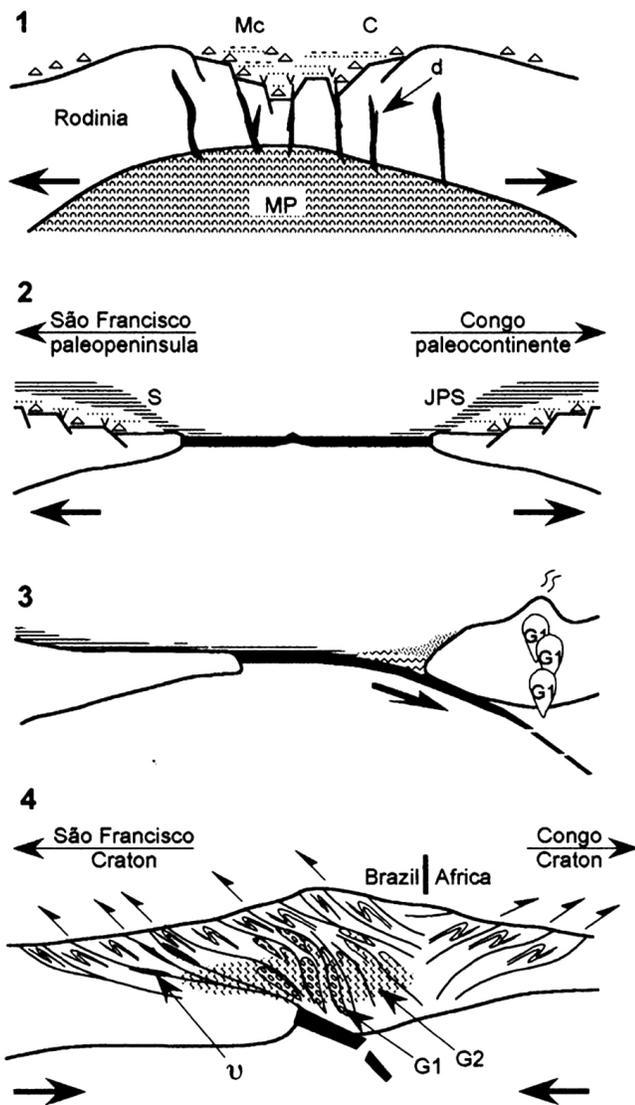


Figura 2.3 - Modelo evolutivo proposto por Pedrosa-Soares et al. (2001) para a evolução do Orógeno Araçuai-Congo Ocidental. (1) primeira etapa - estágio de rifte continental. (2) estágio de margem passiva - surgimento de litosfera oceânica. (3) estágio de subducção no sentido do Cráton do Congo, induzindo a geração do arco magmático (G1).

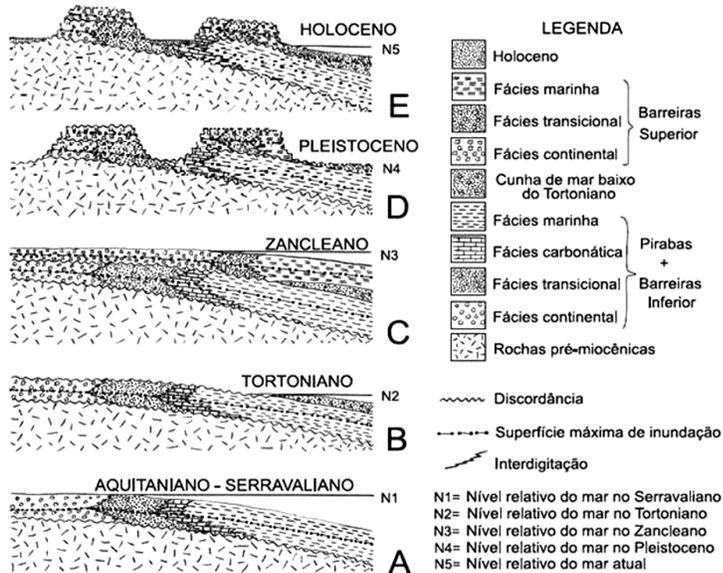


Figura 2.4 - Esquema de evolução do Grupo Barreiras na costa do Norte do Brasil segundo Arai (2006). (A) Aquitaniano – Burdigaliano: sistema de mar alto. (B) Tortoniano: sistema de mar baixo; formação da discordância Tortoniana. (C) Zancleano (Plioceno): sistemas transgressivo e de mar alto. (D) Pleistoceno: fase erosiva no máximo da regressão Pleistocênica. (E) Holoceno: erosão e retrabalhamento dos sedimentos do Grupo Barreiras.

Nos terrenos do Estado do Espírito Santo ocorrem apenas duas unidades deste embasamento: Suíte Caparaó e Complexo Pocrane.

A Suíte Caparaó é constituída por uma associação de granulitos de composição enderbítica, charnockítica, quartzo diorítica e gabróica (Noce et al, 2007) e segundo alguns autores esta suíte pode ser incluída entre as unidades constituintes do Complexo Juiz de Fora (Campos Neto & Figueiredo 1990).

O Complexo Pocrane é constituído de biotita hornblenda gnaiss, com ou sem granada, exibindo abundantes lentes de anfibolito, rochas metassedimentares e rochas metaultramáficas (Tuller, 2000). Alguns autores consideram as rochas deste complexo como parte do embasamento, devido a existência de datação com idade de 1560+14 Ma (Silva et al 2002), embora idades Rb-Sr disponíveis apenas indiquem sua re-homogenização isotópica durante a Orogênese Brasileira (Silva et al. 1987, Padilha 1993).

Complexo Paraíba do Sul

O Complexo Paraíba do Sul, recentemente dividido nos Complexos Nova Venécia e Paraíba do Sul indiviso (Pedrosa et al, 2007) constitui-se de rochas sedimentares metamorfizadas, a exemplo de paragneisses.

Complexo Nova Venécia

Localizado nas áreas do centro e norte do Estado (Figura 2.2), corresponde a uma parte do antigo Complexo Paraíba do Sul. Consiste de um pacote de rochas sedimen-

tares metamorfizadas em fácies anfibolito superior a granulito (Pinto et al, 1997).

Pedrosa-Soares et al. (2001) caracterizam as rochas desses complexos, segundo os domínios das duas fácies de metamorfismo: 1) domínio da fácies anfibolito - inclui biotita gnaiss, biotita-granada gnaiss, biotita-granada-cordierita-sillimanita gnaiss, biotita-granada-cordierita-sillimanita-grafita gnaiss (kinzigito), gnaisses e xistos grafitosos, leptinito, sillimanita quartzito, granulito calcissilicático paraderivado, mármores dolomíticos e calcíticos e 2) domínio da fácies granulito - inclui principalmente granulitos charno-enderbíticos, localmente com granada, granulito enderbítico intercalado a gnaisses com porfiroblastos de feldspato e granulito calcissilicático, gnaiss anfibolítico, leptinito e granada-cordierita-sillimanita gnaiss.

Baltazar et al. (2010) individualizaram quatro subunidades dentro do Complexo Nova Venécia: 1) Gnaisses laminados a xistosos; 2) Gnaisses quartzosos com quartzitos intercalados; 3) Metatexitos bandados e dobrados; e 4) Diatexitos.

Complexo Paraíba do Sul Indiviso

Localizado na parte sul do Estado (Figura 2.2), o Complexo Paraíba do Sul indiviso representa o setor sudeste do Orógeno Araçuai e se prolonga para o Orógeno Ribeira (Heilbron et al., 2004). Constitui uma sequência de paragneisses aluminosas, kinzigitos, mica xistos, quartzitos, rochas calcissilicáticas, mármores e anfibolitos (Vieira, 2007). Alguns autores consideram que parte deste complexo é correlacionável ao Grupo Andrelândia localizada no extremo sudoeste do Estado do Espírito Santo, definido como um conjunto de paragneisses granadíferos e/ou biotíticos/muscovíticos, diversamente migmatizados e/ou milonitizados, ricos em corpos pegmatíticos, que margeia a Serra do Caparaó (Horn et al., 2007).

Suítes Graníticas

Pedrosa-Soares et al. (2001) agrupa as rochas magmáticas do Cinturão Araçuai em seis suítes (G1, G2, G3I, G3S, G4 e G5) com base em dados petrológicos e geocronológicos. Dessas, quatro ocorrem no Estado - G1, G2, G3 e G5. De acordo com o trabalho destes autores, estas suítes são assim descritas:

Suíte G1 - Magmatismo pré-colisional

Presente na área SW do Estado, os litotipos dessa unidade recebem diferentes denominações locais como Suítes Mascarenhas (antiga Suíte Galileia) e Muniz Freire. Apresentam idades que indicam evolução na fase pré a sincolisional do Orógeno Araçuai.

As rochas da suíte G1 são tonalitos foliados e granodioritos, com ocorrência secundária de granitos. Normalmente, apresentam fenocristais deformados de ortoclásio em uma matriz biotítica foliada, podendo apresentar enclaves estirados segundo a foliação gnáissica. Predominam texturas metamórficas e miloníticas, com texturas magmáticas melhor preservadas no núcleo desses corpos.

Suíte G2 - Magmatismo sin-colisional

Presente em todo o Estado, sendo de maior ocorrência na parte NW, as rochas dessa unidade recebem denominações locais como Carlos Chagas, Montanha, Ataléia, Colatina, Nauque, entre outros.

A suíte G2 é integrante do núcleo anatético do Orógeno Araçuaí-Oeste-Congo. São batólitos tectonicamente foliados, do tipo S, subalcalinos a calcialcalinos, granitos peraluminosos granatíferos, com restos de paragnaisses bandados e migmatitos. De acordo com os autores (op cit) cordierita e/ou sillimanita são os acessórios mais comuns, podendo estar ausentes em intrusões de granito a duas micas pobres em granada.

Suíte G3 - Magmatismo tardi a pós-colisional

A suíte G3 está relacionada ao processo de relaxamento do encurtamento crustal, na fase tardi a pós-tectônicas de evolução do orógeno Araçuaí, com geração de duas suítes magmáticas: 1) suíte G3I – correspondendo a pulsos de magma calcialcalino intrudidos principalmente ao longo de zonas de cisalhamento; e 2) suíte G3S subalcalina - correspondendo a fusão da suíte peraluminosa G2.

A suíte G3I ocorre na região extremo oeste do Estado, sob a forma de dois plútons, nas proximidades das cidades de Baixo Gandú e Itaguaçu, com denominação local de Lagoa Preta. Esses apresentam estruturas de fluxo magmático sub-paralelas à foliação gnáissica regional, ao longo de suas bordas, e consistem principalmente de granitos a granodioritos, com freqüentes enclaves de rochas máficas.

A suíte G3-S é uma série de pequenas coalescências ou corpos isolados de sillimanita-cordierita-granada leucogranitos de assinatura peraluminosa subalcalina, não-foliados, aflorando no domínio da Suíte G2. Estruturas migmatíticas nos corpos leucograníticos e seus contatos gradacionais revelam a natureza anatética, autóctone a para-autóctone da Suíte G3.

Suíte G5 - Magmatismo pós-colisional

Estas rochas encontram-se distribuídas por todo o Estado. A suíte G5 compreende um plutonismo intrusivo tipo I, gerado durante a última fase plutônica do Cinturão Araçuaí- último episódio pós-colisional. É caracterizado por diápiros inversamente zonados, gradando composicionalmente de grabro a granito, principalmente intrudidos ao longo de zonas *strike-slip*. São fontes de pegmatitos pobres em turmalinas e ricos em berilo, com importantes depósitos de água-marinha.

Cobertura Fanerozóica

As litologias aqui abordadas correspondem às rochas sedimentares do Grupo Barreiras e aos sedimentos incosolidados depositados desde o início do Neogeno ao presente.

Grupo Barreiras

Em toda a faixa litorânea do Estado do Espírito Santo afloram rochas sedimentares desta unidade. Classicamente o Grupo Barreiras é interpretado como sendo de origem continental (fluvial). Entretanto trabalhos mais recentes (Arai, 2006 e Domingues e Araújo, 2008) também propõem uma origem marinha para parte do Grupo Barreiras. Segundo estes autores, uma origem também marinha é muito mais consistente que uma origem puramente fluvial uma vez que consegue explicar e conciliar várias observações a respeito desta unidade, tanto de natureza paleontológica, como sedimentológica.

O Grupo Barreiras corresponde a conglomerados e arenitos ferruginosos, com matriz argilosa e abundantes concreções ferruginosas. O arcabouço é predominantemente quartzoso, com clastos subangulosos a subarredondados. Frequentemente tem-se a presença de níveis ou camadas de siltitos e argilitos, intercalados a níveis conglomeráticos. É comum a ocorrência de um nível laterítico, nem sempre contínuo, no topo da unidade (Moura-Lima et al. 2010).

Sedimentos Incosolidados

Os depósitos recentes foram diferenciados em dez unidades de acordo com o seu ambiente ou paleoambiente deposicional. Tais unidades são descritas a seguir:

Depósitos coluvios-eluviais - sedimento areno-argiloso, conglomerático, inconsolidado depositados a partir do Mioceno; Depósitos de cordões aluvionares antigos - constituído por areia, silte e argila que foram depositados durante o Pleistoceno; Depósitos aluvionares antigos - areia com intercalações de argila e cascalho de origem Pleistocênica; Depósitos coluvios-aluvionares - representados por cascalhos, areia e siltes inconsolidados, com sedimentos pelíticos subordinados exibindo estratificações variadas, tais sedimentos começaram a se depositar no Holoceno; Alinhamento de antigos cordões litorâneos - composto predominantemente por areia podendo ter argila e silte de forma subordinada, estes representam antigas linhas de costa Holocénicas; Depósitos aluvionares - sedimentos inconsolidados constituídos por seixos, areias, siltes e argilas, relacionados às planícies de inundação, barras de canais e canais fluviais atuais; Sedimentos indiferenciados - constituído por areia, cascalho e lama depositados em ambiente siliciclastico no Holoceno; Depósitos fluviolacustres - areia e silte argilosos ricos em matéria orgânica que começaram a se depositar no Holoceno; Depósitos litorâneos - areia com conchas marinhas, argila e silte ricos em matéria orgânica e dunas de areia fina bem selecionada de origem Holocénica; e Depósitos de barreira holocénica - depósitos praias - areia quartzosa fina, bem selecionada, com laminação plano-paralela e cruzada de origem atual.

RELEVO

Introdução

De acordo com EMBRAPA (1978), o Estado do Espírito Santo apresenta um quadro morfológico que permite divisão esquemática do estado em três regiões: 1) Litoral – formações Quaternárias constituídas por planícies litorâneas, praias, restingas e aluviões continentais depositados pelo Rio Doce e outros cursos d'água menores; 2) Tabuleiros – correspondendo a chapadões areníticos Paleogênicos pouco alterados pela erosão fluvial; e 3) Áreas Elevadas Interiores – correspondendo a terrenos pré-cambrianos bastante acidentados, onde são comuns ocorrências de picos isolados, denominados de pontões ou pães-de-açúcar. Tal divisão reflete, diretamente, sua evolução tectônica e disposição litológica, somada às ações de ordem climáticas atuantes na região.

No âmbito do estudo da geodiversidade o Estado do Espírito Santo, foi compartimentado em quatro domínios geomorfológicos, baseados nos processos atuantes (agração ou denudação) e nos litotipos presentes. Esses compartimentos são segmentados em 12 padrões de relevo, os quais serviram de subsídio para elaboração do Mapa de Geodiversidade do Estado do Espírito Santo (Apêndice II – Biblioteca de Relevo do Território Brasileiro). A individualização dos diversos compartimentos de relevo foi obtida com base em análises e interpretação de imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) - resolução de 90 m, de imagens GeoCover e nos trabalhos de levantamento de campo, sendo as unidades de relevo agrupadas de acordo com a caracterização da textura e rugosidade apresentada nas imagens. A escala de trabalho adotada foi a de 1:1.000.000.

Domínios Geomorfológicos e Padrões de Relevo

Com base no tipo de processo atuante (agração ou denudação) e nos tipos litológicos presentes, o território Capixaba foi compartimentado em quatro domínios geomorfológicos (Figura 2.5), os quais são segmentados em padrões de relevo menores (Figura 2.6).

Domínio das unidades agradacionais

Domínio composto por cinco padrões de relevo, que correspondem às zonas de acumulação atual e subatual.

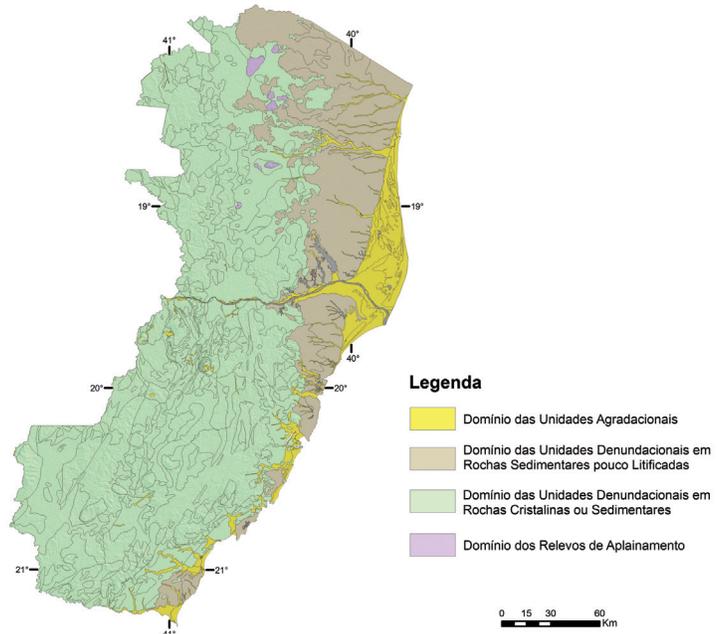


Figura 2.5 - Compartimentação do Estado do Espírito Santo em domínios geomorfológicos (elaborado pelos autores, 2010).

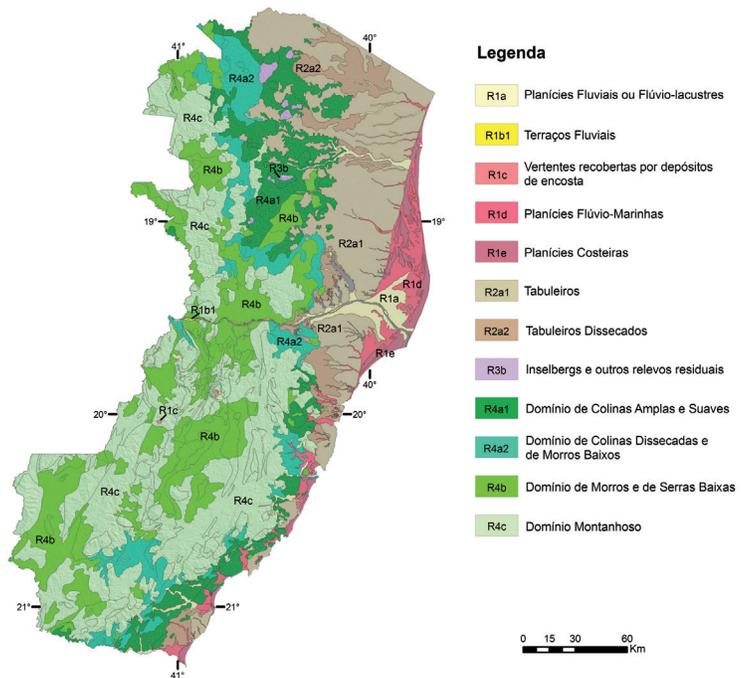


Figura 2.6 - Mapa de padrões de relevo do estado do Espírito Santo. (elaborado pelos autores, 2010).

Planícies fluviais ou flúviolacustres (R1a)

Compreendem planícies de inundação e baixadas inundáveis. Constituem zonas de acumulação atual, sub-horizontais, compostas por depósitos arenoargilosos a argiloarenosos. Apresentam gradientes extremamente

suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. São terrenos periodicamente inundáveis, mal drenados nas planícies de inundação e bem drenados nos terraços. Exibem amplitude de relevo nula (zero) e inclinação das vertentes variando entre 0-3°.

Terraços fluviais (R1b1)

São paleoplanícies de inundação em fundos de vales. Constituem zonas de acumulação subatual, planas a levemente onduladas, bem drenadas, compostas por depósitos arenosos a argilosos de origem fluvial. Encontram-se em um nível mais elevado que o das várzeas atuais e acima do nível das cheias sazonais. Exibem amplitude de relevo entre 2 e 10 m e inclinação das vertentes variando entre 0-3°.

Vertentes recobertas por depósitos de encosta (R1c)

São zonas de acumulação atual constituídas de rampas de colúvio e cones de tálus.— depósitos de encosta mal selecionados. Os cones de tálus correspondem a superfícies deposicionais fortemente inclinadas. Ocorrem nos sopés das vertentes íngremes de terrenos montanhosos. As rampas de colúvio consistem em superfícies deposicionais inclinadas. Ocorrem nas baixas encostas de ambientes colinosos ou de morros.

Esses padrões de relevo apresentam amplitude variável e inclinações das vertentes entre 5-20°, quando associados às rampas de colúvio e entre 20-45° quando associados aos cones de tálus.

Planícies fluviomarinhas - mangues e brejos (R1d)

Constituem uma interface entre os Sistemas Depositionais Continentais e Marinhos. Compreendem superfícies planas muito mal drenadas, prolongadamente inundáveis, com padrão de canais meandranes, sob influência de refluxo de marés.

São compostas de depósitos argilo-arenosos a argilosos, apresentando amplitude de relevo e inclinação das vertentes nulas.

Planícies costeiras - terraços marinhos e cordões arenosos (R1e)

São terrenos bem drenados e não inundáveis, correspondendo a superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenosos, de microrrelevo ondulado, gerados por processos de sedimentação marinha e/ou eólica.

Exibem amplitude de relevo de até 20 metros e inclinação das vertentes entre 0-5°.

Domínio das unidades denudacionais em rochas sedimentares pouco litificadas

Domínio composto por dois padrões de relevo, que correspondem a relevos de degradação em rochas sedimentares.

Tabuleiros (R2a1)

Constituem formas suavemente dissecadas. São superfícies extensas, gradientes suaves, topos planos e

alongados e vertentes retilíneas nos vales encaixados em forma de "U". Apresentam amplitude de relevo que varia de 20 a 50m, inclinações de vertentes entre 0-3° e topos planos. Localmente, podem existir vertentes com inclinações superiores entre 10-25°.

Nessas formas de relevo há predomínio de processos pedogenéticos (formação de solos espessos e bem drenados). De forma restrita, podem ocorrer processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas).

Tabuleiros dissecados (R2a2)

Constituem formas tabulares dissecadas por uma rede de drenagem com alta densidade. Apresentam relevo movimentado de colinas com topos tabulares ou alongados e vertentes retilíneas e declivosas nos vales encaixados, resultantes da dissecação fluvial recente.

A amplitude de relevo varia de 20 a 50m com inclinação de vertentes entre 0-3° e topos planos restritos. Assim como as formas de tabuleiros, localmente podem existir vertentes com inclinações superiores entre 10-25°.

Nessas formas de relevo há predomínio de processos de pedogênese, sendo a ocorrência de processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas) mais comum.

Domínio dos relevos de aplainamento

Domínio composto por um padrão de relevo que correspondem a relevos de aplainamento.

Inselbergs e outros relevos residuais (R3b)

Correspondem a cristas isoladas, morros-testemunhos, pontões e monólitos. São relevos residuais isolados destacados na paisagem aplainada, remanescentes do arrasamento geral dos terrenos. Apresentam amplitude de relevo entre 50 e 200m, inclinação das vertentes que varia de 25-45° e ocorrência de paredões rochosos subverticais (60-90°).

Domínio das unidades denudacionais em rochas cristalinas ou sedimentares

Domínio composto por oito padrões de relevo que correspondem a relevos denudacionais. As formas desse domínio caracterizam-se por se tratar de padrões de relevos de degradação em qualquer litologia, à exceção dos padrões de vales encaixados e de colinas amplas e suaves, nos quais a degradação é predominantemente em rocha sedimentar.

Colinas amplas e suaves (R4a1)

Constituem formas pouco dissecadas com vertentes convexas e topos amplos, de morfologia tabular ou alongada. Apresentam sistema de drenagem principal com posição de planícies aluviais relativamente amplas. Exibem amplitude de relevo que varia de 20 a 50m e inclinação de vertentes entre 3-10°.

Há predomínio de processos de pedogênese com ocorrência restrita de processos de erosão laminar ou linear

acelerada (ravinas e voçorocas). Pode ocorrer geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.

Domínio de colinas dissecadas e de morros baixos (R4a2)

Constituem 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. Exibem amplitude de relevo que varia de 30 a 80m e inclinação de vertentes de 5-20°.

Há equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (formação de solos espessos e bem drenados). Atuação frequente de processos de erosão laminar e ocorrência esporádica de processos de erosão linear acelerada (sulcos, ravinas e voçorocas). Pode ocorrer geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.

Domínio de morros e de serras baixas (R4b)

Correspondem a morros convexo-côncavos dissecados com topos arredondados ou aguçados. Também se inserem nessa unidade morros de topo tabular (característico das chapadas intensamente dissecadas) e de topos planos. Esse padrão de relevo apresenta sistema de drenagem principal com planícies aluviais restritas. Exibem amplitude de relevo que varia de 80 a 200m e inclinação das vertentes entre 15-35°.

Nesse padrão de relevo há predomínio de processos de morfogênese (formação de solos pouco espessos em terrenos declivosos), além da atuação frequente de processos de erosão laminar e linear acelerada (sulcos e ravinas), com ocorrência esporádica de processos de movimentos de massa. Pode ocorrer geração de colúvios e, subordinadamente, depósitos de tálus nas baixas vertentes.

Montanhoso (R4c)

Correspondem a alinhamentos serranos, maciços montanhosos, *front de cuevas* e *hogback*. São formas muito acidentadas, com vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Exibem sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Apresentam amplitude de relevo acima de 300m podendo apresentar, localmente, desnivelamentos inferiores a essa medida. As inclinações de vertentes variam entre 25-45°, com possível ocorrência de paredões rochosos subverticais (60-90°).

Nesse padrão de relevo há franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos muito acidentados), além da atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Pode haver geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

REFERÊNCIAS

ALKMIM, F. F.; PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; CRUZ, S. C. P. Sobre a evolução tectônica do orógeno

Araçuaí-Congo Ocidental. **Geonomos**, Belo Horizonte, v.15, n.1, p. 25-43, 2007.

ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S.; PEDROSA-SOARES, A. C.; PERES, G. G.; CRUZ, S. C. P.; WHITTINGTON, A. – Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and África: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. **Precambrian Research**, Amsterdam, v.149, p. 43-64, 2006.

ALMEIDA, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, 7: 349-364.

ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y.; NEVES, B. B. DE B.; et al. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO - OESTE, 2. Campina Grande, 1977. **Atas...** Campina Grande, SBG/GO - BS, p. 363-391, 1977.

ARAI, M. A grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do grupo barreiras. *Geol. USP, Sér. cient.* [online]. 2006, vol.6, n.2, pp. 1-6. ISSN 1519-874X.

BALTAZAR, O. F.; Zucchetti, M.; Oliveira, S. A. M.; Scandolara, J.; Silva, L. C. **Projeto São Gabriel da Palha-Linhares, Estados do Espírito Santo e Minas Gerais**. Belo Horizonte, CPRM, 2010.

BEZERRA, F. H. R.; MELLO, C. L. SUGUIO, K. A Formação Barreiras: recentes avanços e antigas questões. *Geol. USP, Sér. cient.* [online]. 2006, vol.6, n.2, pp. III-VI. ISSN 1519-874X.

CAMPOS NETO, M.C. & FIGUEIREDO, M.C.H. 1990. Evolução geológica dos terrenos Costeiro, Paraíba do Sul e Juiz de Fora (RJ-MG-ES). In: SBG, Congr. Bras. Geol., 36, **Anais**, 6:2631-2648.

DOMINGUES e ARAÚJO. **Formação Barreiras: O registro de um onlap costeiro durante o Mioceno**. 44º Congresso Brasileiro de Geologia 2008.

EMBRAPA/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Espírito Santo, BoletimTécnico nº45; Rio de Janeiro.

HEILBRON, M., PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS-NETO, M.C.; SILVA, L.C.; TROUW, R., JANASI, V.A. 2004. Província Mantiqueira. In: V. MANTESSO-NETO, A.;

HORN FILHO, N. O.; FELIX, A.; FUCK, C. F. R.; VIEIRA, C. V.; BAPTISTA, E. M. C.; RIBEIRO, D. Geologia e fisiografia da planície costeira das folhas Jaguaruna e Lagoa de Garopaba do Sul, SC – Brasil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE CIÊNCIAS DO MAR, 12., Florianópolis, 2007. **Resumos Expandidos...** Florianópolis, ALICMAR. p.446. 2007.

MOURA-LIMA, E.N.; SOUSA, M. O. L.; BEZERRA, F. H. R.; AQUINO, M. R.; VIEIRA, M. M.; LIMA-FILHO, F. P.; FONSECA, V. P.; AMARAL, R. F. Sedimentação e deformação tectônica cenozoicas na porção central da Bacia Potiguar. *Geol. USP, Sér. cient.* [online]. 2010, vol.10, n.1, pp. 15-28. ISSN 1519-874X.

NOCE, C.M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; SILVA, A.C.; ALKMIM, F.F. O embasamento arqueano e paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí. *Revista Geonomos*, v. 15, n. 1, p. 17-23, 2007.

PADILHA, A.V. 1993. **Contexto geológico regional.** In: N. Signorelli. *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, escala 1:100.000 (Folha SF.24-V-A-II, Afonso Cláudio) Estado do Espírito Santo.* Brasília, DNPM/CPRM, p.15-29.

PEDROSA-SOARES, A.C.; NOCE, C.M.; WIEDEMANN, C.M. & PINTO, C.P. 2001. The Araçuaí–West Congo orogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanland assembly. *Precambrian Research*, 110: 307-323.

PEDROSA-SOARES, A.C.; NOCE, C.M.; ALKMIM, F.F.; SILVA, L.C.; BABINSKI, M.; CORDANI, U.; CASTAÑEDA, C. Orógeno Araçuaí: síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. *Revista Geonomos*, v. 15, n. 1, p.1-16, 2007.

PINTO, C.P.; Drumond, J.B.V.; FÉBOLI, W.L. (coord.) 1997. **Projeto Leste, Etapa 1.** CPRM-COMIG, Belo Horizonte.

SILVA, J.M.R; LIMA, M.I.C.; VERONESE, V.F.; RIBEIRO-JUNIOR, R.N. & SIGA-JUNIOR, O. 1987. Geologia, Folha SE.24 Rio Doce. Rio de Janeiro, IBGE, **Projeto Radambrasil**, Levantamento de Recursos Naturais, v. 34.

SILVA, L.C.; ARMSTRONG, R.; NOCE, C.M; CARNEIRO, M.A.; PIMENTEL, M.M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; LEITE, C.A.; VIEIRA, V.S.; SILVA, M.A.; PAES, V.J.C.; CARDOSO-FILHO, J.M. 2002. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, parte II: Orógeno Araçuaí, Cinturão Mineiro e Cráton São Francisco Meridional. *Rev. Bras. Geociências*, 32:513-528.

TULLER, P.M. 2000. **Ipanema.** Folha SE.24-Y-C_IV, Estado de Minas Gerais, Escala 1: 100.000. Texto Explicativo-Geologia. Belo Horizonte, CPRM/COMIG, v. 26.

VIEIRA, V. S. **Significado do Grupo Rio Doce no contexto do Orógeno Araçuaí.** 2007. 117p. Tese de Doutorado. Belo Horizonte: UFMG/IGC, 2007. [Contém mapa de pontos na escala 1: 500.000 e mapa geológico na escala 1:500.000].

3

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

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

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

Antonio 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
Atributos do Relevo	30
Modelo Digital de Terreno – Shuttle Radar Topography Mission (SRTM).....	32
Mosaico Geocover 2000	33
Análise da Drenagem.....	33
Kit de Dados Digitais.....	33
Estruturação da Base de Dados: GEOBANK.....	35
Atributos dos Campos do Arquivo das Unidades Geológico-Ambientais: Dicionário de Dados.....	37
Referências.....	39

INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as diversas etapas que envolveram o tratamento digital dos dados no desenvolvimento do SIG Mapa Geodiversidade do Estado do Espírito Santo, do Programa Geologia do Brasil (PGB) da CPRM/SGB, integrante do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC 2009), que tem como objetivo a geração de produtos voltados para o ordenamento territorial e o planejamento dos setores mineral, transportes, agricultura, turismo e meio ambiente.

As informações produzidas estão alojadas no GeoBank (sistema de bancos de dados geológicos corporativo da CPRM/SGB), a partir das informações geológicas multiescalares contidas em suas bases Litoestratigrafia e Recursos Minerais, além da utilização de sensores como o Modelo Digital de Terreno SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), do Mosaico GeoCover 2000 e das informações de estruturas e drenagem (CPRM, 2004; RAMOS et al., 2005; THEODOROVICZ et al., 1994, 2001, 2002, 2005; TRAININI e ORLANDI, 2003; TRAININI et al., 1998, 2001).

Do mesmo modo que na elaboração do Mapa Geodiversidade do Brasil (escala 1:2.500.000), também foram utilizadas, para o Mapa Geodiversidade do Estado do Espírito Santo, informações temáticas de infraestrutura, recursos minerais, unidades de conservação, terras indígenas e áreas de proteção integral e de desenvolvimento sustentável estaduais e federais, dados da rede hidrológica e de água subterrânea, áreas impactadas (erosão, desertificação), áreas oneradas pela mineração, informações da Zona Econômica Exclusiva da Plataforma Continental (ZEE) e dados geoturísticos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Assim como para o Mapa Geodiversidade do Brasil e do SIG Geodiversidade ao Milionésimo, os levantamentos estaduais foram elaborados seguindo as orientações contidas em roteiro metodológico preparado para essa fase, apoiados em kits digitais personalizados para cada estado, que contêm todo o material digital (imagens, arquivos vetoriais etc.) necessário ao bom desempenho da tarefa.

A sistemática de trabalho adotada permitiu a continuação da organização dos dados na Base Geodiversidade inserida no GeoBank (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 do Espírito Santo inseriu-se nos critérios adotados para a definição dos domínios e unidades geológico-ambientais do Brasil, com o objetivo de se agrupar conjuntos estratigráficos de comportamento semelhante frente ao uso e ocupação dos terrenos. Da mesma forma, o resultado obtido não foi um mapa geológico ou tectônico, mas sim um novo produto, denominado Mapa Geodiversidade do Estado do Espírito Santo, 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 (ígneas, sedimentar ou metamórfica), grau de coesão, textura, composição, tipos e graus de deformação, expressividade do corpo rochoso, tipos de metamorfismo, expressão geomorfológica ou litotipos especiais. Se, por um lado, agruparam-se, por exemplo, quartzitos friáveis e arenitos friáveis, por outro foram separadas formações sedimentares muito semelhantes em sua composição, estrutura e textura, quando a geometria do corpo rochoso apontava no sentido da importância em distinguir uma situação de extensa cobertura de uma situação de pacote restrito, limitado em riftes.

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

Como a Base Geodiversidade é fruto da reclassificação das unidades litoestratigráficas contidas na Base multiescalar Litoestratigrafia, compondo conjuntos estratigráficos de comportamento semelhante frente ao uso e ocupação, atualmente essa base possui a estruturação em domínios e unidades geológico-ambientais apresentada no Apêndice I (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: dobramento

- **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.
- **Moderadamente a intensamente dobrada**
- **Pouco a intensamente dobrada**

Tectônica: fraturamento (juntas e falhas)/cisalhamento

- **Não-fraturada:** caso das coberturas sedimentares inconsolidadas.
- **Pouco a moderadamente fraturada (distribuição regular)**
- **Pouco a moderadamente fraturada (distribuição irregular)**
- **Moderadamente a intensamente fraturada (distribuição regular)**
- **Moderadamente a intensamente fraturada (distribuição irregular)**
- **Pouco a intensamente fraturada (distribuição regular)**
- **Pouco a intensamente fraturada (distribuição irregular)**
- **Intensamente fraturada (distribuição regular)**
- **Intensamente fraturada (distribuição irregular)**
-

Tipo de Deformação

- **Não se aplica**
- **Deformação rúptil**
- **Deformação dúctil/rúptil**

- **Deformação rúptil/dúctil**
- **Deformação dúctil**

Aspecto

- Sem estruturas
- Estratificada/Biogênica
- Maciça/Vesicular
- Maciça/Acamadada
- Maciça/Laminada
- Maciça
- Acamadada
- Acamadada/Filitosa
- Acamadada/Xistosa
- Xistosa/Maciça
- Filitosa/Xistosa
- Acamadamento Magmático
- Gnáissica
- Bandada
- Concrecional
- Concrecional/Nodular
- Biogênica
- Estruturas de Dissolução
- Estruturas de Colapso

Comportamento Reológico

De acordo com Oliveira e Brito (1998), as rochas podem apresentar as seguintes características reológicas (comportamento frente a esforços mecânicos):

Comportamento Isotrópico quando as propriedades das rochas são constantes, independentemente da direção observada.

Comportamento Anisotrópico quando as propriedades variam de acordo com a direção considerada.

As bibliotecas podem ser:

- Isotrópico – Caso dos Granitos com granulação e textura homogênea
- Anisotrópico – Caso das Unidades formadas por diversas litologias e/ou deformações heterogêneas.

Resistência ao Intemperismo Físico

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

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

Baixa: rochas ricas em minerais ferromagnesianos, arenitos, siltitos, metassedimentos argilosos, rochas ígneas ricas em micas, calcários, lateritas, rochas ígneas básico-ultrabásico-alcálicas efusivas.

Moderada a alta: ortoquartzitos, arenitos silicificados, leucogranitos e outras rochas pobres em micas e em

minerais ferromagnesianos, formações ferríferas, quartzitos e arenitos impuros.

Não se aplica: sedimentos inconsolidados.

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

Baixa a moderada na vertical: caso de coberturas pouco a moderadamente consolidadas.

Baixa a alta na vertical: unidades em que o substrato rochoso é formado por empilhamento de camadas horizontalizadas, não-dobradas, de litologias de composição mineral e com grau de consolidação muito diferentes, como as intercalações irregulares de calcários, arenitos, siltitos, argilitos etc.

Baixa a alta na horizontal e na vertical: sequências sedimentares e vulcanossedimentares dobradas e compostas de várias litologias; rochas gnáissico-migmatíticas e outras que se caracterizam por 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

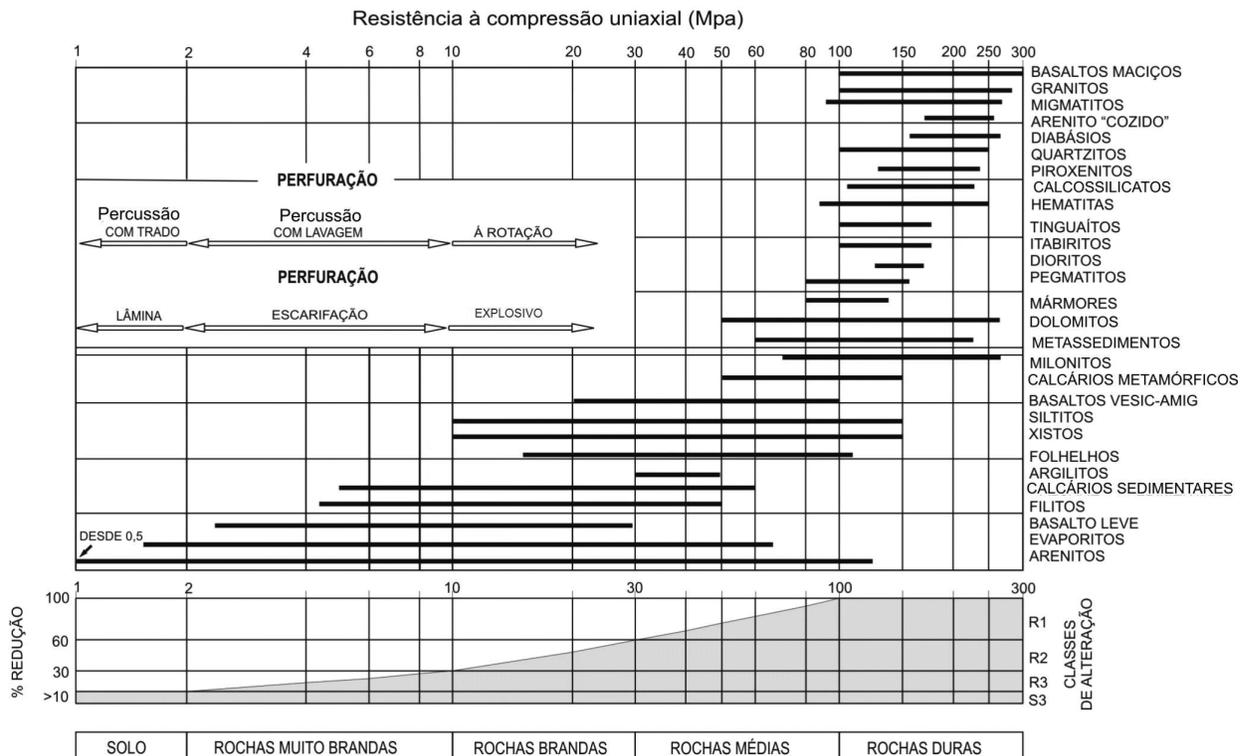


Figura 3.1 - Resistência à compressão uniaxial e classes de alteração para diferentes tipos de rochas. Fonte: Modificado de Vaz (1996).

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

- **Predominantemente arenoso:** substrato rochoso sustentado por espessos e amplos pacotes de rochas predominantemente arenoquartzosas.
- **Predominantemente argiloso:** predominância de rochas que se alteram para argilominerais, a exemplo de derrames basálticos, complexos básico-ultrabásico-alcálicos, terrenos em que predominam rochas calcárias etc.
- **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 "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 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 reconstrução 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

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

Material		Porosidade Total % m					Porosidade Eficaz % me			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
	Creta blanda	20	50	10			1	5	0,2	B
	Calcário detrítico	10	30	1,5			3	20	0,5	
Rochas sedimentares inconsolidadas	Aluviões	25	40	20	45	15	15	35	5	E
	Dunas	35	40	30			20	30	10	
	Cascalho	30	40	25	40	20	25	35	15	
	Loess	45	55	40			<5	10	0,1	E
	Areias	35	45	20			25	35	10	
	Depósitos glaciais	25	35	15			15	30	5	
	Silte	40	50	25			10	20	2	E
	Argilas não-compactadas	45	60	40	85	30	2	10	0,0	E
Solos superiores	50	60	30			10	20	1	E	

Fonte: Modificado de Custodio e Llamas (1983).

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

A = Aumenta m e me por meteorização; **B** = Aumenta m e me por fenômenos de dissolução;

C = Diminui m e me com o tempo; **D** = Diminui m e pode aumentar me com o tempo;

E = me muito variável segundo as circunstâncias do tempo;

F = Varia segundo o grau de cimentação e solubilidade.

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 – SHUTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION (SRTM)

A utilização do Modelo Digital de Terreno ou Modelo Digital de Elevação ou Modelo Numérico de Terreno, no contexto do Mapa Geodiversidade do Estado do Espírito Santo, 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

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 Marinhos	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	zero
R1e	Planícies Costeiras	0 a 5	2 a 20
R1f1	Campos de Dunas	3 a 30	2 a 40
R1f2	Campos de Loess	0 a 5	2 a 20
R1g	Recifes	0	zero
R2a1	Tabuleiros	0 a 3	20 a 50
R2a2	Tabuleiros Dissecados	0 a 3	20 a 50
R2b1	Baixos Platôs	0 a 5	0 a 20
R2b2	Baixos Platôs Dissecados	0 a 5	20 a 50
R2b3	Planaltos	0 a 5	20 a 50
R2c	Chapadas e Platôs	0 a 5	0 a 20
R3a1	Superfícies Aplainadas Conservadas	0 a 5	0 a 10
R3a2	Superfícies Aplainadas Degradadas	0 a 5	10 a 30
R3b	Inselbergs	25 a 60	50 a 500
R4a1	Domínio de Colinas Amplas e Suaves	3 a 10	20 a 50
R4a2	Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	5 a 20	30 a 80
R4a3	Domos em Estrutura Elevada	3 a 10	50 a 200
R4b	Domínio de Morros e de Serras Baixas	15 a 35	80 a 200
R4c	Domínio Montanhoso	25 a 60	300 a 2000
R4d	Escarpas Serranas	25 a 60	300 a 2000
R4e	Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos	10 a 45	50 a 200
R4f	Vales Encaixados	10 a 45	100 a 300

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 ortorectificado 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:

- Altimetria: curvas de nível espaçadas de 100 m e pontos cotados
- Áreas Restritivas: Área de Proteção Ambiental, Área de Parque, Reserva Biológica, Área de Dunas, Brejo, Flora, Terrenos Sujecitos a Inundação, Área de proteção Permanente, Estação Ecológica e Biológica, Reserva Ecológica, Reserva Florestal, Corredores Ecológicos, Monumento Natural e Terras Indígenas
- Atrativos Geoturísticos: Cavernas, Pontos Geoturísticos com Fotos e Rotas Geoturísticas
- Dados do Mar – Isobatas, Isocronas, Isolinhas de topo, Mar territorial, Águas jurisdicionais e Mar Espirito
- Estações Hidrométricas – Estações Fluviométrica, Pluviométrica, Qualidade da Água, Sedimentométrica e Telemétrica
- Estrutura: Dados Estruturais

- Geodiversidade: Unidades Geológico-ambientais
- Hidrogeologia; – Dados de Poços, Domínios e Sub-domínios Hidrogeológicos e Produtividade Hidrogeológica
- Hidrografia: Dados de drenagem, Ilhas Fluviais, Bacias e sub-bacias Hidrográficas
- Imagens: Mosaico GEOCOVER (2000), Modelo Digital de Elevação (SRTM) e Relevo Sombreado: Arquivos *Grid* pelo recorte do estado
- Infraestrutura – Porto, Aeroporto e Linhas de Transmissão
- Limites Administrativos: Limite Estadual e Municipal
- Planimetria: Cidades, Capital, Vila, Povoado, Outras Localidades, Outras Estradas Mancha Urbana, Vias Urbana, Rodovias Pavimentadas, Não Pavimentadas e Em Pavimentação e Ferrovias
- Pontos de Campo: Pontos com acervo fotográfico de aspectos gerais e caracterização das unidades geológico-ambientais
- Processos Costeiros: Erosão Marinha e Caracterização da Costa
- Recursos Minerais: Afloramento Rochoso, Pedreira, Mineroduto, Títulos Minerários do Mar, Recursos Minerais do Mar, Campos de Produção, Blocos Exploratórios, Distrito de RMI Industriais, Distritos Energéticos, Distrito de Províncias Minerais, Águas, Recursos Minerais, Ocorrência de Rochas Ornamentais, Províncias Minerais, Títulos Minerários, RMI Industriais de Área Oceânica e Aglomerados
- Riscos Geológicos: Eventos, Processos de Suscetibilidade e Suscetibilidade do Meio Físico
- 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
- Sistema Energético: Dados de Bioenergia, Subestações de Energia, Central de Geração Hidrelétrica, Pequenas Centrais Hidrelétricas, Usinas Hidrelétricas e Usinas Termoelétricas
- Territórios da Cidadania: Dados de Municípios Afetados pelo Processo de Desertificação e Territórios da Cidadania

As figuras 3.2 a 3.4 ilustram parte dos dados do *kit* digital para o Mapa Geodiversidade do Estado do Espírito Santo.

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

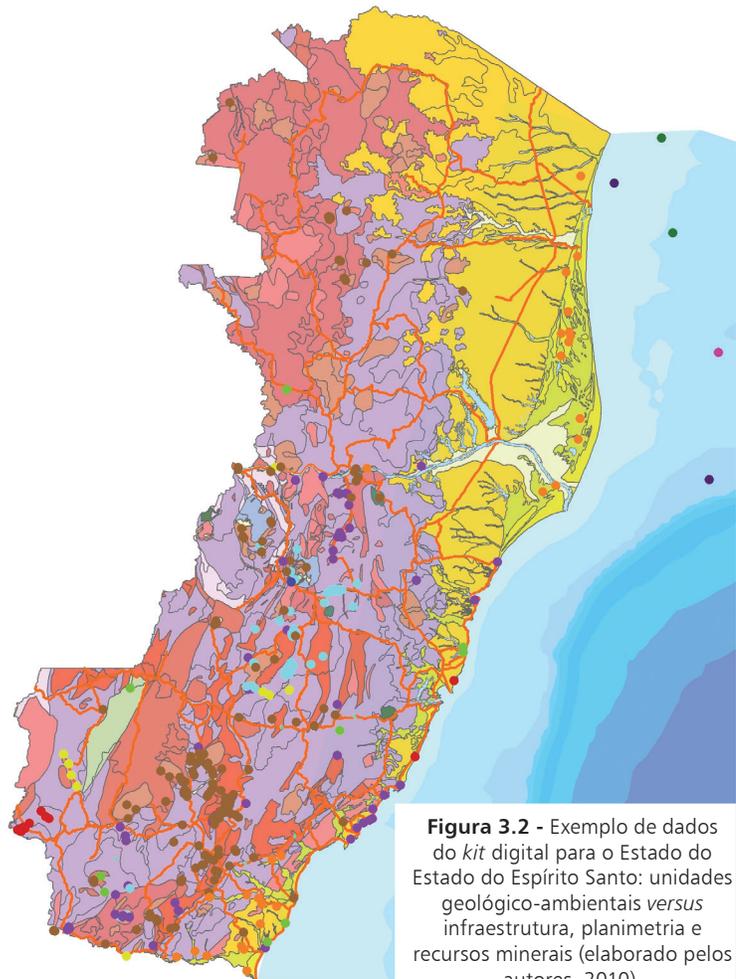
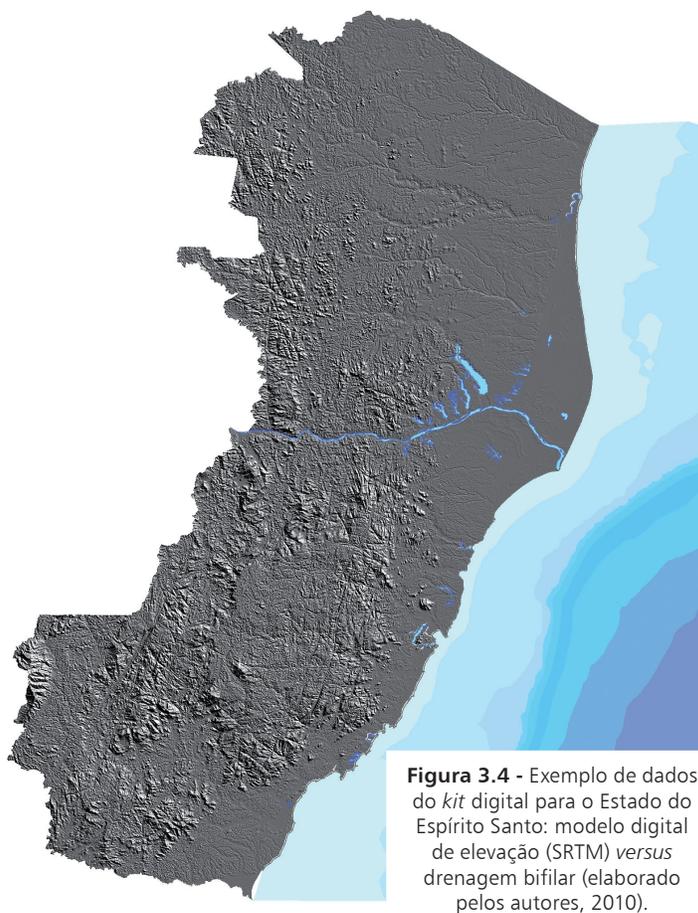
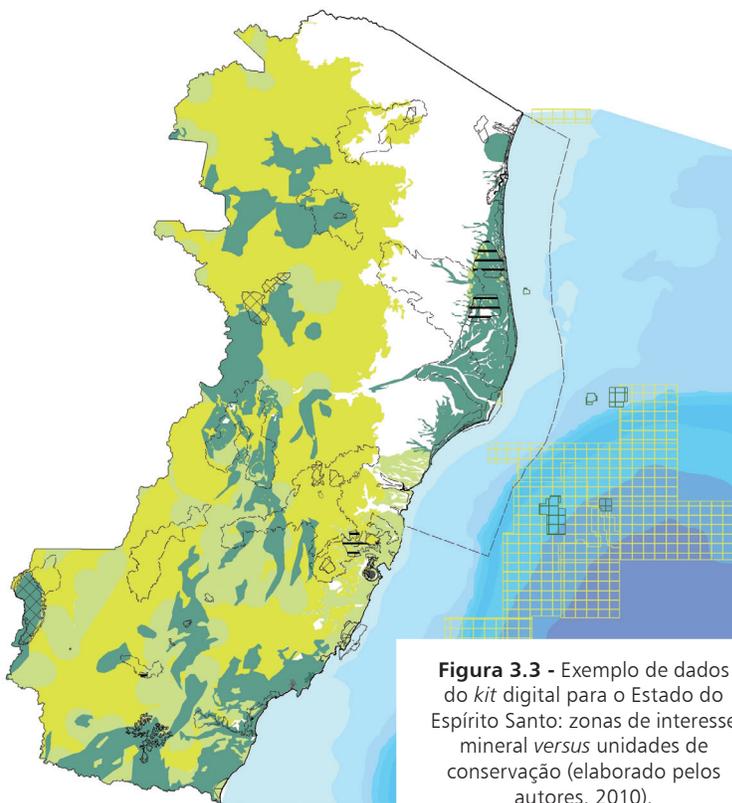


Figura 3.2 - Exemplo de dados do *kit* digital para o Estado do Espírito Santo: unidades geológico-ambientais *versus* infraestrutura, planimetria e recursos minerais (elaborado pelos autores, 2010).



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 do relevo.
- Acuidade cartográfica compatível com as escalas adotadas.
- Estruturação de um modelo conceitual de base para o planejamento, com dados padronizados por meio de bibliotecas.
- Elaboração da legenda para compor os leiautes dos mapas de geodiversidade estaduais.
- Criação de um aplicativo de entrada de dados local desenvolvido em Visual Basic 6.0 Aplicativo GEODIV.
- Implementação do modelo de dados no GeoBank (Oracle) e migração dos dados do Aplicativo GEODIV para a Base Geodiversidade.
- Entrada de dados de acordo com a escala e fase (mapas estaduais).
- Montagem de SIGs.
- Disponibilização dos mapas na Internet, por meio do módulo Web Map do GeoBank (<<http://geobank.sa.cprm.gov.br>>), onde o usuário tem acesso a informações relacionadas às unidades geológico-ambientais (Base Geodiversidade) e suas respectivas unidades litológicas (Base Litoestratigrafia).

A necessidade de prover o SIG Geodiversidade com tabelas de atributos referentes às unidades geológico-ambientais, dotadas de informações para o planejamento, implicou a modelagem de uma Base Geodiversidade, intrinsecamente relacionada à Base Litoestratigrafia, uma vez que as unidades geológico-ambientais são produto de reclassificação das unidades litoestratigráficas.

Esse modelo de dados foi implantado em um aplicativo de entrada de dados local desenvolvido em Visual Basic 6.0, denominado GEODIV. O modelo do aplicativo apresenta seis telas de entrada de dados armazenados em três tabelas de dados e 16 tabelas de bibliotecas. A primeira tela recupera, por escala e fase, todas as unidades geológico-ambientais cadastradas, filtrando, para cada uma delas, as letras-símbolos das unidades litoestratigráficas (Base Litoestratigrafia) (Figura 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).

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 (qua-

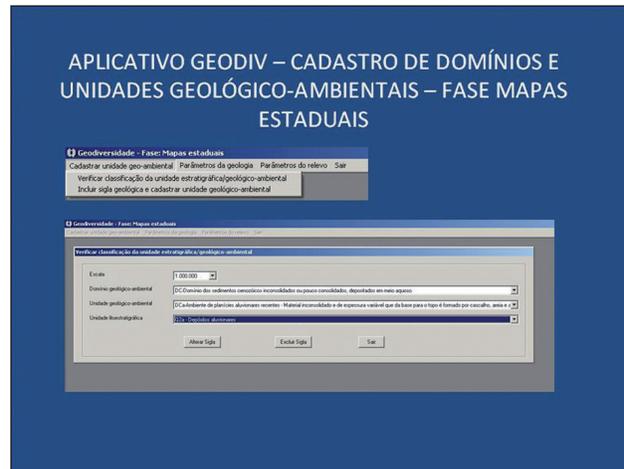


Figura 3.5 - Tela de cadastro das unidades geológico-ambientais para os mapas estaduais de geodiversidade (aplicativo GEODIV).

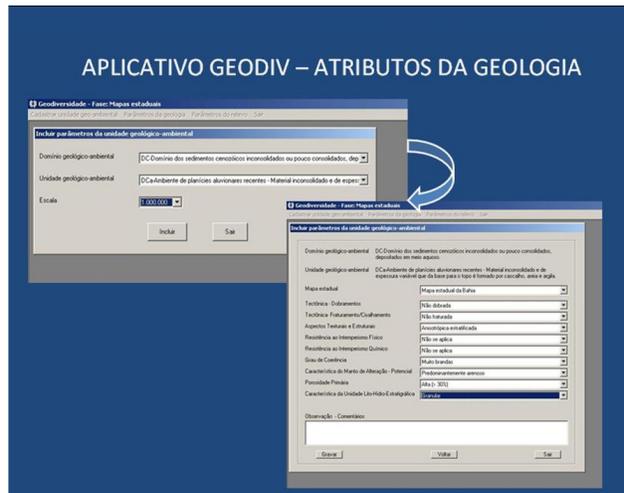


Figura 3.6 - Tela de cadastro dos atributos da geologia (aplicativo GEODIV).

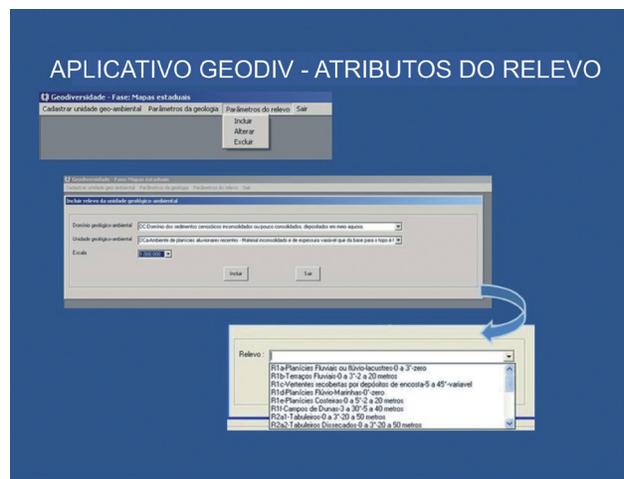


Figura 3.7 - Tela de cadastro dos atributos do relevo (aplicativo GEODIV).

drícula ao milionésimo, mapas estaduais), todas as informações das unidades geológico-ambientais, permitindo a organização dos dados no GeoBank de forma a possibilitar a conexão dos dados vetoriais com os dados alfanuméricos. Em uma primeira fase, com auxílio dos elementos-chave descritos nas tabelas, é possível vincular, facilmente, mapas digitais ao GeoBank, como na montagem de SIGs, em que as tabelas são produtos da consulta sistemática ao banco de dados.

Outra importante ferramenta de visualização dos mapas geoambientais é o módulo Web Map do GeoBank, onde o usuário tem acesso a informações relacionadas às unidades geológico-ambientais (Base Geodiversidade) e suas respectivas unidades litológicas (Base Litoestratigrafia), podendo recuperar as informações dos atributos relacionados à geologia e ao relevo diretamente no mapa (Figura 3.9).

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.

SIGLA_UNID – SIGLA DA UNIDADE: identidade única da unidade litoestratigráfica. É o campo de chave primária que liga a tabela aos polígonos do mapa.

NOME_UNIDA – NOME DA UNIDADE: denominação formal ou informal da unidade litoestratigráfica.

HIERARQUIA: hierarquia à qual pertence a unidade litoestratigráfica.

LITOTIPO1: litotipos que representam mais de 10% da unidade litoestratigráfica, ou com representatividade não determinada.

LITOTIPO2: litotipos que representam menos que 10% da unidade litoestratigráfica.

CLASSE_ROC – CLASSE DA ROCHA: classe dos litotipos que representam mais de 10% da unidade litoestratigráfica, ou com representatividade não determinada.

COD_DOM (CÓDIGO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL) – Sigla dos domínios geológico-ambientais.

DOMINIO (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.

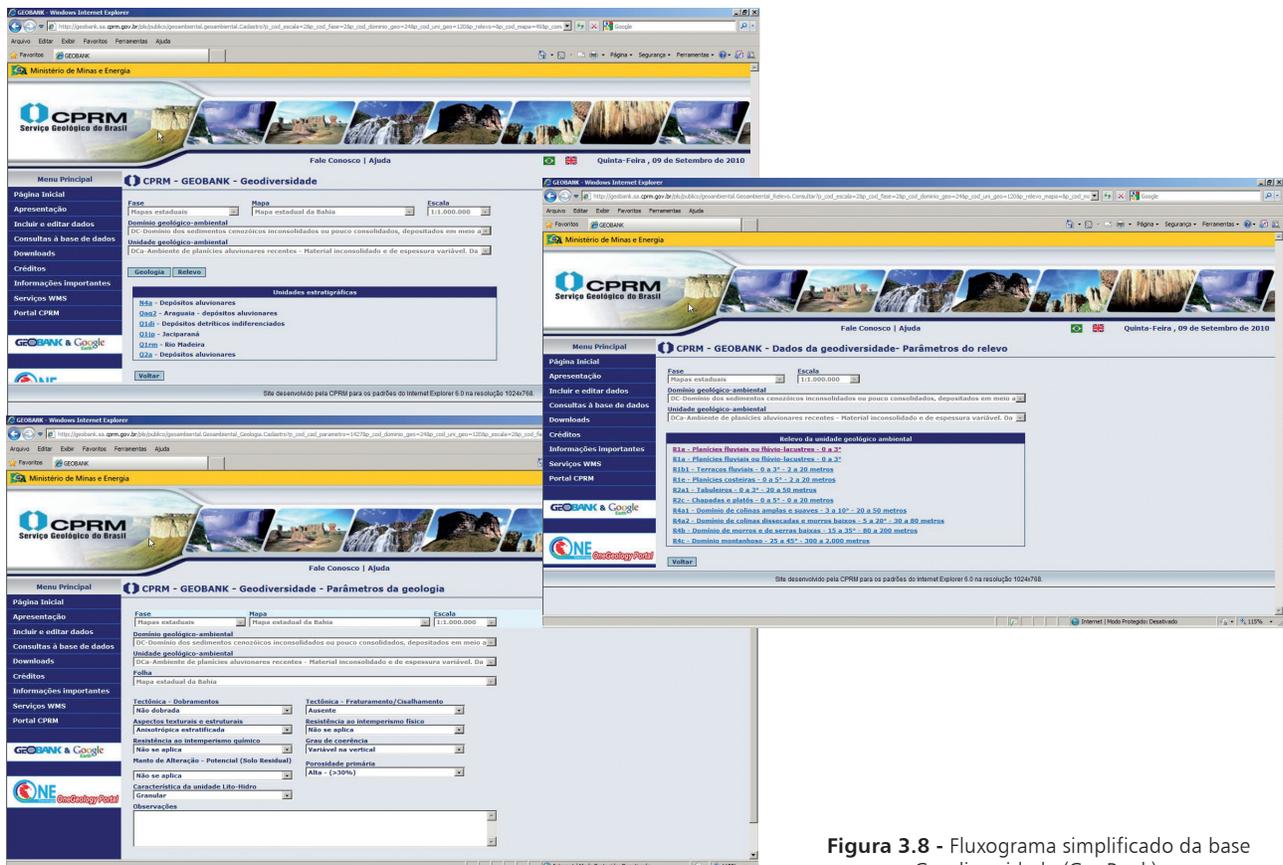


Figura 3.8 - Fluxograma simplificado da base Geodiversidade (GeoBank).



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

DEF_TEC (DEFORMAÇÃO TECTÔNICA/DOBRAMENTOS) – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas que compõe a unidade geológico-ambiental.

CIS_FRAT (TECTÔNICA FRATURAMENTO/CISALHAMENTO) – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas que compõe a unidade geológico-ambiental.

TIPO_DEF (TIPO DE DEFORMAÇÃO) - Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas que compõem a Unidade Geológico-Ambiental.

COMP_REOL (COMPORTAMENTO REOLÓGICO) - Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas que compõem a Unidade Geológico-Ambiental.

ASPECTOS (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.

LITO_HIDRO (TIPO DE AQUIFERO) – 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.

DECLIVIDAD – DECLIVIDADE: intervalo de declividades dos compartimentos de relevo.

AMPL_TOPO – AMPLITUDE: amplitudes topográficas.

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.

CPRM. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo: sistema de informações geográficas (SIG)**. Brasília: CPRM, 2004. 41 CD-ROMs. Programa Geologia do Brasil.

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. 1CD-ROM.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrologia subterrânea**. 2 ed. Corrigida. Barceleno: Omega, 1983. Tomo I. 1157 p. il.

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.

MEIS, M. R. M.; MIRANDA, L. H. G; FERNANDES, N. F. Desnívelamento de altitude como parâmetros para a compartimentação do relevo: bacia do médio-baixo Paraíba do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982. **Anais...** Salvador: SGB, 1982, v. 4, p. 1459-1503.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Ed.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. 587 p.

PONÇANO, W. L.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA M. A.; PIRES NETO, A. G.; ALMEIDA, F. F. M. O conceito de sistemas de relevo aplicado ao mapeamento geomorfológico do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., 1979, Rio Claro. **Atas...** Rio Claro: SGB/NS, 1979, v. 2, p. 253-262.

RAMOS, M. A. B. et al. 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.

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. 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.; GIOVANNINI C.A.; VIERO, A.C – Mapa de Domínios Geoambientais/Zonas Homólogas da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí. CPRM, 1998.

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

Sandra Fernandes da Silva (*sandra.silva@cprm.gov.br*)
Marcelly Ferreira Machado (*marcelly.machado@cprm.gov.br*)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

SUMÁRIO

Introdução	43
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados	44
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados do Tipo Coluvião e Tálus .	49
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Pouco a Moderadamente Consolidados Associados a Tabuleiros	51
Domínio dos Corpos Máfico-Ultramáficos (suítes komatiíticas, suítes toleíticas, complexos bandados)	54
Domínio dos Complexos Granitoides Não-Deformados	57
Domínio dos Complexos Granitoides Deformados.....	62
Domínio dos Complexos Granitoides Intensamente Deformados: Ortognaisses..	69
Domínio dos Complexos Gnáissico-Migmatíticos e Granulíticos.....	73

INTRODUÇÃO

O presente capítulo retrata a influência das principais características geológicas e de relevo nos domínios e respectivas unidades geológico-ambientais identificados no estado do Espírito Santo.

O estudo da geodiversidade, desenvolvido pela CPRM/SGB, é fundamentado na compartimentação do território em domínios geológico-ambientais, que por sua vez são subdivididos em unidades geológico-ambientais, tendo como objetivo agrupar conjuntos litológicos que apresentem características e comportamentos semelhantes frente ao uso e ocupação do solo (ver apêndice I). Essa análise também considera as formas de relevo presentes associadas a cada domínio e subdomínio (ver apêndice II).

De acordo com esta proposta, o território capixaba foi compartimentado em 08 domínios e 18 unidades geológico-ambientais (Quadro 4.1). Para cada domínio aqui abordado foi criado um quadro onde estão representadas as unidades geológico-ambientais e suas respectivas formas

de relevo, precedidas por um código identificador (ex: 1.a, onde o número corresponde a unidade geológico-ambiental e a letra corresponde ao compartimento de relevo), representados no Mapa Geodiversidade do Estado do Espírito Santo (Figura 4.1).

As características geológico-ambientais aqui abordadas referem-se às adequabilidades e limitações de cada domínio frente ao uso do meio físico, ao potencial mineral e ao potencial turístico. Em termos de uso e ocupação são retratados os temas: execução de obras de engenharia, atividades agrícolas, recursos hídricos superficiais e subterrâneos e implantação de fontes poluidoras.

Dentre os 8 domínios identificados no território capixaba, 5 sustentam relevos que se caracterizam por serem muito movimentados, com destaque para o relevo montanhoso de grande expressividade nos domínios formados pelos granitóides, gnaisse e complexos máficos-ultramáficos. Nos três domínios restantes predominam formas de relevo mais suaves como: planícies de diferentes ambientes, terraços fluviais e tabuleiros.

Quadro 4.1 - Domínios e unidades geológico-ambientais no território Capixaba (elaborado pelos autores, 2010).

Domínio	Código do Domínio	Código Unidade Geológico-Ambiental	Área (km ²)	Território Estadual (%)
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS INCONSOLIDADOS OU POUCO CONSOLIDADOS, DEPOSITADOS EM MEIO AQUOSO	DC	DCa	1041,42	2,3
		DCta	16,92	0,04
		DCfl	1690,05	3, 7
		DCmc	926,49	2,02
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS INCONSOLIDADOS DO TIPO COLUVIÃO E TALUS	DCICT	DCICT	9,36	0,02
DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, ASSOCIADOS A TABULEIROS	DCT	DCT	9980,08	21,7
DOMÍNIO DOS CORPOS MÁFICO - ULTRAMÁFICOS (SUÍTES KOMATIITICAS, SUÍTES TOLEÍTICAS, COMPLEXOS BANDADOS)	DCMU	DCMumu	37,45	0,08
		DCMUbu	44,94	0,1
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES NÃO DEFORMADOS	DCGR1	DCGR1ch	204,07	0,5
		DCGR1salc	2176,12	4,75
		DCGR1pal	116,76	0,25
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES DEFORMADOS	DCGR2	DCGR2ch	398,19	0,9
		DCGR2salc	2067,60	4,5
		DCGR2pal	5727,06	12,5
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES INTENSAMENTE DEFORMADOS:ORTOGNAISSES	DCGR3	DCGR3ch	1943,87	4,2
		DCGR3salc	2384,73	5,2
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GNÁISSICO-MIGMATÍTICOS E GRANULÍTICOS	DCGMGL	DCGMGLgnp	16606,78	36,2
		DC GMGLgno	527,22	1,15

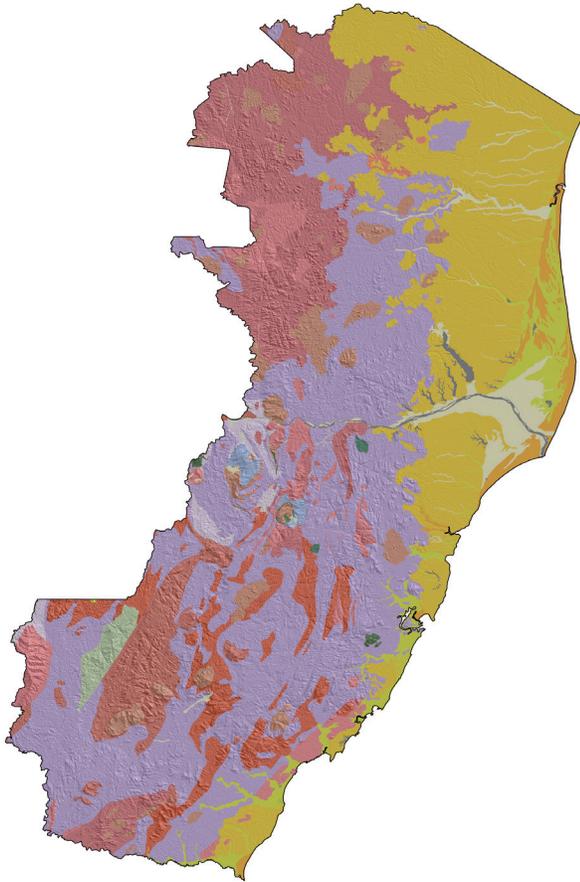


Figura 4.1 - Mapa geodiversidade do Estado do Espírito Santo (elaborado pelos autores, 2010).

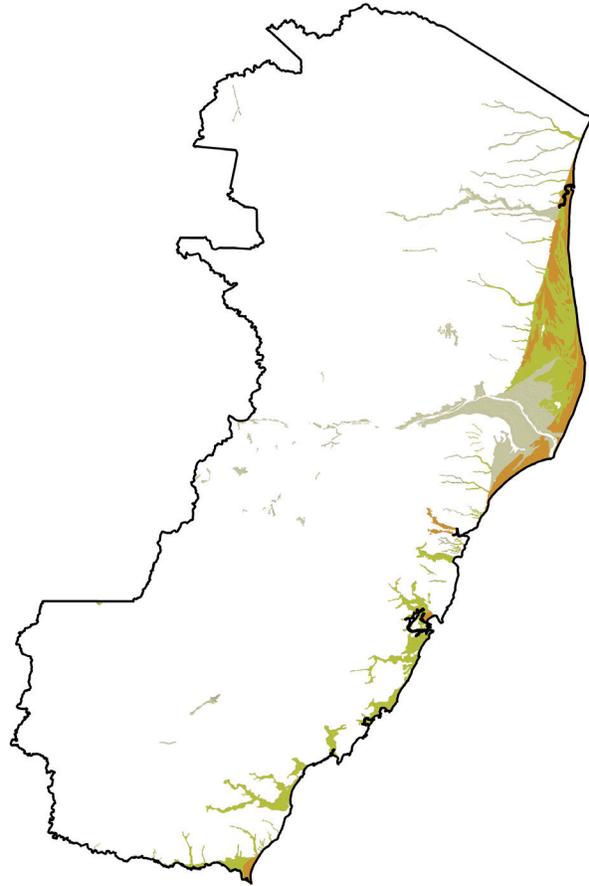


Figura 4.2 - Área de ocorrência dos sedimentos cenozoicos inconsolidados ou pouco consolidados depositados em meio aquoso no Estado do Espírito Santo (elaborado pelos autores, 2010).

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

De ocorrência significativa junto ao litoral norte capixaba (Figura 4.2) esse domínio compreende terrenos geologicamente novos, em processo de construção. Correspondem a áreas baixas, onde atuam processos agradacionais, caracterizados pela deposição e acumulação de materiais transportados por rios e depositados junto à faixa costeira pela ação de rios, lagoas e mar. As unidades geológico-ambientais presentes nesse domínio são compostas por materiais inconsolidados a semiconsolidados, de espessura variável, com granulometria crescente da base para o topo. São constituídas por cascalho, areia, silte e argila, com ocorrência localizada de matéria orgânica.

São enquadradas nessa situação as unidades geológico-ambientais: Ambiente de planície aluvionar recente, Ambiente de terraços aluvionares, Ambiente fluviolacustre, Ambiente marinho costeiro e Ambiente misto (Marinho/Continental), os quais sustentam quatro tipos de relevo (Quadro 4.2).

Quadro 4.2 - Unidades geológico-ambientais e compartimentos de relevo pertencentes ao domínio dos sedimentos cenozoicos inconsolidados ou pouco consolidados depositados em meio aquoso (elaborado pelos autores, 2010).

Unidade Geológico-Ambiental	Compartimento de Relevo
1 - Ambiente de planície aluvionar recente (DCa)	a- Planícies fluviais ou fluviolacustres b- Terraços Fluviais
2- Ambiente de terraços aluvionares (DCta)	a- Planícies fluviais ou fluviolacustres b- Terraços fluviais
3 - Ambiente fluviolacustre (DCfl)	a- Planícies costeiras b- Planícies fluviomarinhas
4- Ambiente marinho costeiro (DCmc)	a- Planícies costeiras b- Planícies fluviomarinhas

Adequabilidades e Limitações

Frente às obras de engenharia

- A principal característica das unidades que constituem esse domínio é o empilhamento irregular de camadas

horizontais, com constituições e espessuras variadas. Tal irregularidade influencia de forma mais negativa que positiva a execução de obras, pois reflete um comportamento hidráulico e geomecânico muito contrastante.

Como outras características geotécnicas importantes, destacam-se:

- Os materiais constituintes desse domínio são pouco consolidados o que lhes confere baixa capacidade de suporte para obras de médio a grande porte. Na unidade DCfl, existe a possibilidade de ocorrência de solos moles, estes possuem capacidade de suporte muito baixa e são suscetíveis a ocorrência de adensamentos. Tais características podem acarretar recalques, trincamentos e rupturas de fundações de obras apoiadas sobre os mesmos.

- A baixa consolidação desses materiais condiciona baixa resistência ao corte e a penetração, o que facilita as atividades de escavação e remoção. Nas unidades DCa e DCta a existência de camadas de cascalhos de rochas duras e abrasivas dificulta a execução de sondagens rotativas e a percussão (Figura 4.3).

- Em função da variabilidade de características granulométricas e mineralógicas, essas litologias apresentam comportamento geomecânico muito irregular. Camadas ricas em areia são muito friáveis e suscetíveis a processos erosivos, em especial durante a execução de escavações e/ou exposição de taludes de corte (Figura 4.4). Camadas mais enriquecidas em argila exibem menor suscetibilidade a ação desses processos (Figura 4.5).

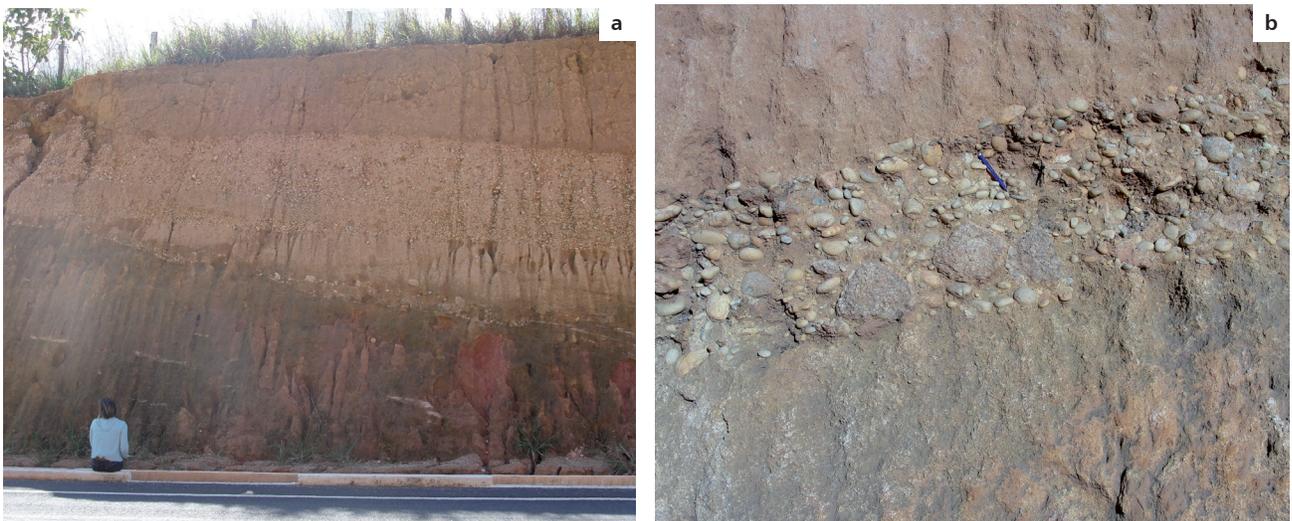


Figura 4.3 - Perfil de estrada exibindo material pouco consolidado: (a) talude de corte exibindo ocorrência de camada de cascalho intercalada com sedimentos siltico-argilosos e arenoso; (b) detalhe da camada de cascalho. Município de Linhares. Fotos: Marceley Machado, 2010.

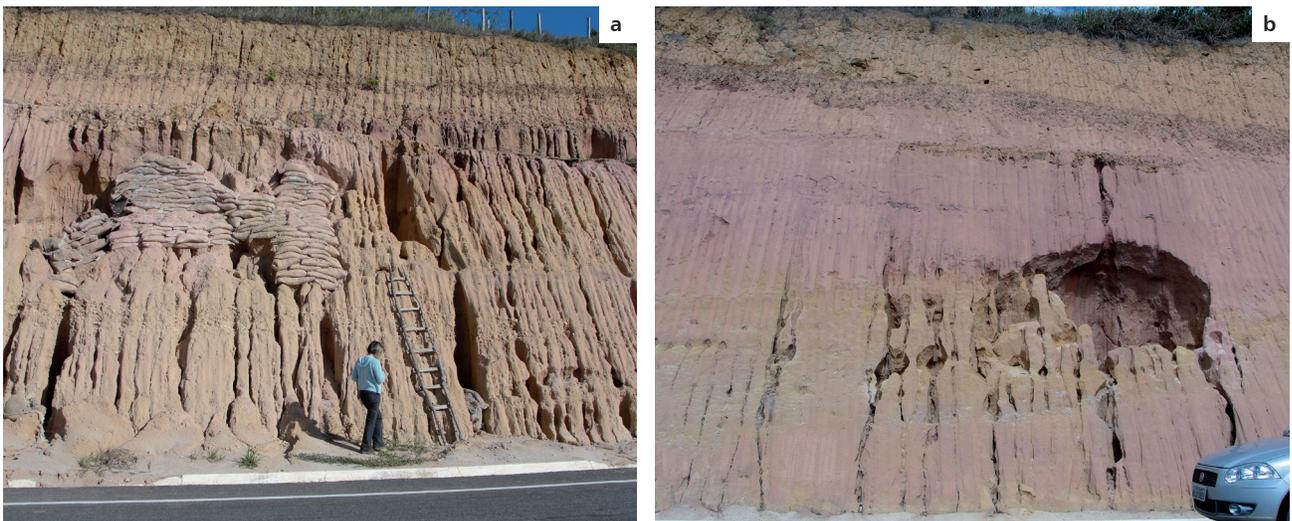


Figura 4.4 - (a) Exposição de pacote enriquecido em sedimentos arenosos com alta suscetibilidade a ação de processos erosivos. (b) Foco de erosão acelerada em porção do pacote mais enriquecida em sedimentos arenosos. Município de Linhares. Fotos: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.5 - Taludes de corte em pacotes enriquecidos em sedimentos argilosos, com boa estabilidade natural: **(a)** município de Linhares; **(b)** município de Baixo Guandu. Fotos: Marceley Machado, 2010.

- O relevo plano a quase plano e as declividades muito baixas e/ou pouco significativas favorecem o afloramento do lençol freático e/ou sua ocorrência a baixas profundidades, podendo gerar problemas para obras com escavações subterrâneas. De maneira geral, constituem áreas sujeitas a rápido alagamento e empoçamento, os quais podem apresentar longo tempo de duração (Figura 4.6).

- As características do relevo conferem as unidades DCa e DCfl alta suscetibilidade a ocorrência de enchentes e inundações. Nas áreas urbanas e periurbanas a ocupação inadequada dessas unidades gera situação de risco para população (Figura 4.7).



Figura 4.6 - Área de relevo suave com afloramento de lençol freático e formação de empoçamentos (município de Linhares). Foto: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.7 - Ocupação inadequada em planície de inundação: áreas sujeitas a enchentes e inundações sazonais (município de São Mateus). Foto: Marceley Machado, 2010.

- A unidade DCfl pode apresentar concentrações de turfa e/ou solos ricos em matéria orgânica. Esses materiais acarretam o aumento da acidez do terreno, podendo levar a corrosão de estruturas metálicas que possam vir a estar enterradas nestes terrenos.

- A unidade de ambiente marinho costeiro (DCmc) é vulnerável a processos erosivos marinhos. As orlas de Conceição da Barra e Marataizes são exemplos de onde estes processos ocorrem. Nestes locais medidas estruturais de caráter corretivo (enrocamentos) foram instaladas para conter o avanço da erosão e proteger as propriedades adjacentes à costa (Figuras 4.8 e 4.9).



Figura 4.8 - Enrocamentos distribuídos ao longo da orla de Marataizes. Foto: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.9 - Exposição da raiz de um coqueiro, causada pela erosão marinha (à direita da foto). Ao fundo, a instalação de duas linhas de enrocamentos para conter este processo (município de Conceição da Barra). Foto: Marceley Machado, 2010.

Frente à agricultura

- A configuração geomorfológica das unidades desse domínio favorece a mecanização agrícola, principalmente no período não-chuvoso. Por outro lado, contribui para a ocorrência de empoçamentos e de lençol freático aflorante ou muito próximo à superfície o que torna os terrenos inadequados ao plantio de culturas perenes e de espécies de raízes profundas.

- Em contra partida, nas áreas alagadiças há favorabilidade à ocorrência de manchas de solos ricos em matéria orgânica, de boa fertilidade natural (Figura 4.10), alta porosidade e alta capacidade de reter e fixar nutrientes, aspecto positivo para o desenvolvimento de práticas agrícolas de espécies de raízes não profundas.

- Unidade com ocorrência de grande concentração de matéria orgânica gera solos ácidos. Como medida de



Figura 4.10 - Solo rico em matéria orgânica comuns em regiões alagadiças da unidade DCfl (município de Linhares). Foto: Marceley Machado, 2010.

correção (remediação) é necessária a aplicação de calcário dolomítico de forma continuada. Em regiões em que não haja disponibilidade desse material, esse aspecto pode onerar a prática agrícola.

Frente aos recursos hídricos e fontes poluidoras

- O relevo tipicamente plano (Figura 4.11) e as características granulométricas favorecem a infiltração e o armazenamento de águas superficiais, constituindo-se em áreas importantes para recarga de águas subterrâneas.

- As características geológicas e a configuração geomorfológica e de drenagem desse domínio lhes conferem importância hídrica e alta vulnerabilidade frente à implantação de fontes poluidoras.

- Em regiões com grandes precipitações pluviométricas e onde essas unidades apresentem boa expressão areal podem configurar importantes aquíferos superficiais devido a facilidade de recarga, o baixo custo de exploração e potencial para uso de abastecimento. Atenção deve ser dada a atividade de exploração na unidade DCmc, de forma a evitar-se casos de superexploração do aquífero o que acarretaria risco de intrusão de cunha salina.

- Em unidades com presença de sedimentos ricos em matéria orgânica pode ocorrer alteração na coloração, no odor e no sabor da água.

- A configuração topográfica confere a esse domínio condições de drenabilidade deficiente e baixo potencial de oxidação, o que condiciona alta vulnerabilidade à contaminação dos mananciais hídricos superficiais e subterrâneos. São terrenos cujas características favorecem a concentração de poluentes terrestres e atmosféricos. Em caso de infiltração de poluentes, esses levarão muito tempo para se dispersar e depurar. Cuidados especiais devem ser tomados com fontes potencialmente poluidoras instaladas nesse domínio.



Figura 4.11 - Áreas de planícies - configuração geomorfológica típica deste domínio: **(a)** município de Linhares; **(b)** município de Santa Teresa. Fotos: Marcelly Machado, 2010.

Frente ao potencial mineral

- As unidades constituintes desse domínio apresentam potencial mineral para lavra de areia, argila e cascalho para construção civil e uso industrial (Figura 4.12). Apresentam potencial para ocorrência de turfeiras e minerais pesados (unidade DCmc).

Frente ao potencial turístico

- O domínio DC engloba grande parte da região litorânea do Estado do Espírito Santo. As unidades DCfl e DCmc apresentam potencial turístico ainda a ser explorado. Nessas unidades ocorrem inúmeras praias, dunas, rios e lagos que constituem belas paisagens (Figura 4.13).



Figura 4.12 - Áreas potenciais à extração de areia para uso na construção civil. **(a)** e **(b)** (município de Linhares). Fotos: Marcelly Machado, 2010.



Figura 4.13 - Formações de praias no litoral capixaba: **(a)** Praia do Centro (município de Marataízes); **(b)** Praia dos Neves (município de Presidente Kenedy). Fotos: Marcelly Machado, 2010.

- Na unidade DCfl, destaca-se o Parque Estadual de Itaúnas, município de Conceição da Barra, que compreende uma região de grande beleza natural, com formações de dunas que escondem a antiga cidade de Itaúnas (Figura 4.14). Na unidade DCmc destaca-se a praia de Regência, que constitui uma área de proteção de tartarugas marinhas (Figura 4.15), encampada dentro da reserva biológica de Comboios, Vila de Regência, Município de Linhares.



Figura 4.14 - Formação de dunas no Parque Estadual de Itaúnas. (a) e (b) Vila de Itaúnas (município de Conceição da Barra). Fotos: Marceley Machado, 2010.



DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS INCONSOLIDADOS DO TIPO COLUVIÃO E TÁLUS

Com ocorrência localizada nas áreas centro e sudoeste do estado (Figura 4.16), esse domínio compreende terrenos caracterizados por processo de construção. Correspondem a áreas de sopé e meia encostas declivosas, onde ocorrem

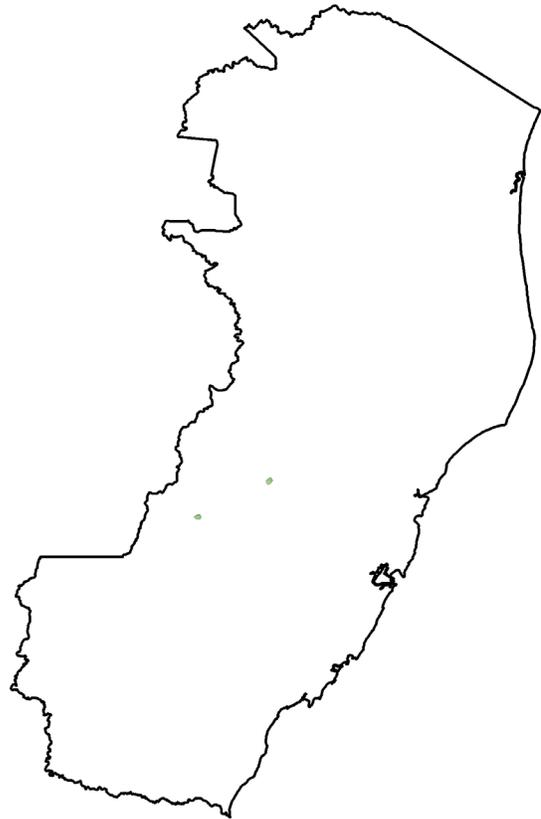


Figura 4.16 - Área de ocorrência dos sedimentos cenozoicos inconsolidados do tipo coluvião e tálus no Estado do Espírito Santo (elaborado pelos autores, 2010).



Figura 4.15 - Praia de Regência: (a) Área de preservação ambiental onde ocorre desova de tartarugas marinhas no litoral capixaba; (b) Exemplar das tartarugas marinhas que desovam nesta praia. Município de Linhares. Fotos: Marceley Machado, 2010.

processos de deposição e acumulação de materiais por ação gravitacional. A unidade geológico-ambiental presente nesse domínio é composta por materiais inconsolidados de espessura variável, granulometria e composição diversificada. São constituídas por misturas de material terroso, blocos e matacões. A porção terrosa é composta predominantemente por areia, argila e cascalho, com ocorrência secundária de laterita.

Enquadra-se nessa situação a unidade geológico-ambiental de Colúvio e tálus, sustentando apenas um tipo de relevo (Quadro 4.3).

Quadro 4.3 - Unidade geológico-ambiental e compartimento de relevo pertencente ao domínio dos sedimentos cenozoicos inconsolidados do tipo colúvio e tálus (elaborado pelos autores, 2010).

Unidade Geológico-Ambiental	Compartimento de Relevo
5- Colúvio e tálus (materiais inconsolidados, de granulometria e composição diversa proveniente do transporte gravitacional) (DCICT)	a- Vertentes recobertas por depósitos de encosta

Adequabilidades e Limitações

Frente às obras de engenharia

- A unidade que constitui esse domínio apresenta como principal característica a variabilidade composicional e granulométrica. Tal aspecto é traduzido pela heterogeneidade do comportamento geomecânico e hidráulico, o que influencia de forma mais negativa que positiva a execução de obras de engenharia.

Características geotécnicas importantes que devem ser destacadas são:

- A natureza heterogênea dos materiais constituintes desse domínio somada ao baixo grau de consolidação dos mesmos, lhes confere capacidade de suporte e resistência ao corte e à penetração variável. A capacidade de suporte varia desde baixa para os materiais terrosos a média para fração de blocos, seixos e matacões. A resistência varia de baixa, na fração terrosa, o que facilita a remoção por maquinário a média na fração de blocos e matacões o que é refletido na dificuldade de realizar atividades de escavações e sondagens (percurção e rotativa).

- A mistura de materiais terrosos com blocos, seixos e matacões sem estruturação confere a essa unidade uma característica de instabilidade natural. Há favorabilidade à ocorrência de adensamentos, recalques, trincamentos e rupturas de fundações de obras instaladas nesse domínio.

- Função da condição de muito baixa coesividade e compactação dos materiais desse domínio, o mesmo

apresenta elevado potencial a ocorrência de movimentos de massa e dependendo da granulometria predominante na fração terrosa pode ser bastante erodível.

Frente à agricultura

- A heterogeneidade composicional e granulométrica desse domínio influencia de forma mais negativa que positiva no desenvolvimento de atividades agrícolas.

- Função do pouco retrabalhamento e transporte sofrido por esses materiais, exibem textura muito heterogênea e baixo grau de consolidação. Tal aspecto é traduzido na porosidade e permeabilidade que variam de média a alta. Essas características facilitam a infiltração de águas e nutrientes, como também o armazenamento e fixação dos mesmos.

- Por serem constituídos por diferentes litologias, exibem fertilidade natural muito variável.

- A declividade associada aos materiais desse domínio também atua como característica limitante ao desenvolvimento de práticas agrícolas. Por serem depósitos de sopé e meia encostas as faixas de declividades associadas dificultam o uso de maquinários, assim como o plantio de algumas culturas. No município de Afonso Cláudio é desenvolvida a cultura de café nesse domínio, espécie que permite plantio em terrenos declivosos (Figura 4.17).



Figura 4.17 - Cultivo de café em depósito de tálus no sopé de escarpa rochosa (município de Santa Teresa).
Fotos: Marceley Machado, 2010.

Frente aos recursos hídricos e fontes poluidoras

- A heterogeneidade granulométrica e o baixo grau de consolidação desses materiais condicionam porosidade e permeabilidade variável entre média e alta. Quando apresentam boa espessura e encontram-se em condição de relevo favorável à retenção de águas pluviais, podem constituir aquíferos superficiais exploráveis. Por outro lado,

a condição de alta porosidade e permeabilidade facilita a transmissão de poluentes. Atenção especial deve ser dada quando esse domínio encontra-se sobreposto a unidades que constituem aquíferos granulares.

Frente ao potencial mineral

- Quando de grande expressão areal, podem constituir áreas potenciais para exploração de cascalho, saibro e blocos de rocha para construção e muros de revestimentos.

Frente ao potencial turístico

- São depósitos de sopé e meia encosta. Estas faixas de declividades estão associadas a relevo montanhoso, potencializando-as como locais de grande beleza cênica.

DOMÍNIO DOS SEDIMENTOS CENOZOICOS POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADOS ASSOCIADOS A TABULEIROS

Presente de forma bem expressiva no sudeste e norte do Estado (Figura 4.18), esse domínio compreende

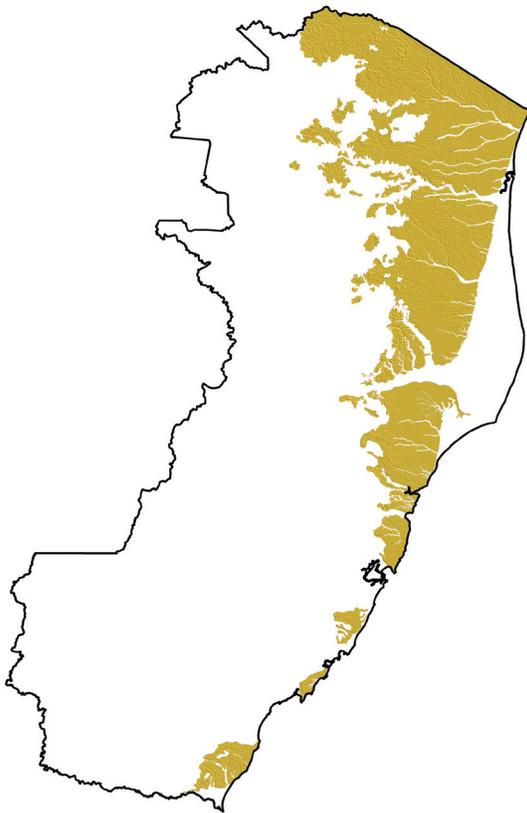


Figura 4.18 - Área de ocorrência dos sedimentos cenozoicos pouco a moderadamente consolidados associados a tabuleiros no Estado do Espírito Santo (elaborado pelos autores, 2010).

terrenos formados por processos antigos de deposição. Correspondem ao empilhamento irregular de camadas de diversas espessuras, depositadas e acumuladas em pequenas e grandes bacias sedimentares em ambientes que podem variar desde continental (fluvial e o lacustrino) até o ambiente marinho. A unidade geológico-ambiental que compreende esse domínio é composta por materiais inconsolidados a pouco consolidados constituídos por arenitos conglomeráticos e argilitos arenosos. De forma secundária ocorrem horizontes de canga laterítica, formações ferruginosas e aluminosas endurecidas, formando uma capa dura, resistente ao intemperismo físico e químico e aos agentes erosivos.

Formado pela unidade geológico ambiental "Alternância irregular entre camadas de sedimentos de composição diversas", esse domínio sustenta dois tipos de relevos (Quadro 4.4).

Quadro 4.4 - Unidade geológico-ambiental e compartimento de relevo pertencente ao domínio dos sedimentos cenozoicos pouco a moderadamente consolidados associados a tabuleiros (elaborado pelos autores, 2010).

Unidade Geológico-Ambiental	Compartimento de Relevo
6- (DCT) Alternância irregular entre camadas de sedimentos de composição diversa (arenito, siltito, argilito e cascalho)	a- Tabuleiros b- Tabuleiros dissecados

Adequabilidades e Limitações

Frente às obras de engenharia

- A principal característica desse domínio é o empilhamento de camadas com características geomecânicas e hidráulicas muito contrastantes verticalmente. Tal aspecto se traduz em mudança brusca de comportamento de uma camada para outra.

- De maneira geral, apresenta boa capacidade de suporte para instalação de obras de médio porte e resistência ao corte e a penetração variável. Em função das características dos materiais aflorantes podem ocorrer: locais com predomínio de materiais maciço e rijo de difícil escavação e perfuração – sedimentos síltico-argilosos; e locais com materiais com baixo grau de consolidação facilmente escaváveis e perfuráveis por sondagem – sedimentos arenosos.

- A suscetibilidade a ocorrência de movimentos de massa e processos erosivos é variável. De maneira geral taludes de corte executados em pacotes enriquecidos em materiais síltico-argilosos apresentam muito boa estabilidade natural (Figura 4.19). Já taludes de corte em materiais arenosos apresentam maior suscetibilidade a ação de processos erosivos (Figura 4.20).



Figura 4.19 - Talude de corte em pacote de materiais siltico-argiloso com boa estabilidade natural – baixa suscetibilidade a processos erosivos e de movimento de massa: **(a)** município de Aracruz; **(b)** município de Marataízes. Fotos: Marcely Machado, 2010.

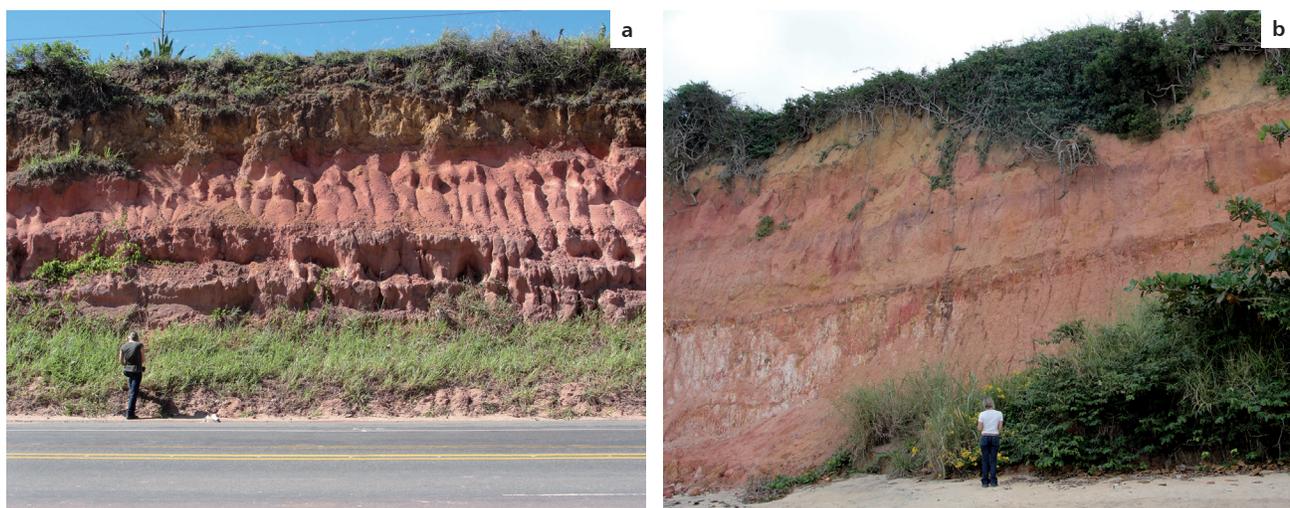


Figura 4.20 - taludes de corte com predomínio de materiais arenosos, de estabilidade natural baixa a média à atuação de processos erosivos: **(a)** município de Guarapari; **(b)** município de Marataízes. Fotos: Marcely Machado, 2010.

Frente à agricultura

O domínio DCT apresenta fatores que influenciam tanto positivamente quanto negativamente ao desenvolvimento de práticas agrícolas:

- Como fator positivo destaca-se as formas de relevo associadas a esse domínio (Figura 4.21). São relevos com declividades muito baixas e amplitudes topográficas medianas, o que favorece e facilita o uso de maquinário para o manejo agrícola.

- A alternância irregular de camadas de sedimentos de diferentes granulometrias resulta na formação de solos com diferentes texturas. A qualidade e o desenvolvimento de atividades agrícolas nesse domínio será função da textura do solo presente na superfície.

- Onde afloram camadas de composição mais siltico-argilosas ocorrem solos de baixa fertilidade natural, porém são bastante porosos, armazenam bastante água, mantendo boa disponibilidade para as plantas durante o período seco. Tais solos apresentam boa capacidade de reter e fixar nutrientes e assimilar matéria orgânica, respondendo bem a adubação.

- Em áreas que afloram camadas de composição arenosa os solos são naturalmente ácidos, bastante erodíveis, de baixa fertilidade natural, de baixa capacidade hídrica e de retenção e baixa fixação e assimilação de nutriente e matéria orgânica. Estas camadas arenosas respondem mal a adubação.

- No território capixaba as principais práticas agrícolas desenvolvidas nesse domínio são: o cultivo de café e



Figura 4.21 - Tabuleiros - formas de relevo típicas do domínio DCT:
(a) município de Linhares; (b) município de Vila Velha.
Fotos: Marceley Machado, 2010.

eucalipto no norte do Estado; e o cultivo de abacaxi na parte sul (Figura 4.22).

Frente aos recursos hídricos e fontes poluidoras

- A intercalação de sedimentos de alta porosidade e baixa permeabilidade somada a configuração morfolitoestrutural do relevo pode favorecer a existência de depósitos de água subterrânea, confinado a semiconfinado. Por outro lado essas intercalações condicionam vulnerabilidade variável à contaminação das águas subterrâneas. A vulnerabilidade será função do sedimento que ocorrerá em superfície.

Frente ao potencial mineral

- O domínio DCT apresenta ambiência geológica bastante favorável à prospecção de areia, argila (vermelha, plástica e refratária) e cascalho (Figura 4.23).

Frente ao potencial turístico

- Na região sul do território capixaba esse domínio exhibe, junto a zona litorânea, falésias formadas por erosão e solapamentos devido a ação das ondas do mar (Figura 4.24). Estas formações, constituídas por camadas sedimentares que variam de coloração vermelha a amarela, associadas às praias locais fazem deste lugar um cenário de grande beleza natural, que podem simular estudos de viabilidade econômica para o seu aproveitamento turístico.



Figura 4.22 - Práticas agrícolas comuns no domínio DCT no território capixaba: (a) Cultivo de café e eucalipto (município de Aracruz); (b) Cultivo de abacaxi (município de Marataízes). Fotos: Marceley Machado, 2010



Figura 4.23 - Terrenos com bom potencial para prospecção de minerais industriais: **(a)** Ocorrência de camada de cascalho (município de Presidente Kenedy); **(b)** Afloramento de pacote de argila vermelha (município de Marataízes). Fotos: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.24 - Falésias esculpidas pela ação de agentes marinhos (município de Marataízes). Foto: Marceley Machado, 2010.

DOMÍNIO DOS CORPOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS (SUÍTES KOMATIÍTICAS, SUÍTES TOLEÍTICAS, COMPLEXOS BANDADOS)

As unidades geológico-ambientais que compõem esse domínio são representadas por pequenos corpos, suítes com rochas anortosíticas, metagabróicas e noríticas. Com pouca ocorrência no Estado, estas rochas estão distribuídas apenas na região central do território capixaba (Figura 4.25). Apresentam mineralogia à base de feldspatos e minerais ferromagnesianos. Estes litotipos possuem baixo teor de sílica e alto teor de ferro, magnésio e cálcio, verificando assim uma composição de caráter básico.

É constituído pelas unidades geológico-ambientais Série máfico-ultramáfica e Série básico-ultrabásica sustentando três tipos de relevos (Quadro 4.5).

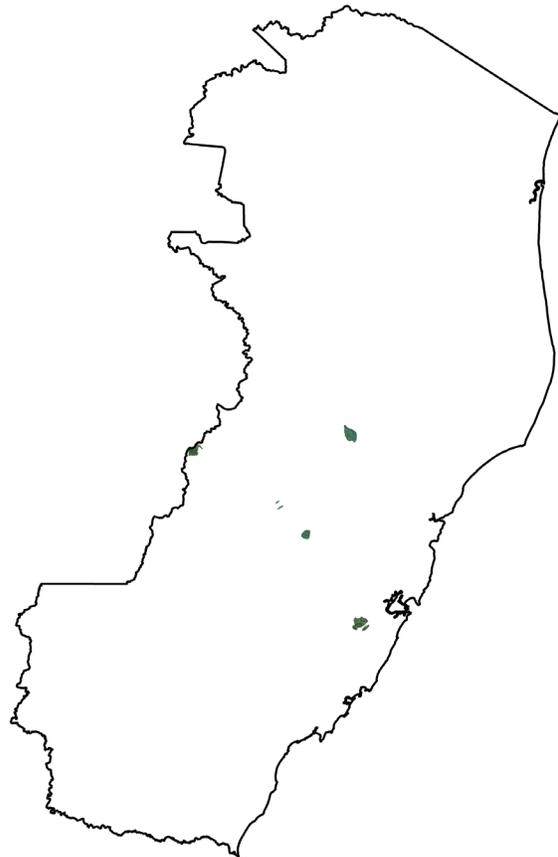


Figura 4.25 - Área de ocorrência dos corpos máfico-ultramáficos (suítes komatiíticas, suítes toleíticas, complexos bandados) no Estado do Espírito Santo (elaborado pelos autores, 2010).

Quadro 4.5 - Unidades geológico-ambientais e compartimentos de relevos pertencentes ao domínio dos corpos máfico-ultramáficos (suítes komatiíticas, suítes toleíticas, complexos bandados) (elaborado pelos autores, 2010).

Unidade Geológico-Ambiental	Compartimento de Relevo
7- (DCMUmu) Série máfico-ultramáfica (dunito, peridotito etc.).	a- Colinas dissecadas e morros baixos b- Morros e serras baixas
8- (DCMUb) Série básico-ultrabásica (gabro, anortosito etc.).	a- Montanhoso

Adequabilidades e Limitações

Frente às obras de engenharia

- Os litotipos se apresentam encaixados em outros tipos de rochas e são portadoras de muitas fendas e fraturas (Figura 4.26). Estas características fazem com que desprendam blocos com facilidade em talude de corte. Medidas de contenção devem ser tomadas quando a exposição destas rochas em obras de engenharia for inevitável.

- Estas rochas apresentam alta resistência à compressão e moderada a alta resistência ao corte e à penetração. Para a execução de obras faz-se necessário o uso de explosivos para o desmonte destas litologias.

- Sofre alteração de forma heterogênea deixando blocos e matacões em meio ao solo ou distribuídos irregularmente sobre a superfície (Figura 4.27). Isso dificulta a execução de escavações e perfurações apresentando sérios problemas se as fundações de uma obra forem parcialmente apoiadas sobre estes blocos e matacões.



Figura 4.27 - Afloramento de rocha ultramáfica em meio a solo bem evoluído (município de Colatina).
Foto: Marceley Machado, 2010.

Frente à agricultura

- Originam solos argilosos ricos em minerais ferromagnesianos (Figura 4.28) que quando evoluídos liberam uma boa quantidade de nutrientes, principalmente magnésio, sódio e potássio, caracterizando-os como solos de boa fertilidade natural (Figura 4.29). Já em solos muito evoluídos o potencial agrícola pode ser prejudicado pela formação de crosta laterítica e o excesso de alumínio liberado por estas litologias.

- O potencial agrícola encontra-se reduzido devido estas unidades sustentarem relevos predominantemente acidentados e em muitos locais encontram-se blocos e matacões em meio ao solo. A dificuldade no uso de maquinários agrícolas motorizados nestas áreas faz com que culturas de ciclos mais longos sejam melhores aproveitadas.



Figura 4.26 - Rocha ultramáfica: (a) Talude com exposição de rocha ultramáfica encaixada em litotipo gnáissico; (b) detalhe do afloramento exibindo vários faturamentos. Município de Colatina. Fotos: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.28 - Perfil de solo residual de rochas ultramáficas rico em minerais ferromagnesianos (município de Santa Maria de Jetibá). Foto: Marcelly Machado, 2010.



Figura 4.29 - Área de grande aproveitamento agrícola decorrente da boa qualidade química do solo (município de Santa Maria de Jetibá). Foto: Marcelly Machado, 2010.

Frente aos Recursos hídricos e fontes poluidoras

- Rochas que possuem fraturas ou outras descontinuidades por onde circulam e armazenam água (Figura 4.30). O potencial hidrogeológico é muito irregular depende da existência, interconectividade, tamanho e distribuição das fraturas, condições climáticas e da topografia.

- Os fraturamentos por onde as águas circulam e se armazenam são também os mesmos caminhos por onde poluentes podem chegar com maior rapidez aos aquíferos. Em locais onde os solos são pouco evoluídos e de pouca espessura, cuidados especiais devem ser tomados para que as fontes potencialmente poluidoras não contaminem estas águas.

- O manto de alteração argiloso destas rochas é pouco permeável, disponibilizando pouca água para a circulação



Figura 4.30 - Fraturas em rochas ultramáficas. Estas fendas e ou cavidades são os condutos pelos quais as águas circulam e formam os aquíferos fissurais (município de Colatina). Fotos: Marcelly Machado, 2010.

e recarga de águas subterrâneas. Por outro lado estes solos apresentam boa capacidade de fixar e eliminar poluentes.

Frente ao potencial mineral

- Ambiência geológica favorável à existência de mineralizações de cobre, cromo, cobalto, platina e bauxita.
- Exibem potencial de exploração da rocha para uso como brita e rochas ornamentais (Figura 4.31).



Figura 4.31 - Extração de norito comercializado como rocha ornamental (município de Colatina). Foto: Marcelly Machado, 2010.

Frente ao potencial turístico

- Este domínio apresenta um potencial turístico limitado por sua pouca distribuição espacial no território capixaba. Entretanto, o relevo acidentado associado ao sistema de drenagem superficial, pode originar belas paisagens.

DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITÓIDES NÃO-DEFORMADOS

As unidades geológico-ambientais que compõem este domínio são constituídas por rochas cristalinas representadas por granitos, charnockitos, granodioritos, tonalitos, monzogranito, sienogranito e dioritos. Possuem aspecto textural granular e isotrópico, composição mineralógica à base de quartzo e feldspatos e são pouco ou não fraturadas.

Estas litologias foram originadas de magmas de composições diversas cristalizados em ambientes tectônicos relativamente calmos, garantindo aos granitóides uma deformação dúctil ausente ou pouco expressiva. Tais unidades são bem representativas e encontram-se bem distribuídas por todo o Estado (Figura 4.32). Compreendem três unidades geológico-ambientais: Associação charnockítica, Série granítica subalcalina e Granitóides peraluminosos. Essas unidades sustentam diferentes tipos de relevo (Quadros 4.6).

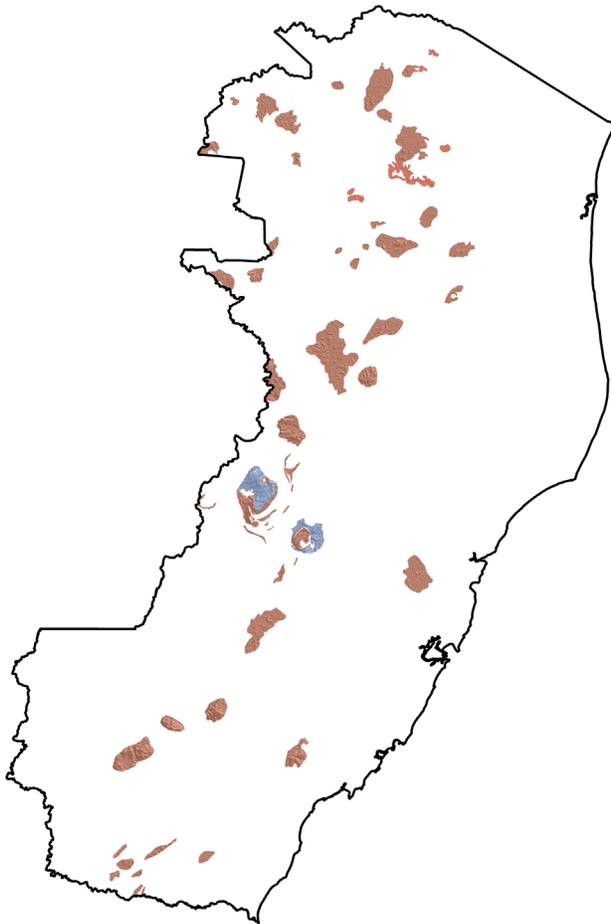


Figura 4.32 - Área de ocorrência dos complexos granitoides não-deformados no Estado do Espírito Santo (elaborado pelos autores, 2010).

Quadro 4.6 - Unidades geológico-ambientais e compartimentos de relevos pertencentes ao domínio dos complexos granitoides não-deformados (elaborado pelos autores, 2010).

Unidade Geológico-Ambiental	Compartimento de Relevo
9 - (DCGR1ch) Associações charnockíticas.	a - Morros e serras baixas b - Montanhoso
10 - (DCGR1salc) Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas.	a - Colinas amplas e suaves b - Colinas dissecadas e morros baixos c - Morros e serras baixas d - Montanhoso e - Inselbergs
11 - (DCGR1pal) Granitoides peraluminosos.	a - Colinas amplas e suaves

Adequabilidades e Limitações

Frente às obras de engenharia

- São rochas que em seu estado fresco apresentam alta resistência ao corte e à penetração, moderada a alta resistência ao intemperismo físico-químico e elevada resistência à compressão. Estas características podem tornar a execução de uma obra mais cara por necessitar o uso de explosivos para o desmonte dos maciços (Figura 4.33).

- O processo de alteração age de forma heterogênea deixando blocos e matacões em meio ao solo (Figura 4.34). A exposição destes em taludes de corte pode por em risco a vida de pessoas e animais que circulam pela área. A realização de obras nesses terrenos exige um maior detalhamento geotécnico, pois edificações que estejam parcialmente apoiadas sobre estes blocos podem se desestabilizar causando grandes prejuízos à obra.



Figura 4.33 - Presença de meia-cana em rochas granitoides. Estas marcas, deixadas por explosivos, são indicativas da alta resistência ao corte e à penetração (município de Nova Venécia). Foto: Marceley Machado, 2010.

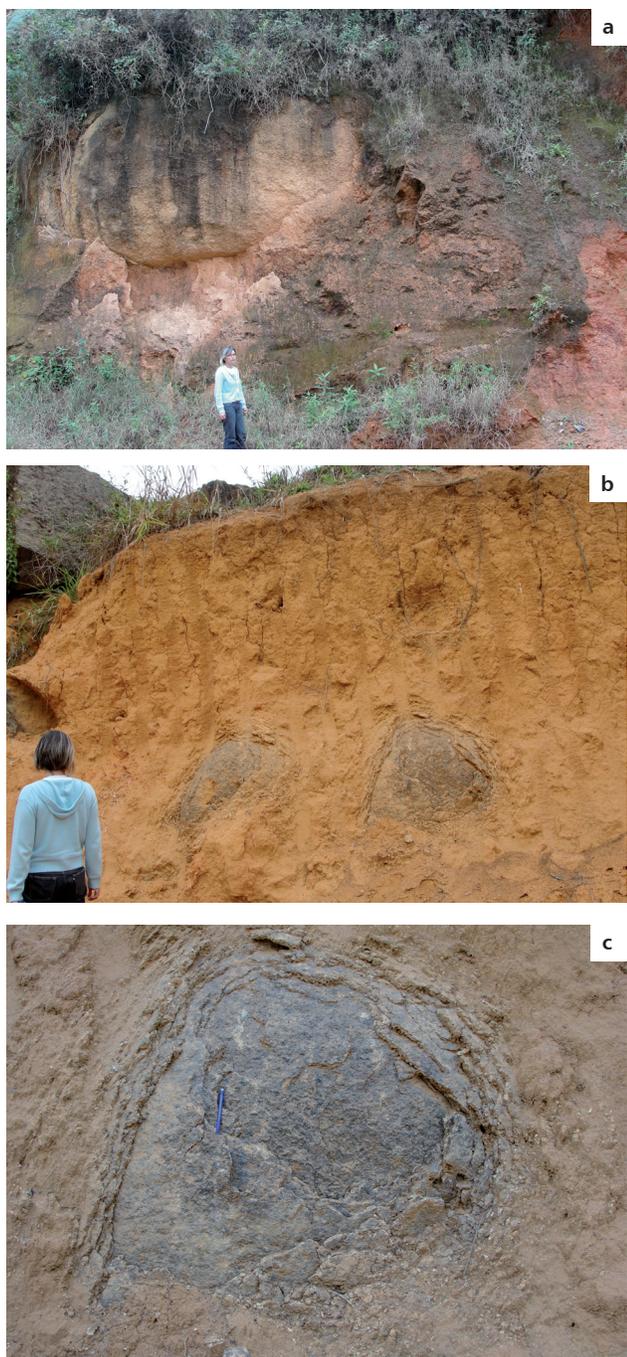


Figura 4.34 - Processo de alteração em rochas graníticas: **(a)** e **(b)** blocos e matações em meio ao manto de alteração de granitóides; **(c)** detalhe de um matação onde verifica-se a alteração esferoidal que ocorre nestes tipos de rochas. Município de Itaguaçu.
Fotos: Marceley Machado, 2010.

- O manto de alteração pouco evoluído o torna suscetível a processos erosivos e de movimentos de massa, principalmente em períodos chuvosos, se este for exposto em talude de corte (Figura 4.35).

- O processo pedogenético avançado possibilita ao solo residual uma boa capacidade de compactação, uma

baixa permeabilidade, pouca suscetibilidade aos processos erosivos e tem boa estabilidade em talude de corte (Figura 4.36).



Figura 4.35 - Processo erosivo induzido pela exposição do manto de alteração pouco evoluído dos granitos (município de São Domingos do Norte). Foto: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.36 - Talude de corte expondo um solo mais evoluído (horizonte B). Nesse caso, notar a boa estabilidade do manto de alteração (município de Nova Venécia)
Foto: Marceley Machado, 2010.

Frente à agricultura

- Os granitóides originam solos argilo-siltico-arenosos que, de forma geral, são pobres em nutrientes e ricos em alumínio caracterizando-o como um solo ácido com propriedades químicas desfavoráveis. Entretanto, estes possuem uma boa porosidade e permeabilidade que os caracterizam fisicamente favoráveis para reter e armazenar água por um bom período de seca.

- Os solos provenientes destas unidades apresentam bom potencial agrícola desde que, sejam corretamente manejados e corrigidos, como também as condições de relevo sejam favoráveis.

- Os relevos deste domínio são constituídos, em sua maioria, pelas colinas, inselbergs (relevo residual) e terrenos acidentados, (Figura 4.37). Estas feições topográficas reduzem o aproveitamento das áreas para a diversidade agrícola, sendo favoráveis basicamente para

cultura de ciclo longo, mais precisamente o plantio de café (Figura 4.38), atividade predominante no estado, e de forma mais restrita o cultivo irrigado de frutas e hortaliças feito nas encostas mais suaves destes relevos (Figura 4.39).

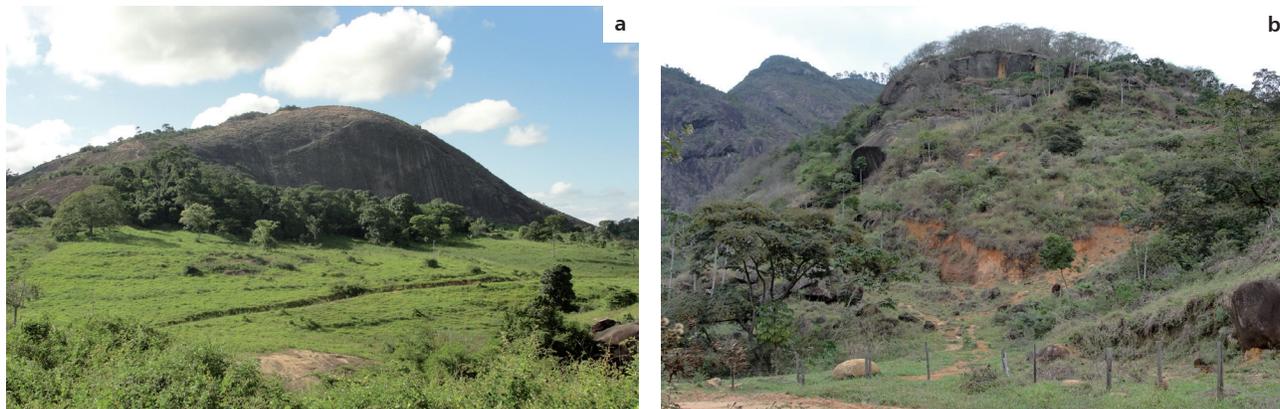


Figura 4.37 - Tipos de relevos característicos deste domínio: **(a)** relevo residual (município de Nova Venécia); **(b)** relevo montanhoso (município de Itaguaçu). Fotos: Marceley Machado, 2010.

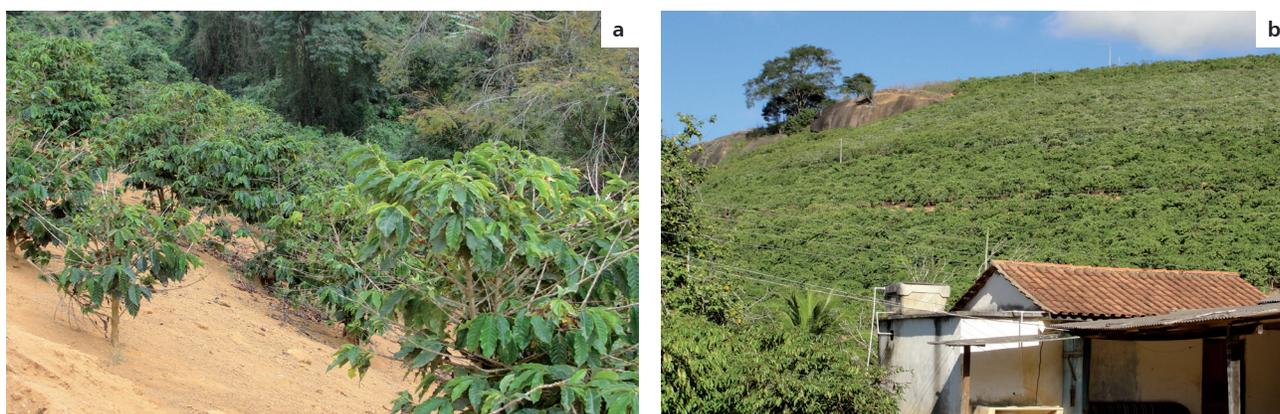


Figura 4.38 - Plantação de café em terrenos acidentados. Prática bastante comum em todo o estado: **(a)** município de Conceição da Barra; **(b)** município de Itaguaçu. Fotos: Marceley Machado, 2010.

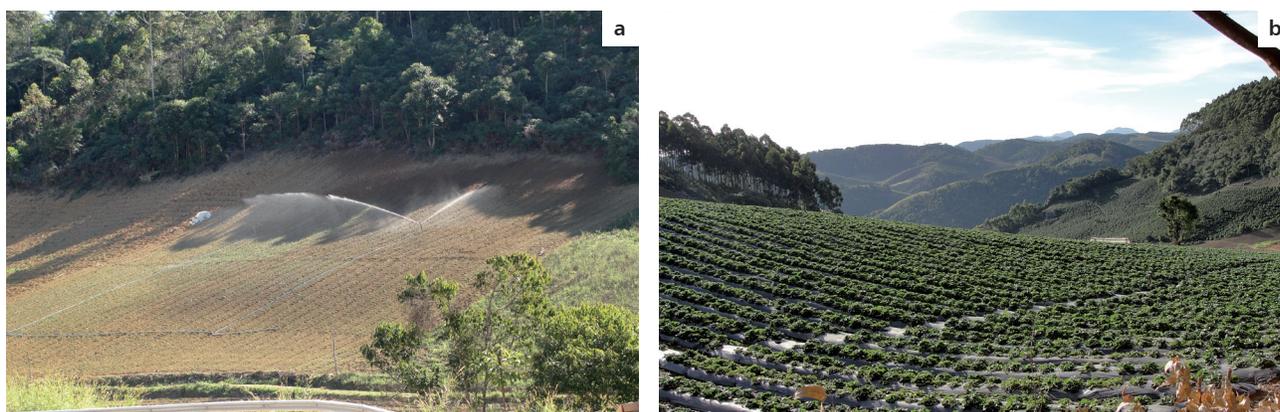


Figura 4.39 - Aproveitamento de sopé de morros para a prática de agricultura irrigada: **(a)** cultivo de hortaliças (município de Santa Maria de Jetibá); **(b)** plantação de morango (município de Castelo). Fotos: Marceley Machado, 2010.

- Os granitoides peraluminosos correspondem a unidade geológico-ambiental deste domínio que contem a maior concentração de alumínio. Os solos ácidos, rasos e associados a relevos acidentados caracterizam-se como os menos produtivos (Figura 4.40), sendo aproveitado em alguns locais apenas como área de pastagem (Figura 4.41).



Figura 4.40 - Fina camada de solo residual pouco evoluído originado de rochas graníticas. Características inadequadas para a pratica agrícola (município de Montanha). Foto: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.41 - Área de pastagem em relevo acidentado sustentado por granitóides. O solo pobre associado ao relevo de morros e a baixa disponibilidade hídrica caracterizam estes terrenos como sendo inadequados para a pratica agrícola (município de Boa Esperança). Foto: Marceley Machado, 2010.

Frente aos recursos hídricos e fontes poluidoras

- Estas rochas constituem aquíferos fissurais irregulares. O potencial hidrogeológico é baixo e vai depender da quantidade, tamanho e interconectividade das fraturas e do regime pluviométrico regional. Assim em um mesmo contexto local um poço pode apresentar uma vazão considerável e um outro poço ao lado pode ser seco.

- Os solos residuais profundos e com pedogênese pouco evoluída são propícios à formação de bons aquíferos superficiais;

- Os aquíferos fissurais estão muito sujeitos a contaminação. Descontinuidades estruturais como falhas e fraturas tornam-se um caminho direto e rápido para os poluentes atingirem os mananciais subterrâneos (Figura 4.42).

- O manto de intemperismo bem evoluído dessas litologias possui uma baixa permeabilidade, dificultando a propagação de poluentes até as águas do subsolo.

- Em relevos mais íngremes, principalmente os desprovidos de vegetação de grande porte, desenvolvem um rápido escoamento superficial de águas pluviais o que pode gerar um alto potencial de erosão hídrica e uma baixa recarga do aquífero (Figura 4.43).



Figura 4.42 - Afloramento fraturado. Estas descontinuidades estruturais tornam estas rochas bastante percolativas e muito propícias a contaminação de aquíferos (município de Nova Venécia). Foto: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.43 - Erosão hídrica em vertente côncava de relevo montanhoso. A falta de cobertura vegetal original associada a utilização da área como pastagem, são fatores que intensificam a erodibilidade e diminuem a infiltração de água nestes ambientes (município de Mimoso do Sul). Foto: Marceley Machado, 2010.

Frente ao potencial mineral

- São unidades constituídas por rochas que apresentam um grande potencial para a utilização na construção civil.

Muitos granitóides associados a sua alta durabilidade mecânica e beleza são muito apreciados como rocha ornamental (Figuras 4.44 e 4.45). Estas rochas são muito utilizadas também como brita e pedra de alvenaria (Figura 4.46).

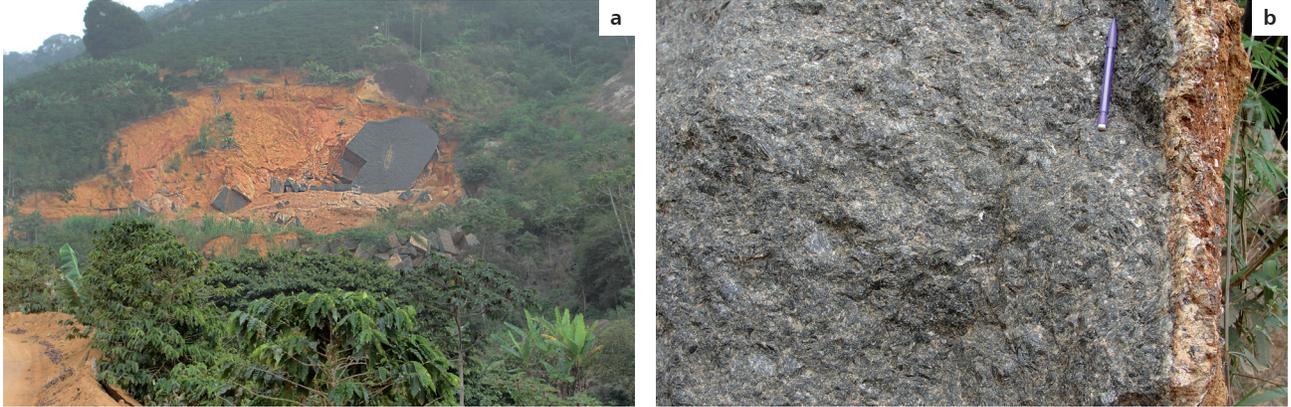


Figura 4.44 - Extração de granitóides para a utilização como rochas ornamentais: **(a)** frente de lavra do charnockito Ibituba; **(b)** detalhe da rocha. Município de Baixo Guandú. Fotos: Marcelly Machado, 2010.



Figura 4.45 - Pedreira de granito: **(a)** frente de lavra do granitoide Medina-Maristela; **(b)** detalhe do aspecto textural da rocha. Município de Ecoporanga. Fotos: Marcelly Machado, 2010.



Figura 4.46 - Extração de rochas para a construção civil. Em destaque na figura observa-se a extração manual de brita de um pequeno bloco (município de Itarana). Foto: Marcelly Machado,

- Solos com pedogênese incipiente são aproveitáveis como saibro e solos mais evoluídos apresentam boa capacidade de compactação.

Frente ao potencial turístico

- Domínio com forte potencial para o turismo ecológico e de aventura. O relevo montanhoso sustentado por essas rochas constituem áreas de grande beleza paisagística (Figura 4.47) e muito propício para a prática de esportes radicais.

- A forma de relevo residual tipo Inselbergs é detentora de belas paisagens e formas curiosas que se destacam em meio às superfícies aplainadas (Figura 4.48).



Figura 4.47 - Relevo montanhoso. Cenário bastante comum em todo o estado propiciando, quase sempre, paisagens de grande beleza (município de Pancas). Foto: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.48 - Pedra do elefante. Monumento natural situado no município de Nova Venécia. Foto: Marceley Machado, 2010.

- Neste domínio se insere o Parque Estadual do Forno Grande (Figura 4.49) que se destaca pelo belo pico de mesmo nome, este quase sempre encontra-se encoberto pelas nuvens. Outra atração no local são as piscinas naturais formadas por rios que nascem dentro do parque.

DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITÓIDES DEFORMADOS

As unidades que compõem esse domínio apresentam origem ígnea plutônica de diferentes eventos magmáticos e ambientes tectônicos o que faz com que apresentem grande variação de composição químico-mineralógica, granulação e cores. Tais magmas sofreram processos de metamorfismo regional gerando rochas não ou pouco deformadas nas áreas centrais e bem deformadas nas bordas dos maciços.

As litologias que constituem esse domínio são: charnockitos, enderbitos, granitos, granitóides, metagranodioritos, leucogranitos, granodioritos, tonalitos, metatonalitos e quartzo monzonitos. Essas ocorrem nas regiões noroeste e sudoeste do Estado (Figura 4.50), e compreendem três unidades geológico-ambientais – Associações charnockíticas, Séries graníticas subcalcinas e Granitóides peraluninosos. Sustentam diferentes tipos de relevo, predominando as formas montanhosas e de morros e serras baixas (Quadro 4.7).



Figura 4.49 - Parque Estadual do Forno Grande: (a) pico do forno grande, com 2.089 m é o segundo maior ponto culminante do Espírito Santo; (b) piscinas naturais. Município de Castelo. Fotos: Marceley Machado, 2010.

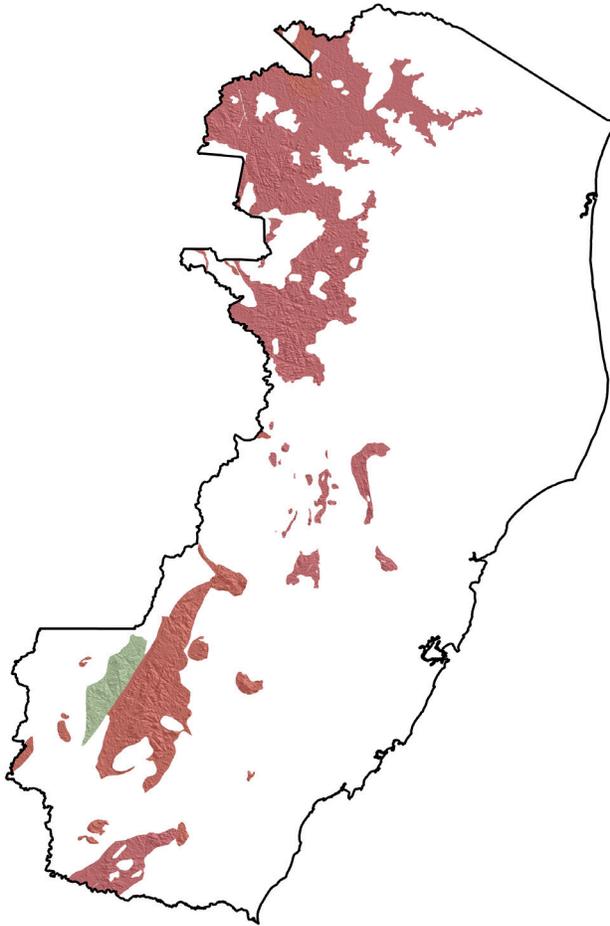


Figura 4.50 - Área de ocorrência dos complexos granitoides deformados no Estado do Espírito Santo (elaborado pelos autores, 2010).

Quadro 4.7 - Unidades geológico-ambientais e compartimentos de relevos pertencentes ao domínio dos complexos granitoides deformados (elaborado pelos autores, 2010).

Unidade Geológico-Ambiental	Compartimento de Relevo
12- (DCGR2ch) Associações charnockíticas.	a- Morros e serras baixas b- Montanhoso
13- (DCGR2salc) Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas.	a- Colinas amplas e suaves b- Colinas dissecadas e morros baixos c- Morros e serras baixas d- Montanhoso
14- (DCGR2pal) Granitoides peraluminosos.	a- Colinas amplas e suaves b- Morros e serras baixas c- Colinas dissecadas e morros baixos d- Montanhoso e- Inselbergs

Adequabilidades e Limitações

Frente às obras de engenharia

- As litologias desses domínios constituem rochas duras de alto grau de coesão e de elevada resistência ao corte e à penetração. Tais litologias necessitam de explosivos para o seu desmonte (Figura 4.51) e apresentam alta capacidade de suporte para obras de pequeno a grande porte.

- Apresentam comportamento geomecânico heterogêneo devido à presença de áreas mais e menos deformadas - fraturas, juntas, falhas, dobras, bandamento composicional e lineações minerais (Figura 4.52). Alguns taludes de corte exibem denso fraturamento o que pode acarretar queda de blocos e deslocamentos (Figura 4.53).

- Devido a alta resistência que oferecem à ação do intemperismo as rochas desse domínios sofrem processo de alteração heterogêneo o que acarreta a existência de blocos de rocha conservados em meio ao manto de alteração (Figura 4.54). Tal característica dificulta a execução de escavações e perfurações, podendo acarretar instabilizações em taludes de corte e em fundações de edificações. Nas unidades DCGR2pal e DCGR2salc, onde os solos são bem evoluídos e profundos, a possibilidade de existência de blocos e matacões dispersos é maior.



Figura 4.51 - Marcas de meia-cana. Feições indicativas do uso de explosivos para desmonte de maciço rochoso. Afloramentos localizados nos municípios de Domingos Martins (a) e Nova Venécia (b). Fotos: Marcey Machado, 2010.

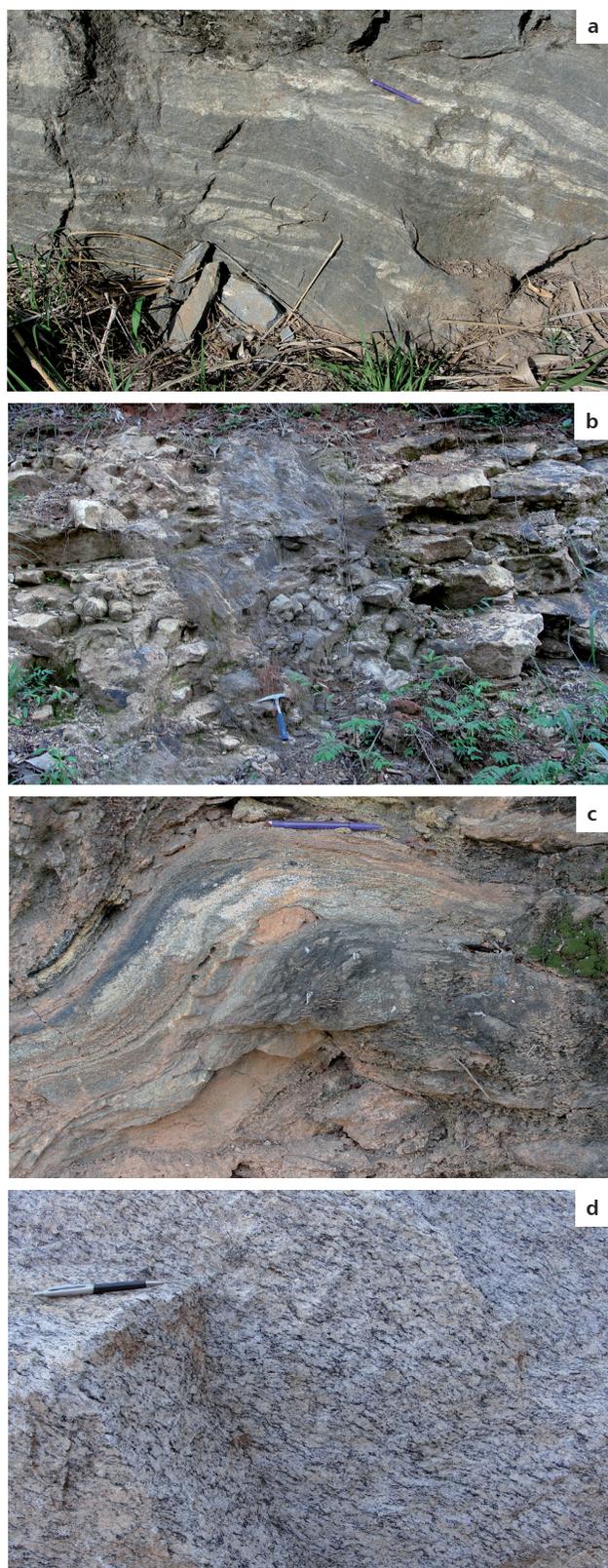


Figura 4.52 - Tipos de deformações encontradas nos litotipos do domínio DCGR2: **(a)** bandamento (município de Mimosa do Sul); **(b)** zona de cisalhamento (município de Santa Teresa); **(c)** dobramentos (município de Apiacá); **(d)** lineação mineral (município de Muniz Freire). Fotos: Marcelly Machado, 2010.



Figura 4.53 - Talude de corte de rocha sã fraturada. Local susceptível a queda de blocos e deslocamentos (município de Mimosa do Sul). Foto: Marcelly Machado, 2010.

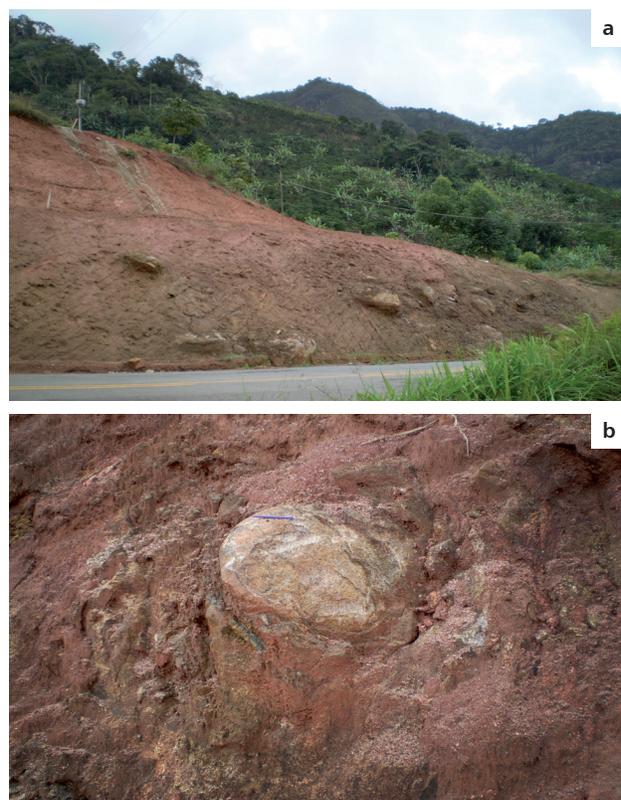


Figura 4.54 - Processo de alteração heterogêneo: **(a)** Presença de blocos de rocha em meio ao manto de alteração dos litotipos do domínio DCGR2; **(b)** Detalhe do bloco de rocha levemente alterado presente em meio ao manto de alteração. Município de Santa Teresa. Fotos: Marcelly Machado, 2010.

- Originam solos argilo-siltico-arenosos. Quando pouco evoluídos apresentam erodibilidade que varia entre média a alta, e médio potencial a ocorrência de movimentos naturais de massa. As formas de erosão vão desde sulcos a grandes ravinas (Figura 4.55) e os movimentos de massa compreendem principalmente rastejos, com ocorrências localizadas de escorregamentos planares (Figura 4.56).

- Quando submetidos à concentração de águas pluviais os solos pouco evoluídos erodem bastante, não se adequando para uso como material de empréstimo em obras em que fiquem expostos. Por outro lado, os solos residuais, com pedogênese avançada, apresentam boa capacidade de compactação, são pouco permeáveis, moderadamente plásticos e pouco erodíveis (Figura 4.57). Podem ser utilizados como material de empréstimo em obras em que fiquem expostos.



Figura 4.55 - Processo erosivo instalado em manto de alteração pouco evoluído: **(a)** talude de corte apresentando erosão em sulcos (município de Ecoporanga); **(b)** talude de corte com ravinamentos de grandes dimensões (município de Pancas).
Fotos: Marceley Machado, 2010.

Figura 4.56 - Exemplos de movimentos de massa tipo planar em manto de alteração pouco evoluído. Localizam-se nos municípios de Muniz Freire **(a)**, Ecoporanga **(b)** e Nova Venécia **(c)**.
Fotos: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.57 - Taludes de corte em solo de pedogênese avançada com boa estabilidade natural, situados em estradas dos municípios de Ecoporanga **(a)** e Iúna **(b)**. Fotos: Marcelly Machado, 2010.

Frente à agricultura

- As rochas desse domínio alteram-se para solos argilo-siltico-arenosos, pobres em nutrientes e ricos em alumínio o que os condicionam a baixa fertilidade natural e acidez elevada. Solos originados da unidade DCGR2salc apresentam fertilidade natural um pouco melhor, devido ao conteúdo mineralógico ferromagnésiano.

- Os solos desse domínio quando submetidos a processo de manejo inadequado, como o uso contínuo de mecanização com equipamentos pesados, compactam-se e tornam-se mais suscetíveis à erosão hídrica laminar. O processo de mecanização compacta o solo e gera impermeabilização e aumento do escoamento superficial com consequente aumento da erosão laminar.

- Os solos de pedogênese avançada, embora apresentem deficiências químicas, exibem bom potencial para o desenvolvimento de práticas agrícolas, devido às suas boas propriedades físicas – são muito porosos, apresentam boa capacidade hídrica e boa capacidade de reter e fixar nutrientes. Quando desenvolvidos em regiões de relevo favorável como os de colinas dissecadas e morros baixos, colinas amplas e suaves e áreas de planícies e com atividades corretas de manejo, exibem alto potencial para o desenvolvimento agrícola. Nessas áreas são cultivadas hortaliças, leguminosas e grãos (Figura 4.58). Nas áreas de relevo montanhoso e de morros e serras baixas a prática agrícola mais desenvolvida no território capixaba é o cultivo de café (Figura 4.59).



Figura 4.58 - Áreas de cultivo de grãos: **(a)** plantação de milho (município de Iúna); **(b)** cultivo de feijão (município de Pinheiros). Fotos: Marcelly Machado, 2010.



Figura 4.59 - Áreas de cultivo de café nos municípios de Muniz Freire **(a)** e Lúna **(b)**. Fotos: Marceley Machado, 2010.

Frente aos recursos hídricos e fontes poluidoras

- A principal característica desse domínio é apresentar rochas com muito baixa permeabilidade primária, entretanto, dotadas de permeabilidade secundária, constituídas por descontinuidades mecânicas – fraturas e falhas. Constituem aquíferos fissurais descontínuos de potencial hidrogeológico local bastante irregular. A capacidade de armazenamento de água dessas rochas é função da existência, da distribuição, do tamanho, da densidade e da interconectividade das descontinuidades mecânicas, além das condições climáticas locais.

- As fraturas existentes são abertas e sem preenchimentos, o que condiciona um bom potencial circulador e armazenador de água subterrânea (Figura 4.60), porém de caráter muito irregular. Tal aspecto favorece, também,

a percolação de poluentes e aumenta o risco de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.

- As litologias constituintes desse domínio originam solos argilo-siltico-arenosos, de baixa permeabilidade primária, condição desfavorável a recarga das águas subterrâneas. Porém, são possuidores de boa capacidade de retenção de poluentes.

- Em locais onde os solos são evoluídos e profundos o risco de contaminação das águas subterrâneas é baixo, pois esses se apresentam além de pouco permeáveis, com boa capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes. Por outro lado, onde as rochas apresentam fraturas abertas e solos residuais pouco evoluídos e/ou rasos, o risco de contaminação de água subterrânea é alto. Nesses a permeabilidade é um pouco melhor e a capacidade de retenção, fixação e eliminação de poluentes é diminuída.

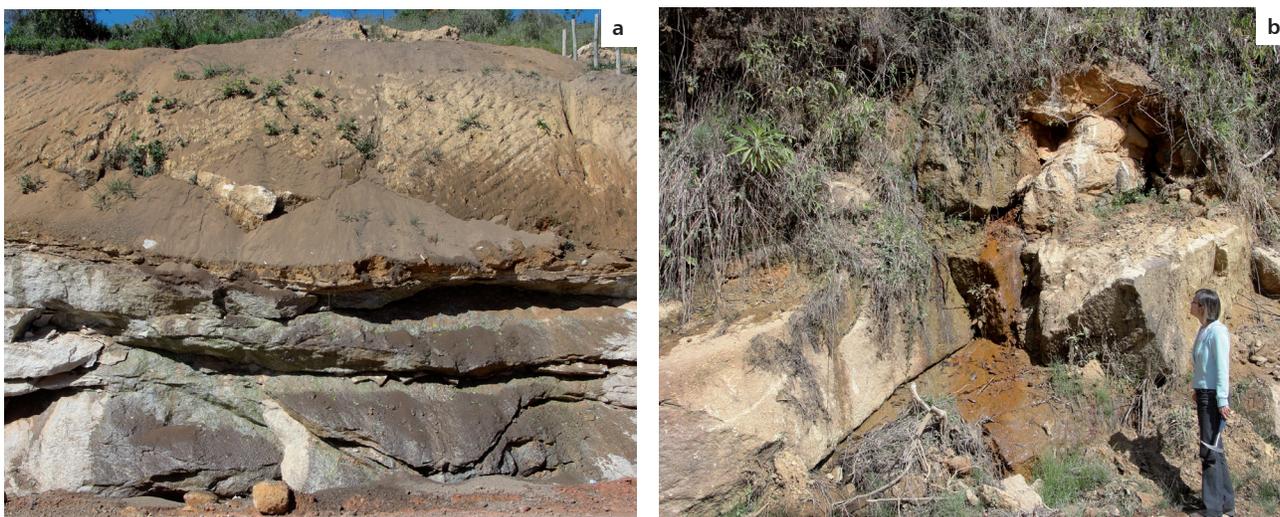


Figura 4.60 - Fraturas abertas e sem preenchimento com surgência de água. Afloramentos situados nos municípios de Água do Norte **(a)** e Muniz Freire **(b)**. Fotos: Marceley Machado, 2010.

- Os solos pouco evoluídos dessas rochas exibem porosidade e permeabilidade que favorecem a infiltração e armazenamento de águas pluviais, quando espessos podem constituir bons aquíferos superficiais.

- Em condição de continua mecanização por maquinário pesado, os solos desse domínio compactam-se excessivamente, o que acarreta impermeabilização e redução do potencial de infiltração das águas das chuvas no subsolo.

Frente ao potencial mineral

- As rochas desses domínios apresentam elevado potencial para utilização na construção civil. Exibem aplicações diversificadas para uso como brita, pedra de cantaria, alicerce e rochas ornamentais (Figura 4.61). Essa última bem caracterizada no território capixaba, constituindo o principal uso dessas rochas.

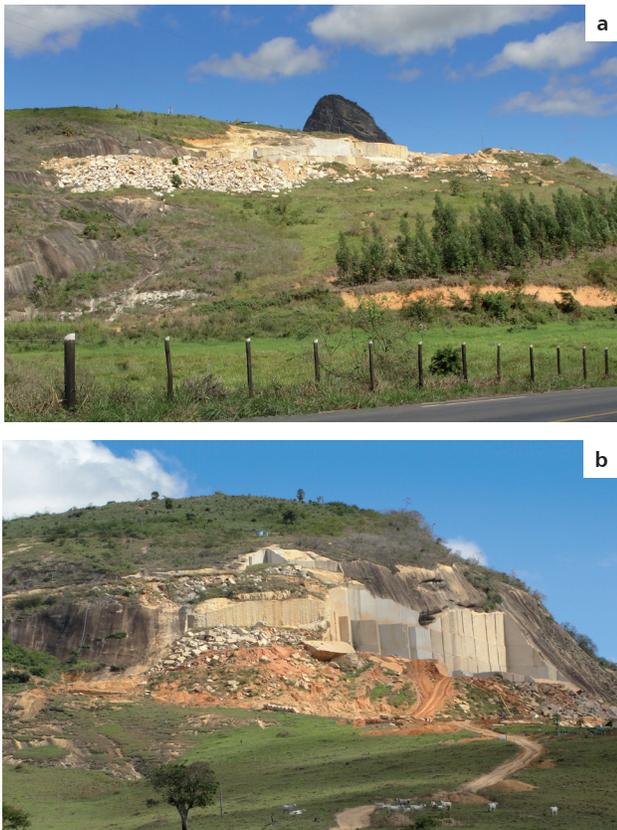


Figura 4.61 - Exploração de blocos de granito para uso como rocha ornamental. Frentes de lavras situadas nos municípios de Barra do São Francisco **(a)** e Vila Pavão **(b)**.
Fotos: Marceley Machado, 2010.

- A extração dessa rocha para fins de uso ornamental encontra-se distribuído por todo o Estado, com destaque para os municípios de Barra do São Francisco, Ecoporanga, Nova Venécia e Vila Pavão, região noroeste, Colatina na região central e os municípios de Alegre, Cachoeiro do Itapemirim e Castelo, sul do Estado.

Frente ao potencial turístico

- As unidades desse domínio apresentam resistência que varia de moderada a alta à alteração físico-química, o que acarreta a formação de relevos dotados de grande beleza cênica, representados por formas serranas e montanhosas do tipo “pão-de-açúcar”.

- Exemplo desta forma de relevo é o Monumento Natural Pontões Capixabas (Figura 4.62a), que ocupa uma área de aproximadamente 174 km², localizado no noroeste do Estado entre os municípios de Águia Branca e Pancas, sendo o seu ponto mais alto a Pedra do Camelo (Figura 4.62b). O local é adequado para atividades como escalada e voo livre.

- O Parque Estadual de Pedra Azul, aberto a visitação previamente agendada, também é famoso por apresentar estas curiosas formas de relevo. Um dos seus principais atrativos é a escalada da Pedra Azul/Pedra do Lagarto (Figura 4.62c).



Figura 4.62 - Paisagens de grande beleza cênica resultante da alta resistência a alteração física oferecida pelas rochas do domínio DCGR2: **(a)** Monumento Natural Pontões Capixaba (municípios de Águia Branca e Pancas); **(b)** Pedra do Camelo integrante dos Pontões Capixabas (município de Pancas); **(c)** Pedra Azul e Pedra do Lagarto - Parque Estadual de Pedra Azul (município de Domingos Martins). Fotos: Marceley Machado, 2010.

DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES INTENSAMENTE DEFORMADOS: ORTOGNAISSES

O domínio abrange grande parte do território capixaba, sendo sua maior concentração na região sul (Figura 4.63). É constituído por charnokitos, enderbitos, charno-enderbitos, ekinzigitos, sienitos, granitos, metagranitos, metagranodioritos, metatonalitos e ortognaisses.

Esses litotipos sofreram intensa ação tectônica em diferentes tempos geológicos o que acarretou geração de rochas muito deformadas, fraturadas e cisalhadas, de várias origens, idades, texturas e composições mineralógicas. Constituem duas unidades geológico-ambientais – Associações charnockíticas e Séries graníticas subalcalinas – as quais sustentam vários tipos de relevos (Quadro 4.8).

A geomorfologia representada, principalmente, por terrenos acidentados e colinosos ilustra o atuante papel da geologia em conjunto com processos erosivos em seu desenvolvimento. Essas condicionantes refletem em quase toda sua extensão formando encostas íngremes, rios encaixados, contato solo-rocha abrupto e presença de matações espalhados por diversas encostas.

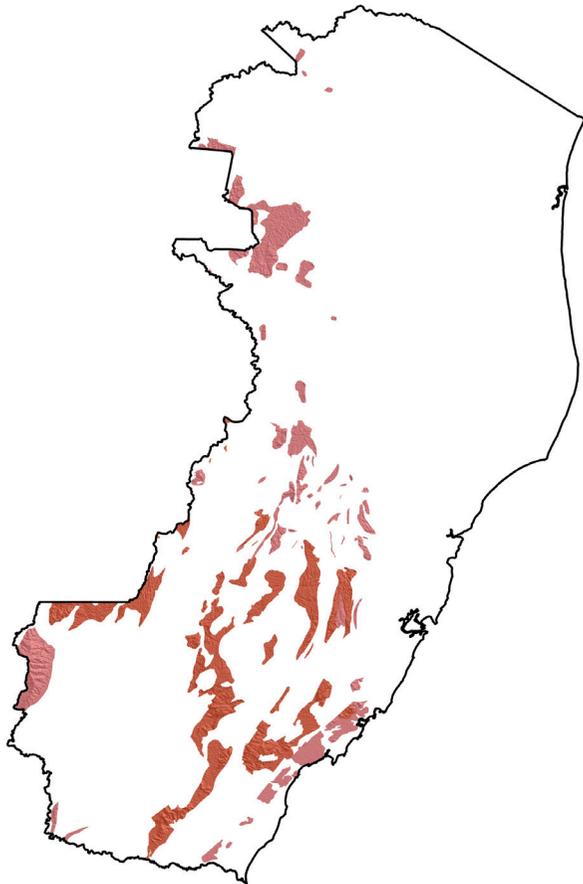


Figura 4.63 - Área de ocorrência dos complexos granitoides intensamente deformados: ortognaisses no estado do Espírito Santo (elaborado pelos autores, 2010).

Quadro 4.8 - Unidades geológico-ambientais e compartimentos de relevos pertencentes ao domínio dos complexos granitoides intensamente deformados: ortognaisses (elaborado pelos autores, 2010).

Unidade Geológico-Ambiental	Compartimento de Relevo
15- (DCGR3ch) Associações charnockíticas.	a- Colinas amplas e suaves b- Colinas dissecadas e morros baixos c- Morros e serras baixas d- Montanhosos
16- (DCGR3salc) Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas.	a- Colinas amplas e suaves b- Colinas dissecadas e morros baixos c- Morros e serras baixas d- Montanhosos

Adequabilidades e Limitações

Frente às obras de engenharia

- São rochas que se alteram de forma heterogênea deixando blocos e matações em meio ao solo embora com menor frequência em relação aos granitóides deformados e não deformados.

- Apresentam alta resistência ao corte e penetração, elevado grau de coesão, alta resistência à compressão e ao intemperismo físico (Figura 4.64).

- Em geral os solos destes granitóides apresentam um manto de alteração profundo (Figura 4.65). São originados por rochas portadoras de descontinuidades geomecânicas tais como, bandamento mineral, falhas e fraturas. Em solos pedogeneticamente pouco evoluídos estas características favorecem a uma maior ocorrência de processos erosivos (Figuras 4.66) e de movimentos de massa em taludes de corte e encostas íngremes (Figura 4.67).



Figura 4.64 - Marcas de meia-cana indicadas pelas setas. Estes sulcos deixados na rocha são indicativos da alta resistência ao corte e a penetração destes litotipos (município de Muniz Freire). Foto: Marcey Machado, 2010.



Figura 4.65 - Manto de alteração profundo de rochas granitoides muito deformadas (município de Itapemirim). Foto: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.66 - Processo erosivo evoluído em granitoides induzido pela retirada da vegetação nativa e pastoreio de gado (município de Ecoporanga). Foto: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.67 - Deslizamento em talude de corte nos terrenos granitoides intensamente deformados. Problema bastante comum, principalmente se a evolução pedogenética for incipiente (município de Mimoso do Sul). Foto: Marceley Machado, 2010.

- Solos pouco evoluídos não apresentam boa capacidade de compactação (Figura 4.68). Não são adequados para serem utilizados como material de empréstimo em obras (Figura 4.69), principalmente se forem expostos às águas pluviais.



Figura 4.68 - Trecho da rodovia ES-261 com novo traçado: (a) reconstrução da margem com material pouco evoluído; (b) presença de fendas no aterro indicando a inadequabilidade do material utilizado na recuperação da rodovia. Município de Santa Teresa. Fotos: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.69 - Solapamento de estrada após utilização de solo pouco evoluído para a constituição do aterro (município de Muniz Freire). Foto: Marceley Machado, 2010.

Frente à agricultura

- Os solos originados são em sua maioria muito porosos e pouco permeáveis. Por terem uma boa capacidade de reterem nutrientes e assimilar a matéria orgânica, estas características são favoráveis à adubação.

- Os relevos são, no geral, muito movimentados e sustentados por solos profundos. Para o bom aproveitamento agrícola destas áreas, medidas preventivas e de controle contra processos erosivos são necessários, assim como um manejo adequado do solo (Figuras 4.70 e 4.71).

- Um dos principais pontos negativos dos relevos mais acidentados é que, os horizontes B e C do solo normalmente afloram ou estão muito próximos da superfície (Figura 4.72). Estes horizontes possuem péssimas características agrícolas. Nestas áreas os plantios de café e de eucalipto são as principais atividades (Figura 4.73). Para um bom desenvolvimento destas culturas, principalmente o café é necessário a aplicação periódica de calcário dolomítico, para corrigir o solo.



Figura 4.70 - Relevo de alta declividade com plantação de eucalipto, apresentando processo erosivo acelerado, potencializado pela a atividade agrícola (município de Barra do São Francisco). Foto: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.71 - Área utilizada para pasto. Nestas vertentes ocorrem processos de rastejo que são intensificados pelo pisoteio de gado (município de Barra do São Francisco). Foto: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.72 - Manto de alteração profundo e pouco evoluído (horizonte C). A ausência do horizonte A do solo, associada ao relevo acidentado, torna-o bastante restrito para a prática agrícola (município de Domingos Martins). Foto: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.73 - Plantação de café e eucalipto em relevo colinoso. Esta pratica é muito comum em relevos muito acidentados, necessitando assim maiores cuidados na prevenção de processos erosivos (município de Brejetuba). Foto: Marceley Machado, 2010.

Frente aos recursos hídricos e fontes poluidoras

- Estas unidades podem apresentar um bom potencial hidrogeológico em decorrência da grande existência de discontinuidades estruturais do tipo falhas e fraturas (Figura 4.74). Entretanto, estas mesmas discontinuidades são responsáveis pela rápida passagem de poluentes que podem contaminar as águas subterrâneas.

- O manto de alteração muito evoluído é pouco permeável. Quando pouco evoluído pedogeneticamente, este apresenta boa permeabilidade primária e secundária podendo se tornar um bom aquífero superficial (Figura 4.75).

- O manejo inadequado do solo pode torná-lo compacto e impermeável reduzindo o potencial de infiltração das águas pluviais estando mais suscetíveis aos processos erosivos (Figura 4.76).



Figura 4.74 - Afloramento com destaque para a infiltração de água por suas fraturas abertas (município de Barra do São Francisco). Foto: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.75 - Talude de corte expondo manto de alteração pouco evoluído e saturado (município de Domingos Martins). Foto: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.76 - Área de pasto. O relevo acidentado e o solo desprotegido e compactado pelo pisoteio de gado reduz a infiltração de água (município de Barra do São Francisco). Foto: Marceley Machado, 2010.

Frente o potencial mineral

- As rochas desse domínio possuem um potencial para serem comercializadas como rochas ornamentais (Figura 4.77). Entretanto, um melhor aproveitamento desse domínio para este fim pode ser prejudicado pelo alto grau de deformação (Figura 4.78) e forte intemperismo sofrido.

- O espesso manto de intemperismo formado por essas rochas corresponde a áreas que podem ser bem aproveitadas para extração de materiais de empréstimos como saibro e cascalho de uso direto na construção civil.

- Exemplos de minerais com aproveitamento econômico registrados em tais rochas são: água marinha nos municípios de Domingos Martins e Santa Leopoldina, em garimpos; andaluzita no município de Itaguaçu; e feldspato no município de Colatina, em minas.



Figura 4.77 - Frente de lavra de granito, aproveitado pelo o setor de rocha ornamental (município de Barra do São Francisco). Foto: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.78 - Granito muito fraturado. O seu alto grau de deformação reduz o aproveitamento no setor da construção civil (município de Mimoso do Sul). Foto: Marceley Machado, 2010.

Frente ao potencial turístico

- Ocorrem relevos geralmente montanhosos que apresentam grande beleza cênica (Figura 4.79). Uma boa parte deste domínio ambiental encontra-se inserido no circuito turístico das montanhas capixabas, região de agroturismo.



Figura 4.79 - Cenários turísticos proporcionados pela presença exuberante das montanhas capixabas. Encontram-se localizados nos municípios de Ibatiba (a) e Mimoso do Sul (b).
Fotos: Marceley Machado, 2010.

DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GNÁISSICO-MIGMATÍTICOS E GRANULÍTICOS

As rochas que compõem este domínio geológico-ambiental foram derivadas de outras rochas as quais foram submetidas a diferentes episódios tectônicos de caráter compressivo em condições de elevadas temperaturas e pressões. Tal condição fez com que essas rochas sofressem processo de fusão total e/ou parcial, originando litotipos com as mais variadas características de texturas e de composição químico-mineral.

As litologias deste domínio são de gnaisses, metamargas, anfíbolitos, mármore, quartzitos, xistos, kinzigitos, metaultramafitos, metagranodioritos, metatonalitos, rochas granulíticas e calssilicáticas. Essas rochas ocorrem

de forma muito significativa na área sul do Estado e em uma faixa central na parte norte (Figura 4.80). Compreendem duas unidades geológicas-ambientais: Predomínio de gnaisses paraderivados; e Predomínio de gnaisses ortoderivados.

Sustentam diferentes tipos de relevos, com o predomínio de relevos montanhosos e de morros e serras baixas (Quadro 4.9).

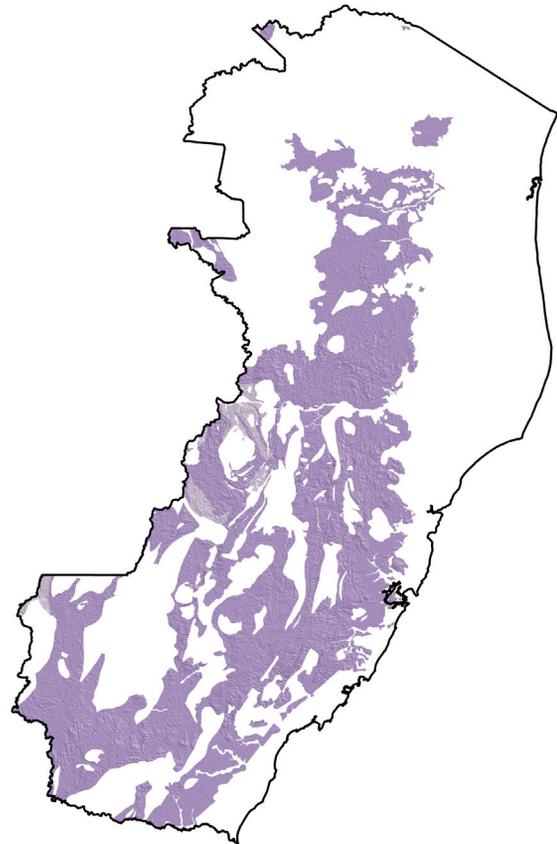


Figura 4.80 - Áreas de ocorrência dos complexos gnaissomigmatíticos e granulitos no estado do Espírito Santo (elaborado pelos autores, 2010).

Quadro 4.9 - Unidades geológico-ambientais e compartimentos de relevos pertencentes ao domínio dos complexos gnaissomigmatíticos e granulitos (elaborado pelos autores, 2010).

Unidade Geológico-Ambiental	Compartimento de Relevo
17- (DCGMGLgnp) Predomínio de gnaisses paraderivados (podem conter porções migmatíticas).	a- Colinas amplas e suaves b- Colinas dissecadas e de morros baixos c- Morros e serras baixas d- Montanhoso
18- (DCGMGLgno) Predomínio de gnaisses ortoderivados (podem conter porções migmatíticas).	a- Colinas dissecadas e de morros baixos b- Morros e serras baixas c- Montanhoso

Adequabilidades e Limitações

Frente às obras de engenharia

- As rochas desse domínio exibem como principal característica a heterogeneidade geomecânica e hidráulica, tanto lateral como vertical, devido às descontinuidades estruturais presentes, fraturas, falhas, dobras e bandamentos originadas por tectonismo rúptil e ductil (Figura 4.81) e à diversificação mineralógica e textural intrínseca. Esses aspectos condicionam a existência, lado a lado, de rochas e solos residuais com os mais variados comportamentos geomecânicos e hidráulicos.

- As unidades geoambientais DGMGLgnp e DCG-MGLgno apresentam elevada resistência ao corte e à penetração e muito alta capacidade de suporte. A elevada resistência ao corte e a penetração implica na necessidade do uso de explosivos para execução de desmonte de maciço (Figura 4.82), o que oneram a execução de obras. Por outro lado essas litologias são muito adequadas para uso como fundação em função da alta capacidade de suporte.



Figura 4.81 - Tipos de descontinuidades estruturais presentes nas unidades do domínio DCGML: **(a)** dobras - estruturas formadas por tectonismo dúctil (município de Baixo Gaundú); **(b)** veios de quartzo – estruturas originadas por tectonismo rúptil (município de Barra do São Francisco). Fotos: Marceley Machado, 2010.

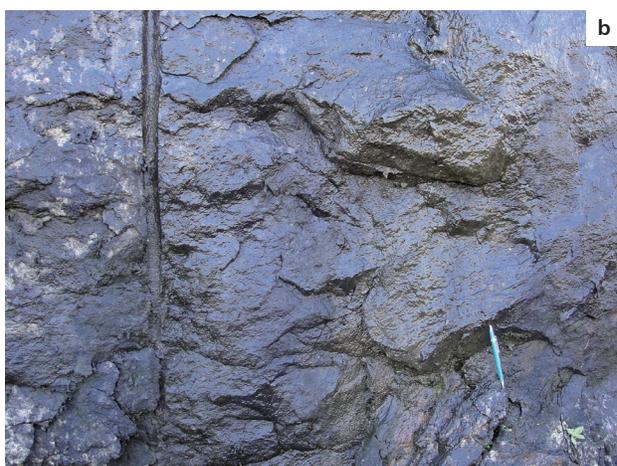


Figura 4.82 - Marcas de meia-cana. Feições indicativas do uso de explosivos para desmonte de maciço rochoso. Afloramentos em corte de estrada nos municípios de Mantenópolis **(a)** e Castelo **(b)**. Fotos: Marceley Machado, 2010.

- O processo de deformação atuante nessas rochas originou muitas descontinuidades estruturais, com direções e ângulos de mergulho variados, o que facilita a ocorrência de quedas de blocos e instabilizações em taludes de corte (Figura 4.83). Esse processo é facilitado quando o maciço se encontra alterado.

- A heterogeneidade geomecânica dessas unidades é refletida na resistência ao intemperismo, a qual é variável também. Tal característica resulta em um processo irregular de alteração, com grande possibilidade de existência de blocos e/ou matacões imersos no solo. Tal alteração dificulta a execução de obras subterrâneas e pode gerar instabilização em taludes de corte e em edificações parcialmente apoiadas sobre estes blocos e/ou matacões.

- Os solos gerados são argilo-siltico-arenosos com profundidades bastante irregulares que variam desde solos pouco profundos a muito espessos.

- Os solos pouco evoluídos apresentam suscetibilidade muito alta a movimentos de massa naturais e a processos erosivos (Figuras 4.84 e 4.85). Desestabilizam-se com facilidade em taludes de corte (Figura 4.86), não sendo



Figura 4.83 - Taludes de corte em rochas muito deformadas: **(a)** afloramento exibindo elevado grau de fraturamento e alto potencial a queda de blocos e deslocamentos (município de Cachoeiro do Itapemirim). **(b)** detalhe de cunha formada pelas discontinuidades estruturais (município de Conceição do Castelo). Fotos: Marcelly Machado, 2010.

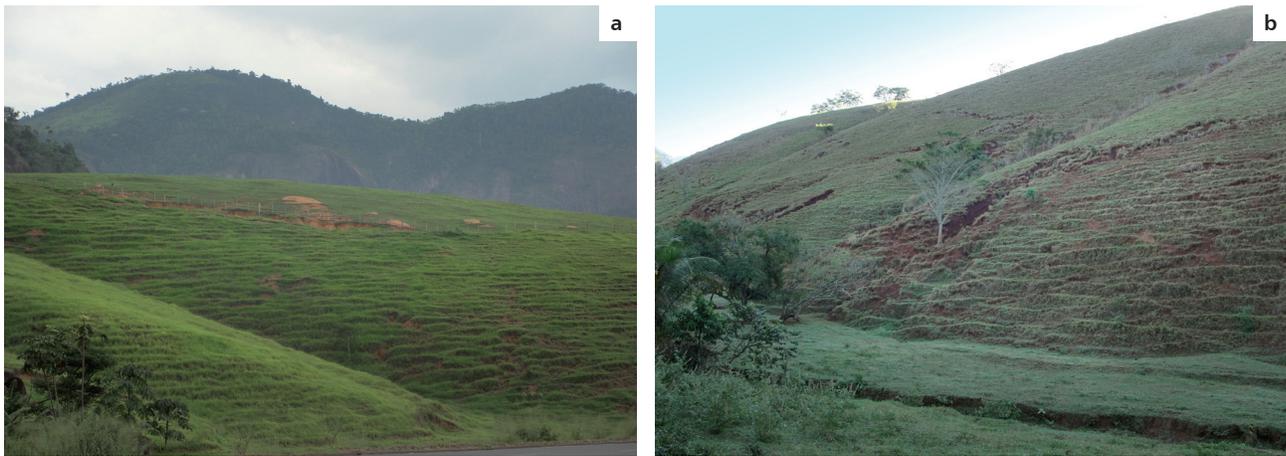


Figura 4.84 - Movimento de massa do tipo rastejo com pontos de deflagração de escorregamentos em áreas rurais dos municípios de Ibirajá **(a)** e Castelo **(b)**. Fotos: Marcelly Machado, 2010.

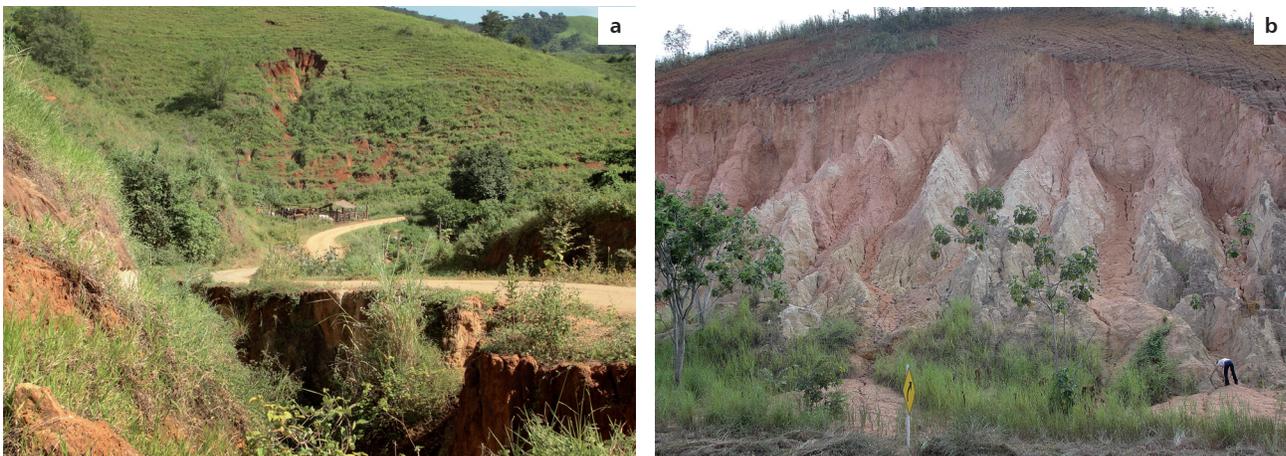


Figura 4.85 - Processo erosivo instalado em manto de alteração pouco evoluído: **(a)** voçoroca ao longo da estrada e estrutura em anfiteatro com ravinamentos em encosta natural (município de Muqui); **(b)** processo de erosão acelerada por ravinamento (município de João Neiva). Fotos: Marcelly Machado, 2010.



Figura 4.86 - Escorregamentos em taludes de corte de estradas: **(a)** muro de gabião: medida estrutural para contenção do escorregamento planar de grande dimensão (município de Castelo); **(b)** escorregamentos planares em talude de corte executado em manto de alteração pouco evoluído e sem tratamento estrutural (município de Afonso Claudio). Fotos: Marceley Machado, 2010.

recomendável utilizá-los como material de empréstimo. Quando continuamente mecanizados por maquinário pesado compactam-se excessivamente o que acarreta impermeabilização e aumento do processo de erosão hídrica.

- Os solos evoluídos apresentam boa capacidade de compactação, permeabilidade baixa a moderada, erodibilidade baixa e plasticidade moderada. Apresentam bom potencial para utilização como material de empréstimo e baixa suscetibilidade a movimentos de massa e processos erosivos. Quando expostos em taludes de corte, apresentam boa estabilidade natural (Figura 4.87)

Frente a agricultura

- Estas rochas originam solos argilo-siltico-arenosos, com alta participação de argila – bastante porosos. Independentemente da evolução pedogenética, apresentam

boa capacidade de reter e fixar nutrientes e assimilar matéria orgânica, ou seja, respondem muito bem ao processo de adubação. Em regiões de relevo favorável ao uso de maquinário motorizado – planícies, colinas e morros baixos – o potencial agrícola é elevado. Nessas áreas são cultivadas hortaliças e grãos, além do plantio de eucalipto e pastagem (Figura 4.88).

- São muito porosos e de boa capacidade hídrica, função da sua elevada porosidade. Não necessitam de irrigação freqüente pois mantêm boa disponibilidade de água para as plantas por um longo tempo nos períodos secos.

- Apresentam boa fertilidade natural. São ricos em cálcio e magnésio, devido à composição ferromagnesiana das rochas que os originam. Na unidade DCGMGLgno há maior possibilidade de ocorrência de manchas de solo com muito boa fertilidade natural.

- Os solos gerados, quando pouco evoluídos e continuamente mecanizados por maquinário agrícola pesado



Figura 4.87 - Taludes de corte em manto de alteração bem evoluído com boa estabilidade natural. Afloramentos em estradas dos municípios de Itaguaçu **(a)** e Rio Bananal **(b)**. Fotos: Marceley Machado, 2010.

e/ou pelo pastoreio intensivo, tornam-se compactos, impermeáveis e consequentemente erosivos. Desta forma, faz-se necessário um manejo adequado para o bom desenvolvimento das atividades agrícolas.

- Os solos com pedogênese bem desenvolvida apresentam erodibilidade e permeabilidade baixas a

moderadas, o que caracteriza bom potencial para uso agrícola.

- Nas áreas de relevo mais acidentados – montanhoso e de morros e serras baixas – a principal atividade agrícola desenvolvida é o cultivo de café (Figura 4.89), espécie que se adapta bem a regiões de altitudes elevadas.

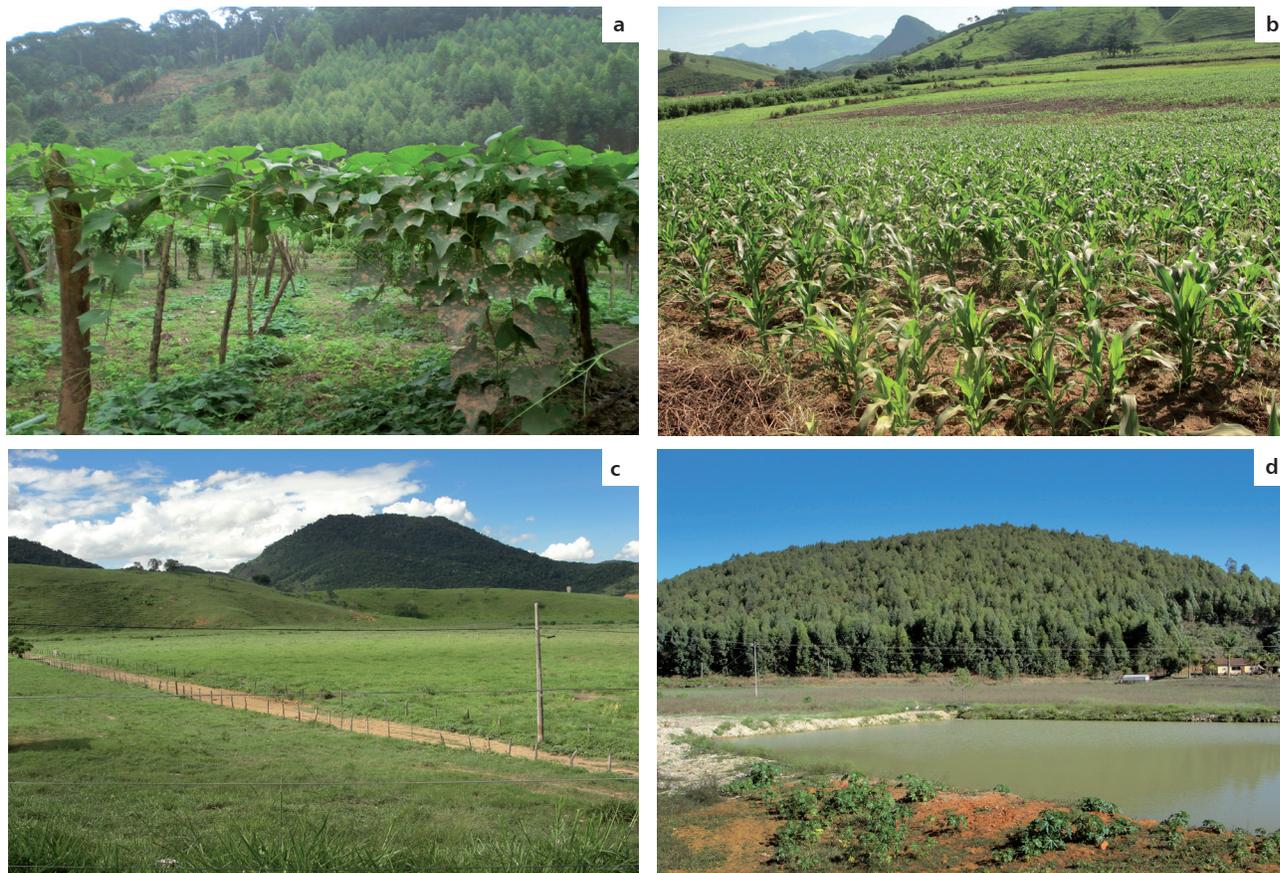


Figura 4.88 - Áreas com relevo propício ao bom desenvolvimento de atividades agrícolas, pecuária e reflorestamento: **(a)** cultivo de hortaliças – chuchu (município de Santa Maria de Jtibá); **(b)** cultivo de grãos – milho (município de Jerônimo Monteiro); **(c)** plantio de pastagem (município de Viana); **(d)** plantio de eucalipto (município de Santa Maria do Jetibá). Fotos: Marceley Machado, 2010.

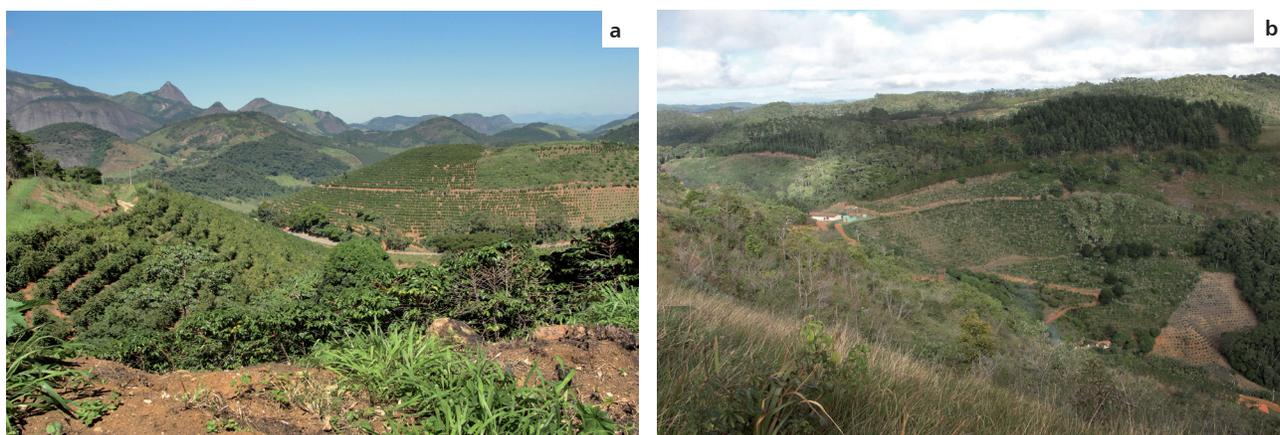


Figura 4.89 - Áreas de relevo acidentado, onde predomina o cultivo de café. Regiões serranas de Castelo **(a)** e Santa Teresa **(b)**. Fotos: Marceley Machado, 2010.

Frente aos recursos hídricos e fontes poluidoras

- Domínio com rochas muito tectonizadas e portadoras de muitas falhas e fraturas, que condicionam ambiência geológica favorável à existência de estruturas que funcionam como importantes armadilhas hidrogeológicas - aquíferos do tipo fissural. O potencial de exploração desses aquíferos varia de local para local, pois este é função da existência, da distribuição, da interconectividade das estruturas e das condições climáticas locais.

- O manto de alteração (saprólito) gerado por essas rochas apresenta boas características hidrodinâmicas, este quando espesso e em regiões de condições climáticas favoráveis, podem constituir excelentes aquíferos superficiais. Porém, em solos muito evoluídos apresentam permeabilidade que varia de baixa a moderada o que dificulta a recarga das águas subterrâneas.

- A baixa permeabilidade do manto de alteração muito evoluído atua como fator positivo na vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos subterrâneos, já que aumenta a capacidade de reter, fixar e eliminar poluentes.

- O risco de contaminação das águas subterrâneas ocorre quando há rochas aflorantes muito tectonizadas com falhas e fraturas abertas e onde esses litotipos apresentam solos rasos e/ou pouco evoluídos. O potencial de contaminação nestes casos é alto.

Frente ao potencial mineral

- Esse domínio apresenta ambiência geológica favorável à existência de litotipos com bom potencial para uso como rocha ornamental, brita e pedra de cantaria (Figura 4.90).

- Na unidade DCGMGLgnp há maior potencial para existência de rochas carbonáticas, das quais podem-se lavar mármore e calários (Figura 4.91).



Figura 4.90 - Atividades minerárias em rochas gnáissicas: **(a)** exploração de blocos para fins de uso como rocha ornamental (município de Nova Venécia); **(b)** beneficiamento de gnaisses para uso como brita (município de João Neiva).
Fotos: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.91 - Blocos de mármore usados para fins de rocha ornamental (município de Cachoeiro do Itapemirim).
Foto: Marceley Machado, 2010.

Frente ao potencial turístico

- O relevo predominantemente montanhoso, sustentado pelas rochas desse domínio gera paisagens de grande beleza cênica (Figura 4.92) e favoráveis a prática de esportes radicais, como o voo livre, além de belas corredeiras e

cachoeiras. Merece destaque a Cachoeira da Fumaça, no Parque Estadual de mesmo nome (Figura 4.93).

- Na unidade DCGMGLnp a existência de rochas carbonáticas condiciona formação de grutas e cavernas, como a Gruta do Limoeiro, no município de Castelo (Figura 4.94) e as grutas Morro do Sal e Pansini no município de Vargem Alta.



Figura 4.92 - Paisagem de grande beleza cênica propícia ao turismo rural e praticas de esportes radicais: **(a)** vista panorâmica da Fazenda Apeninos; **(b)** vista da rampa de vôo livre da fazenda. Município de Castelo. Fotos: Marceley Machado, 2010



Figura 4.93 - Parque Estadual Cachoeira da Fumaça: **(a)** vista da entrada do parque; **(b)** detalhe da cachoeira de mesmo nome. Município de Alegre. Fotos: Marceley Machado, 2010.



Figura 4.94 - Gruta do Limoeiro: **(a)** vista exterior da gruta; **(b)** detalhe das cavidades pelas as quais se tem acesso a gruta. Município de Castelo.
Fotos: Marceley Machado, 2010.

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, siltosos e cascalhos semiconsolidados. Ex.: Formação Pariqueira-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/OU 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-argilosas. 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/OU 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 Uruçuia.	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 MESOZOICAS (CRETÁCEAS), POUCO A MODERADAMENTE CONSOLIDADAS Ex.: Grupo Bauru (formações Vale do Rio do Peixe, Marília, Rio Paraná, São José do Rio Preto) e Grupo Caiuá (formações Santo Anastácio e Goio-Erê).	DSMC	Predomínio de sedimentos quartzarenosos finos, com cimentação carbonática e intercalações subordinadas siltico-argilosas (ambientes deposicionais: eólico e/ou eólico/fluvial). Ex.: Formações Goio-Erê, Araçatuba, Presidente Prudente.	DSMCef
		Predomínio de sedimentos quartzarenosos finos (ambiente deposicional eólico). Ex.: Formações Vale do Rio do Peixe, Rio Paraná e São José do Rio Preto.	DSMce
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 caulíníticos. Ex.: Fm. Alter do Chão.	DSVMPac
		Intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos. Ex: Formação Itararé.	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

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES E VULCANOSSEDIMENTARES MESOZOICAS E PALEOZOICAS, POUCA 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 siltico-argilosos e calcários com intercalações arenosas subordinadas.	DSVMPsaca
		Intercalações irregulares de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e calcários.	DSVMPasac
		Intercalações irregulares de sedimentos arenosos e siltico-argilosos com finas camadas de evaporitos e calcários.	DSVMPasaec
		Predomínio de rochas calcárias intercaladas com finas camadas siltico-argilosas.	DSVMPcsa
		Arenitos, conglomerados, tilitos e folhelhos. Ex.: Grupo Curuá.	DSVMPactf
		Arenitos, conglomerados, siltitos, folhelhos e calcário. Ex.: Grupo Alto Tapajós.	DSVMPacsfc
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos intercalados de folhelhos betuminosos e calcários. Ex.: Formação Irati.	DSVMPsabc
		Predomínio de arenitos e intercalações de pelitos. Ex.: Formação Utiriti.	DSVMPap
DOMÍNIO DO VULCANISMO FISSURAL DO TIPO PLATÔ Ex.: Basaltos das bacias do Paraná e Maranhão, Diques Básicos; Basalto Penetecaua, Kumdku do Mesozoico; Formação Seringa, de idade mesoproterozoica.	DVM	Predomínio de rochas básicas intrusivas.	DVMgd
		Predomínio de rochas básicas extrusivas (basaltos).	DVMb
		Predomínio de basalto com <i>intertraps</i> subordinados de arenito.	DVMba
		Predomínio de rochas ácidas (riolitos e/ou riodacitos).	DVMrrd
		Predomínio de rochas intermediárias (dacitos, andesitos e/ou basaltos andesíticos).	DVMdaba
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS ALCALINOS INTRUSIVOS E EXTRUSIVOS, DIFERENCIADOS DO PALEÓGENO, MESOZOICO E PROTEROZOICO. Ex.: Alcalinas do Lineamento de Cabo Frio, Lajes.	DCA	Indeterminado.	DCAin

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS ALCALINOS INTRUSIVOS E EXTRUSIVOS, DIFERENCIADOS DO PALEÓGENO, MESOZOICO E PROTEROZOICO. Ex.: Alcalinas do Lineamento de Cabo Frio, Lajes.	DCA	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
		Gabro, anortosito, carbonatito, dique de lamprófito.	DCAganc
		Série alcalina saturada e/ou subsaturada, com rochas básicas e/ou ultrabásicas associadas.	DCAalcubu
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES E VULCANOSSEDIMENTARES DO EOPALEOZOICO, ASSOCIADAS A RIFTS, 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 SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS DO TIPO MOLASSA, NÃO OU POUCO DEFORMADAS E METAMORFIZADAS Ex.: Formação Camarinha	DSPM	Predomínio de metaconglomerados intercalados de metarenitos arcoseanos, metarcóseos e metassiltitos.	DSPMcgas
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	Indiferenciado	DSP1in
		Predomínio de sedimentos arenosos e conglomeráticos, com intercalações subordinadas de sedimentos síltico-argilosos.	DSP1acgsa
		Intercalações irregulares de sedimentos arenosos, síltico-argilosos e formações ferríferas e manganésíferas.	DSP1asafmg
		Predomínio de sedimentos síltico-argilosos, com intercalações subordinadas de arenitos e metarenito feldspático.	DSP1saagr
		Rochas calcárias com intercalações subordinadas de sedimentos síltico-argilosos e arenosos.	DSP1csaa

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS COBERTURAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU MUITO POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS. CARACTERIZADAS POR UM EMPILHAMENTO DE CAMADAS HORIZONTALIZADAS E SUB-HORIZONTALIZADAS DE VÁRIAS ESPESURAS, 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	Diamictitos, metarenitos feldspáticos, sedimentos arenosos e siltico-argilosos.	DSP1dgrsa
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações subordinadas de rochas calcárias.	DSP1sac
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos, com intercalações de arenitos. Ex.: Formação Suapi e Supergrupo Roraima.	DSP1saa
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCÂNICAS OU VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS, NÃO OU POUCO DOBRADAS E METAMORFIZADAS Ex.: Formações Uatumã, Uailã, Iriri, Surumu, Iricomé e Cachoeira da Ilha.	DSVP1	Predomínio de vulcanismo ácido a intermediário.	DSVP1va
		Predomínio de vulcanismo básico.	DSVP1vb
		Sequência vulcanossedimentar.	DSVP1vs
		Vulcanismo ácido a intermediário e intercalações de sedimentos arenosos e siltico-argilosos, podendo conter formações ferríferas e/ou manganésíferas.	DSVP1vaa
		Predomínio de ortoconglomerados.	DSVP1ocg
		Predomínio de sedimentos arenosos e conglomerados, com intercalações de sedimentos siltico-argilosos. Ex.: Bacias de Campo Alegre e de Itajaí; Orógeno Pelotas.	DSVP1sacg
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS, METAMORFIZADAS DE BAIXO A ALTO GRAU	DSP2	Metarenitos, quartzitos e metaconglomerados.	DSP2mqmtc
		Predomínio de metarenitos e quartzitos, com intercalações irregulares de metassedimentos siltico-argilosos e formações ferríferas ou manganésíferas.	DSP2mqsafmg
		Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos e siltico-argilosos.	DSP2msa
		Predomínio de metassedimentos siltico-argilosos, com intercalações de metarenitos feldspáticos.	DSP2sag
		Predomínio de metassedimentos siltico-argilosos, representados por xistos, com intercalações de metassedimentos arenosos, metacalcários e calssilicáticos.	DSP2mxaccal

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS, METAMORFIZADAS DE BAIXO A ALTO GRAU	DSP2	Predomínio de metassedimentos siltico-argilosos, representados por xistos, com níveis de quartzitos (milinotizados ou não).	DSP2xq
		Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos, metacalcários, calcossilicáticas e xistos calcíferos.	DSP2mcx
		Predomínio de metacalcários, com intercalações subordinadas de metassedimentos siltico-argilosos e arenosos.	DSP2mcsaa
		Predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações subordinadas de arenitos.	DSP2saa
		Predomínio de quartzitos.	DSP2q
		Predomínio de metassedimentos siltico-argilosos, representados por xistos.	DSP2x
		Metagrauvas e metaconglomerados predominantes.	DSP2mgccg
		Metavulcânicas ácidas a intermediárias xistificadas, intercaladas com sedimentos psamíticos e pelíticos.	DSP2mvx
		Predomínio de metadiamictitos e filitos, localmente com lentes de quartzitos.	DSP2mdmf
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES PROTEROZOICAS DOBRADAS METAMORFIZADAS DE BAIXO A ALTO GRAU.	DSVP2	Indiferenciado.	DSVP2in
		Predomínio de quartzitos.	DSVP2q
		Predomínio de metassedimentos siltico-argilosos, representados por xistos.	DSVP2x
		Predomínio de rochas metacalcárias, com intercalações de finas camadas de metassedimentos siltico-argilosos.	DSVP2csa
		Metacherts, metavulcânicas, formações ferríferas e/ou formações manganésíferas, metacalcários, metassedimentos arenosos e siltico-argilosos.	DSVP2vfc

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	Metarenitos feldspáticos, metarenitos, tufos e metavulcânicas básicas a intermediárias.	DSVP2gratv
		Metassedimentos síltico-argilosos e vulcânicas ácidas.	DSVP2mva
		Predomínio de rochas metabásicas e metaultramáficas.	DSVP2bu
		Metacherts, metarenitos, metapelitos, vulcânicas básicas, formações ferríferas e formações manganêsíferas.	DSVP2af
		Metarenitos, metachert, metavulcânicas ácidas a intermediárias, formações ferríferas e/ou manganêsíferas.	DSVP2avf
		Predomínio de vulcânicas ácidas.	DSVP2va
		Predomínio de metapelitos, com intercalações de rochas metabásicas e/ou metaultramáficas.	DSVP2pbu
		Metacherts, metarenitos e/ou metapelitos.	DSVP2cap
		Predomínio de metaconglomerados milonitizados, intercalados com metavulcânicas.	DSVP2mcv
		Metassedimentos pelíticos intercalados com metavulcânicas.	DSVP2msmv
		Metapelitos, metacarbonatos e quartzitos intercalados com metavulcânicas.	DSVP2pcqv
		Metavulcânicas, metacalcários, metacherts, metassedimentos arenosos, calcissilicáticas, xistos e ultramafitos.	DSVP2vscu
Predomínio de metarenitos e quartzitos com intercalações irregulares de metassedimentos síltico-argilosos e formações ferríferas ou manganêsíferas.	DSVP2mqsafmg		
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 metaultrabasitas.	DGBko

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DAS SEQUÊNCIAS VULCANOSSEDIMENTARES TIPO <i>GREENSTONE BELT</i> , ARQUEANO ATÉ O MESOPROTEROZOICO. Ex.: Crixás, Araci, Rio das Velhas, Natividade e Rio Maria.	DGB	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 CORPOS BÁSICOS SOB A FORMA DE SOLEIRAS E DIQUES DE IDADES VARIADAS, NÃO METAMORFIZADOS	DCBSD	Corpos básicos na forma de diques e <i>sills</i> . Ex.: Corpo de Diabásio Avanavero e Taiano.	DCBSDds
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
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

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES NÃO DEFORMADOS.	DCGR1	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 charnoquíticas. Ex.: Piroxênio granitoides etc. Minerais diagnósticos: hiperstênio, diopsídio.	DCGR2ch
		Séries graníticas peralcalinas. Ex.: Granitos alcalinos a riebequita 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
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES INTENSAMENTE DEFORMADOS: ORTOGNAISSES	DCGR3	Associações charnoquíticas. Ex.: Piroxênio granitoides etc. Minerais diagnósticos: hiperstênio, diopsídio.	DCGR3ch
		Séries graníticas peralcalinas. Ex.: Granitos alcalinos a riebequita 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

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GRANITOIDES INTENSAMENTE DEFORMADOS: ORTOGNAISSES	DCGR3	Séries graníticas subalcalinas: calcialcalinas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas. Ex.: Sienogranitos, monzogranitos, granodioritos, tonalitos, dioritos, quartzomonzonitos, monzonitos etc. Alguns minerais diagnósticos: hornblenda, biotita, titanita, epidoto.	DCGR3salc
		Granitoides peraluminosos. Ex.: Sienogranitos, monzogranitos, granodioritos etc. Minerais diagnósticos: muscovita, granada, cordierita, silimanita, monazita, xenotima.	DCGR3pal
		Série Shoshonítica. Ex: Gabrodiorito a quartzomonzonito etc. Minerais diagnósticos: augita, diopsídio e/ou hiperstênio, anfibólio e plagioclásio.	DCGR3sho
		Indeterminado.	DCGR3in
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GNÁISSICO-MIGMATÍTICOS E GRANULÍTICOS.	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
		Predomínio de paragnaisses com elevada incidência de cobertura detrito-laterítica.	DCGMGLdi
		Gnaisses granulíticos ortoderivados. Podem conter porções migmatíticas.	DCGMGLglo
		Granulitos indiferenciados.	DCGMGLgli

DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. DOMÍNIO UNIGEO	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL	CÓD. UNIGEO
DOMÍNIO DOS COMPLEXOS GNÁISSICO-MIGMATÍTIOS E GRANULÍTICOS.	DCGMGL	Predomínio de gnaisses ortoderivados. Podem conter porções migmatíticas.	DCGMGLgno
		Gnaisses indiferenciados.	DCGMGLgni
		Metacarbonatos.	DCGMGLcar
		Anfibolitos.	DCGMGLaf
		Gnaisses, migmatitos e/ou granulitos, com alta incidência de corpos de metamáficas e/ou metaultramáficas.	DCGMGLmu
		Gnaisses, migmatitos e/ou granulitos, associados a rochas metamáficas e/ou metaultramáficas, incluindo formações ferríferas bandadas.	DCGMGLmufb
		Predomínio de quartzito.	DCGMGLqt

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).

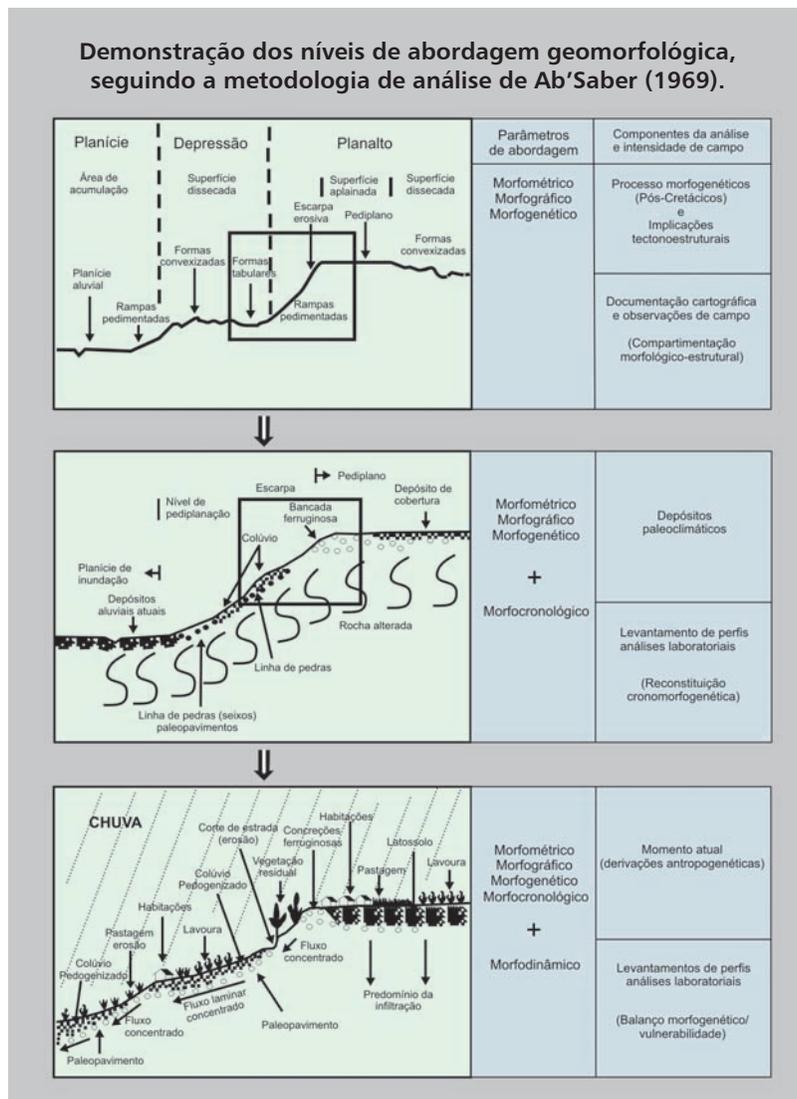
A **compartimentação morfológica dos terrenos** é obtida a partir da avaliação empírica dos diversos conjuntos de formas e padrões de relevo posicionados em diferentes níveis topográficos, por meio de observações de campo e análise de sensores remotos (fotografias aéreas, imagens de satélite e Modelo 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)

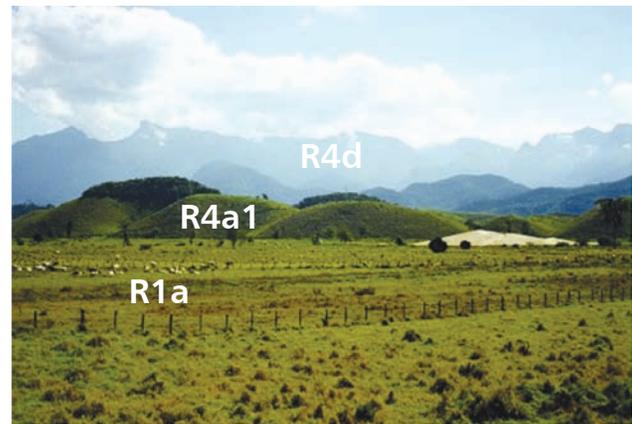
Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

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

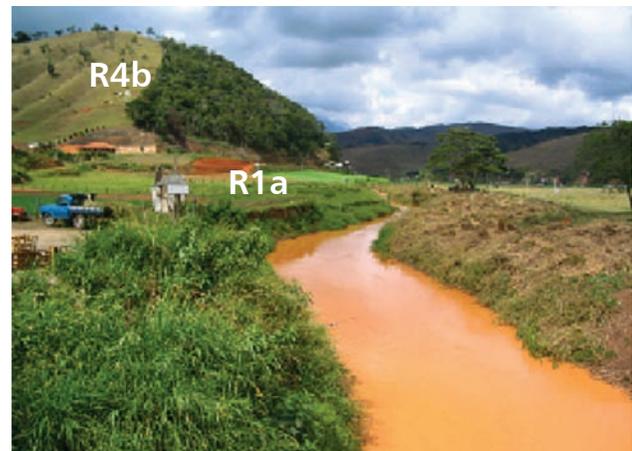
baixos interflúvios, denominados Áreas de Acumulação Inundáveis (Aai), frequentes na Amazônia, estão inseridos nessa unidade.

Amplitude de relevo: zero.

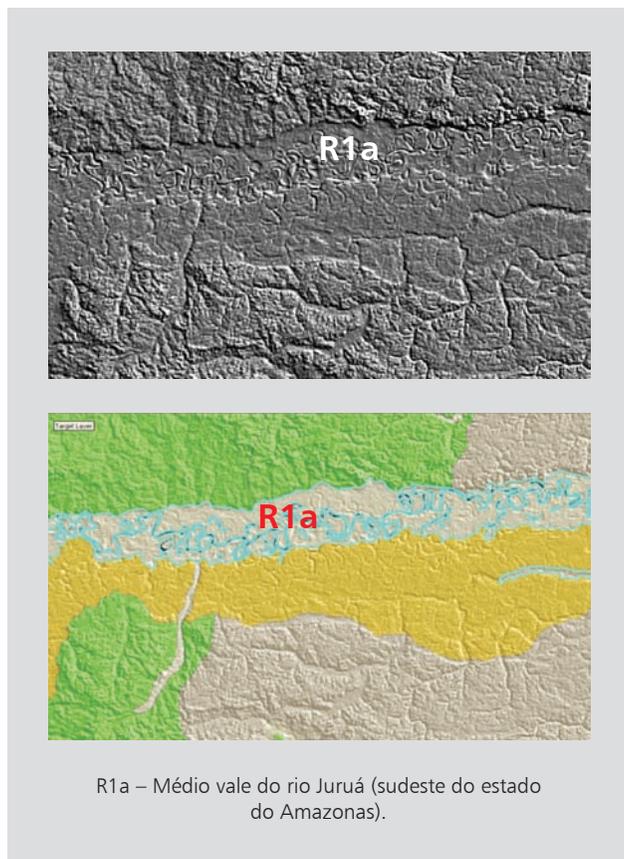
Inclinação das vertentes: 0°-3°.



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.



R1a – Médio vale do rio Juruá (sudeste do estado do Amazonas).

R1b1 – Terraços Fluviais (paleoplanícies de inundação em fundos de vales)

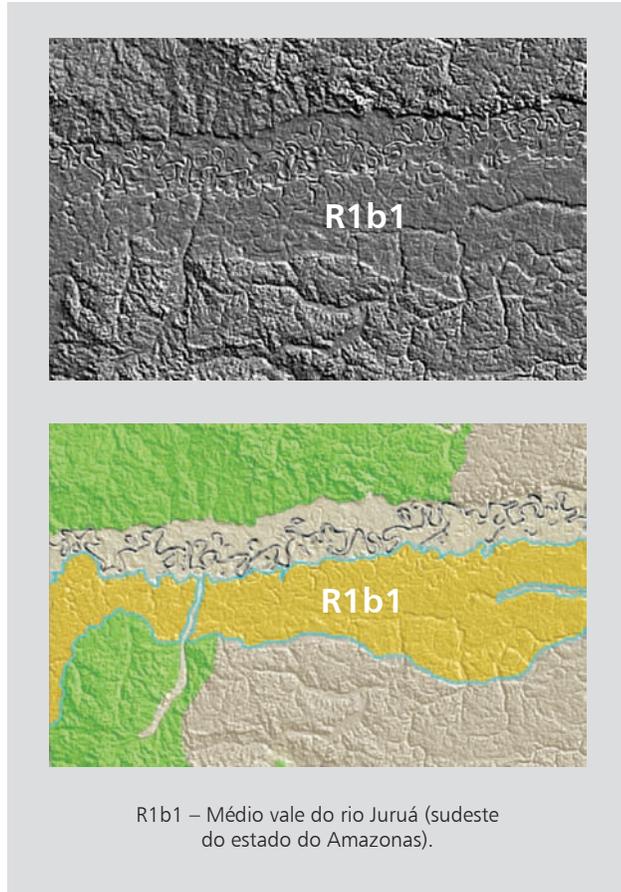
Relevo de agradação. Zona de acumulação subatual.

Superfícies bem drenadas, de relevo plano a levemente ondulado, constituído de depósitos arenosos a argilosos de origem fluvial. Consistem de paleoplanícies de inundação que se encontram em nível mais elevado que o das várzeas atuais e acima do nível das cheias sazonais. Devido à reduzida escala de mapeamento, essa unidade só pôde

ser mapeada em vales de grandes dimensões, em especial, nos rios amazônicos.

Amplitude de relevo: 2 a 20 m.

Inclinação das vertentes: 0°-3° (localmente, ressaltam-se rebordos abruptos no contato com a planície fluvial).



R1b2 – Terraços Lagunares (paleoplanícies de inundação no rebordo de lagunas costeiras)

Relevo de agradação. Zona de acumulação subatual.

Superfícies bem drenadas, de relevo plano a levemente ondulado constituído de depósitos arenosos a argilosos de origem lagunar. Consistem de paleoplanícies de inundação que se encontram em nível mais elevado que o das planícies lagunares ou fluviolagunares atuais e acima do nível das cheias sazonais. Essa unidade encontra-se restrita ao estado do Rio Grande do Sul, mais especificamente na borda continental da Laguna dos Patos.

Amplitude de relevo: 2 a 20 m.

Inclinação das vertentes: 0°-3° (localmente, ressaltam-se rebordos abruptos no contato com a planície lagunar).

R1b3 – Terraços Marinhos (paleoplanícies marinhas à retaguarda dos atuais cordões arenosos)

Relevo de agradação. Zona de acumulação subatual.

Superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenosos, apresentando microrrelevo ondulado, geradas por processos de sedimentação marinha e/ou eólica. Terrenos bem drenados e não inundáveis.

Amplitude de relevo: até 20 m.

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

R1c – Vertentes recobertas por depósitos de encosta (leques aluviais, rampas de colúvio e de tálus)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

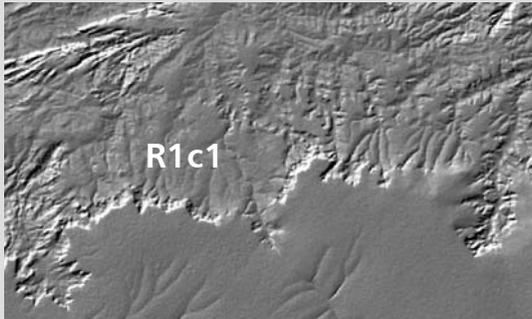
Os cones de tálus consistem de superfícies deposicionais fortemente inclinadas, constituídas por depósitos de encosta, de matriz arenoargilosa a argiloarenosa, rica em blocos, muito malseleccionados. Ocorrem, de forma disseminada, nos sopés das vertentes íngremes de terrenos montanhosos. Apresentam baixa capacidade de suporte.

As rampas de colúvio consistem de superfícies deposicionais inclinadas, constituídas por depósitos de encosta arenoargilosos a argiloarenosos, malseleccionados, em interdigitação com depósitos praticamente planos das planícies aluviais. Ocorrem, de forma disseminada, nas baixas encostas de ambientes colinosos ou de morros.

Amplitude de relevo: variável, dependendo da extensão do depósito na encosta.

Inclinação das vertentes: 5°-20° (associados às rampas de colúvio).

Inclinação das vertentes: 20°-45° (associados aos cones de tálus).



R1c – Planície borda norte da Chapada do Araripe (Ceará).

R1c2 – Leques Aluviais

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual ou subatual.

Os leques aluviais consistem de superfícies deposicionais inclinadas, constituídas por depósitos aluvionares de enxurrada, espreados em forma de leque em uma morfologia ligeiramente convexa em planta. São depósitos malselecionados, variando entre areia fina e seixos subangulosos a subarredondados, gerados no sopé de escarpas montanhosas ou cordilheiras. Em sua porção proximal, os leques aluviais caracterizam-se por superfícies fortemente inclinadas e dissecadas por canais efêmeros que drenam a cordilheira. Em sua porção distal, os leques aluviais caracterizam-se por superfícies muito suavemente inclinadas, com deposição de sedimentos finos, em processo de coalescência com as planícies aluviais ou fluviolacustres, reproduzindo um ambiente *playa-bajada* de clima árido.

Amplitude de relevo: 2 a 10 m.

Inclinação das vertentes: 0°-3° (exceto nas porções proximais dos leques).

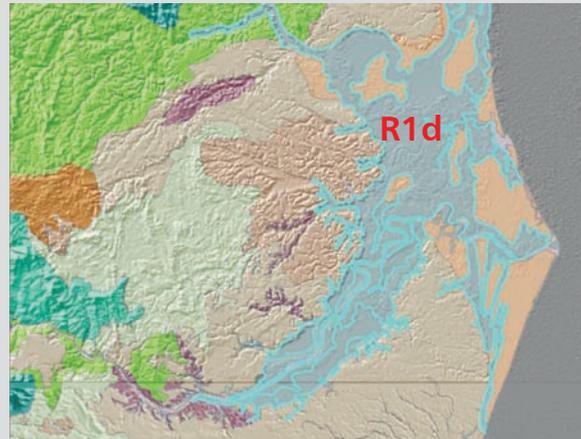
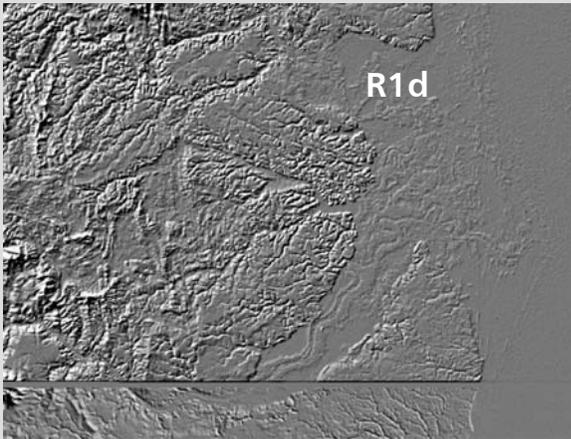
R1d – Planícies Fluviomarinhas (mangues e brejos)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies planas, de interface com os sistemas deposicionais continentais e marinhos, constituídas de depósitos argiloarenosos a argilosos. Terrenos muito maldrenados, prolongadamente inundáveis, com padrão de canais bastante meandantes e divagantes, sob influência de refluxo



R1c – Rampas de colúvio que se espriam a partir da borda oeste do platô sinclinal (Moeda – Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais).



R1d – Delta do rio Jequitinhonha (Bahia).



R1d – Ampla superfície embrejada de uma planície lagunar costeira (litoral norte do estado da Bahia, município de Conde).



R1d – Planície fluvio-marinha do baixo curso do rio Cunhaú, originalmente ocupado por mangues e atualmente desfigurado para implantação de tanques de carcinocultura (litoral sul-oriental do estado do Rio Grande do Norte).

de marés; ou resultantes da colmatação de paleolagunas. Baixa capacidade de suporte dos terrenos.

Amplitude de relevo: zero.

Inclinação das vertentes: plano (0°).

R1e – Planícies Costeiras (terraços marinhos e cordões arenosos)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual.

Superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenosos, apresentando microrrelevo ondulado, geradas por processos de sedimentação marinha e/ou eólica. Terrenos bem drenados e não inundáveis.

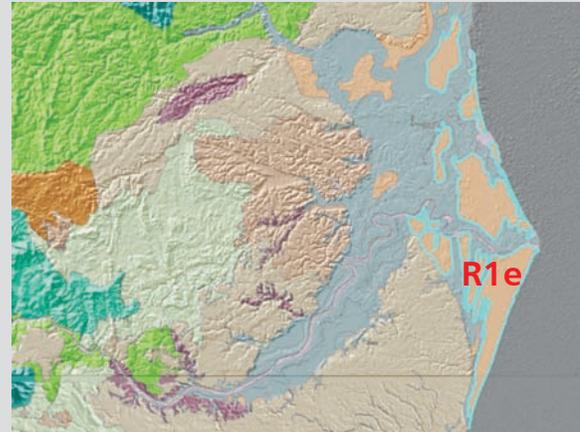
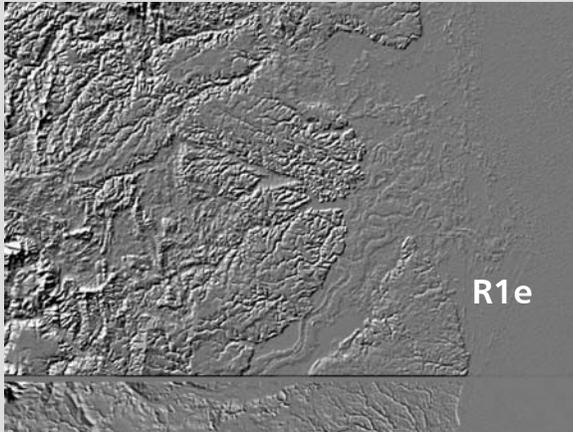
Amplitude de relevo: até 20 m.

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

R1f1 – Campos de Dunas (dunas fixas; dunas móveis)

Relevo de agradação. Zona de acumulação atual ou subatual.

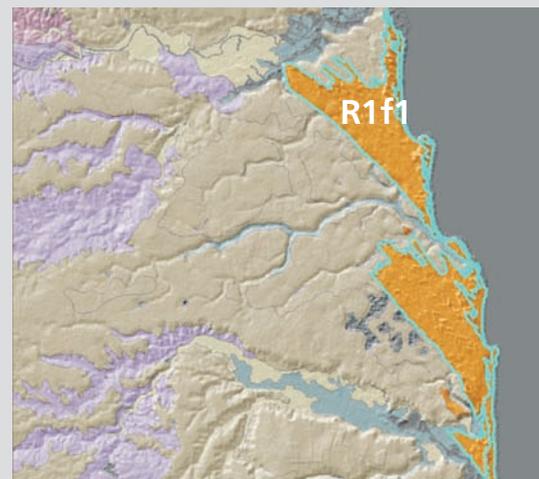
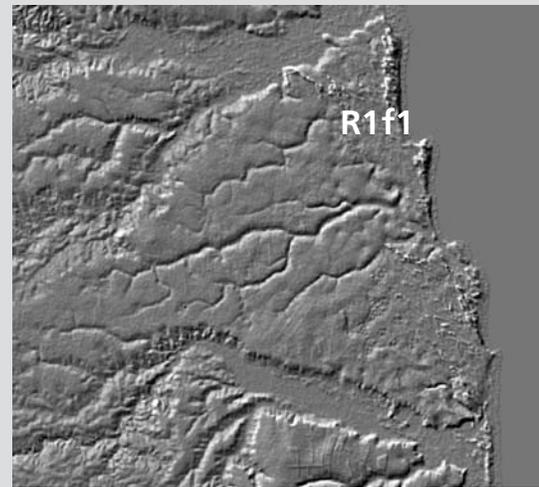
Superfícies de relevo ondulado constituído de depósitos arenoquartzosos, bem selecionados, depositados por ação eólica longitudinalmente à linha de costa. Por vezes, encontram-se desprovidos de vegetação e apresentam expressiva mobilidade (dunas móveis); ora encontram-se recobertos por vegetação pioneira (dunas fixas).



R1e – Planície do delta do rio Jequitinhonha (Bahia).



R1e – Sucessão de feixes de cordões arenosos em linha de costa progradante (Parque Nacional de Jurubatiba – Macaé, Rio de Janeiro).



R1f1 – Litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte.



R1e – Planície costeira com empilhamento de cordões arenosos e depósitos fluviolagunares (litoral norte do estado da Bahia).



R1f1 – Campos de dunas junto à linha de costa, sobrepondo falésias do grupo Barreiras (município de Baía Formosa, litoral sul do estado do Rio Grande do Norte).

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 ARENITO 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



R1f1 – Campo de dunas transversais na restinga de Massambaba (Arraial do Cabo, Rio de Janeiro).

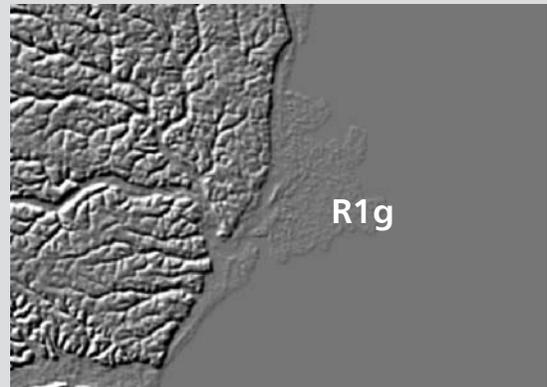
Amplitude de relevo: até 40 m.

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-



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°).

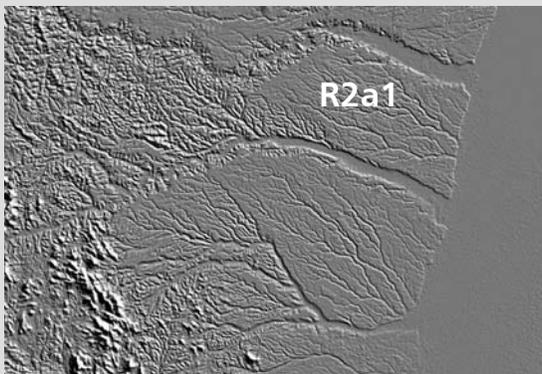
II – DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS SEDIMENTARES POUCO LITIFICADAS

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.

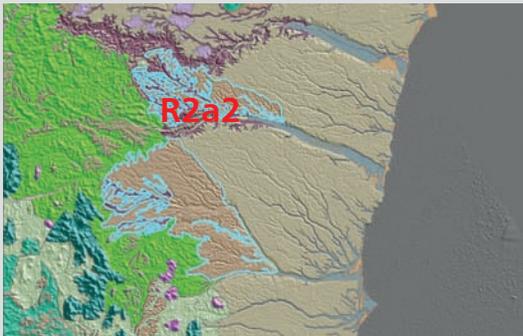
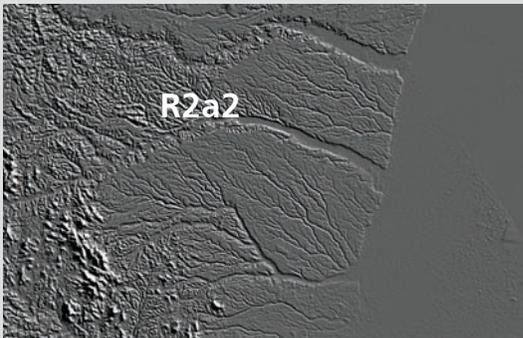
Formas de relevo tabulares, dissecadas por uma rede de canais com alta densidade de drenagem, apresentando relevo movimentado de colinas com topos tabulares ou alongados e vertentes retilíneas e declivosas nos vales encaixados, resultantes da dissecação fluvial recente.

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 acen-tuadas: 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).

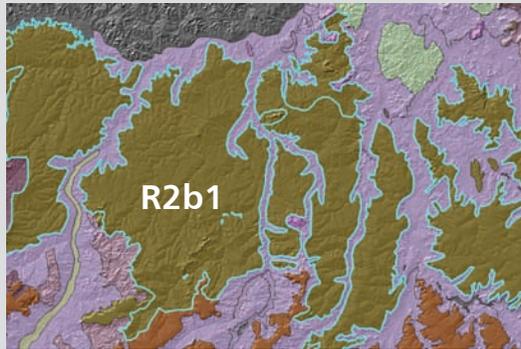
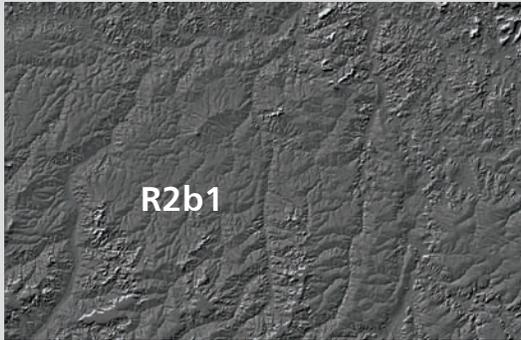
Amplitude de relevo: 0 a 20 m.

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).

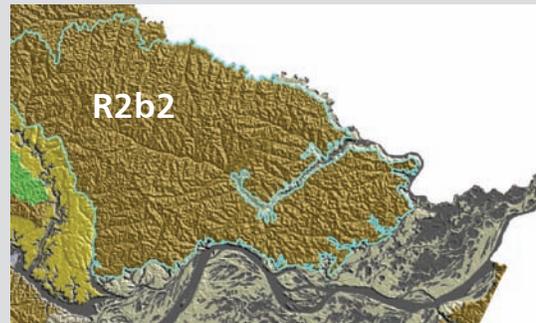
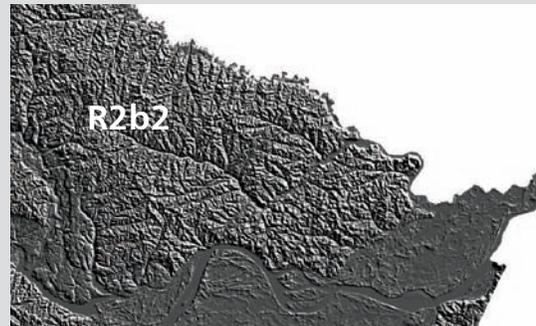
declivosas nos vales encaixados, resultantes da dissecação fluvial recente. Deposição de planícies aluviais restritas em vales fechados.

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

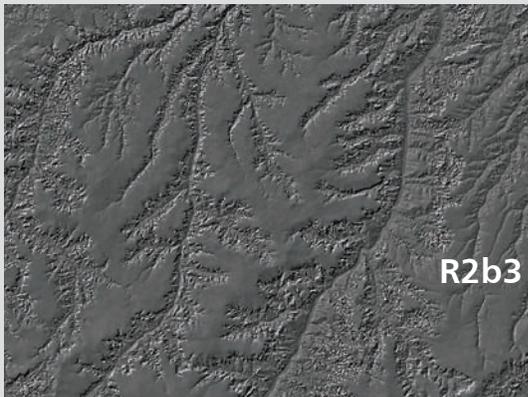
Relevo de degradação predominantemente em rochas sedimentares, mas também sobre rochas cristalinas.

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.

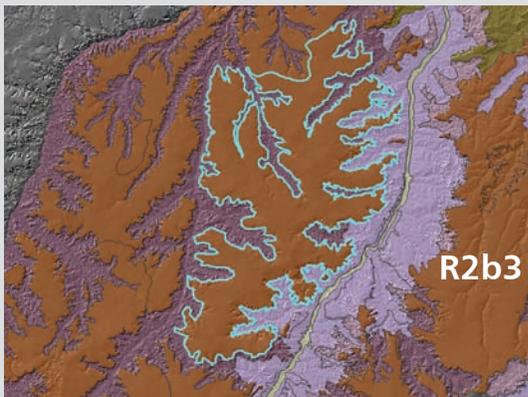
Predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização. Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

Amplitude de relevo: 20 a 50 m.

Inclinação das vertentes: topo plano a suavemente ondulado: 2°-5°, excetuando-se os eixos dos vales fluviais.

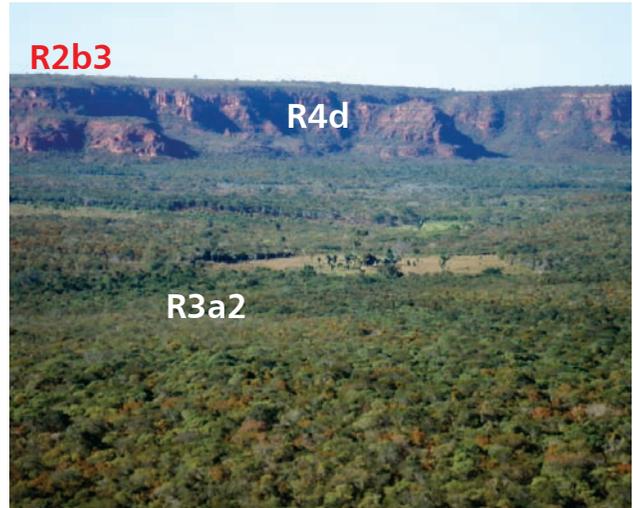


R2b3

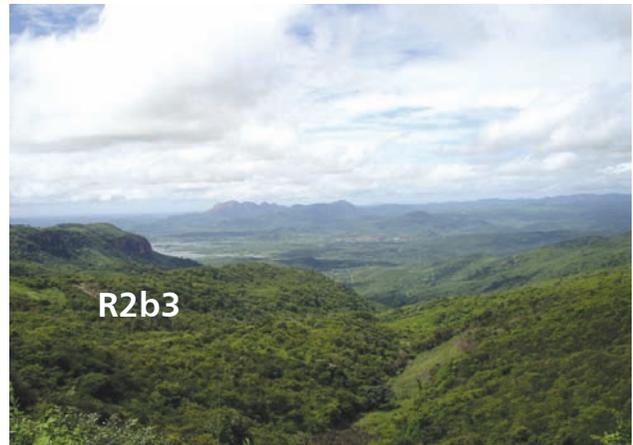


R2b3

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

R2b3 – Topo do planalto da serra dos Martins, sustentado por cornijas de arenitos ferruginosos da formação homônima (sudoeste do estado do Rio Grande do Norte).

R2c – Chapadas e Platôs

Relevo de degradação em rochas sedimentares.

Superfícies tabulares alçadas, ou relevos soerguidos, planos ou aplainados, não ou incipientemente pouco dissecados. Os rebordos dessas superfícies, posicionados em cotas elevadas, são delimitados, em geral, por vertentes íngremes a escarpadas. Representam algumas das principais ocorrências das superfícies cimeiras do território brasileiro.

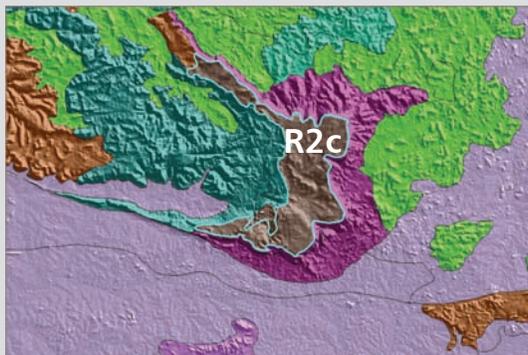
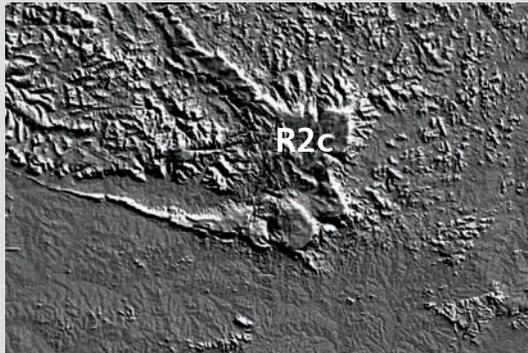
Franco predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão).

Processos de morfogênese significativos nos rebordos das escarpas erosivas, via recuo lateral das vertentes. Freqüente atuação de processos de laterização. Ocorrências

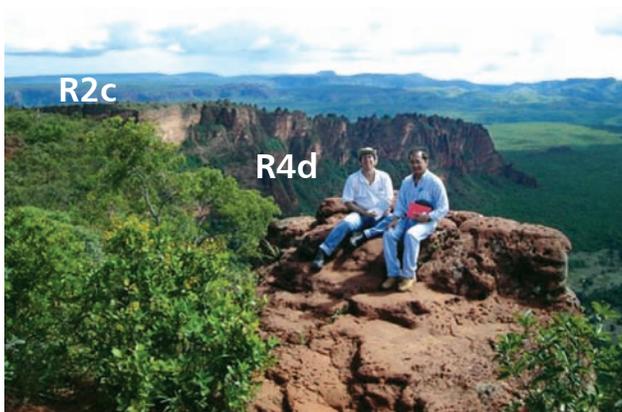
esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

Amplitude de relevo: 0 a 20 m.

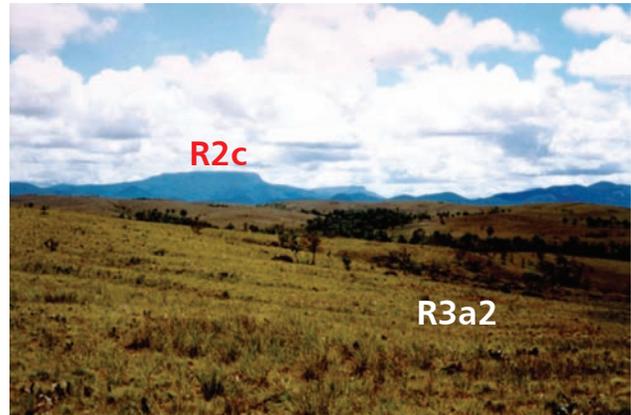
Inclinação das vertentes: topo plano, excetuando-se os eixos dos vales fluviais.



R2c – Borda Leste da Chapada dos Pacaás Novos (região central do estado de Rondônia).



R2c – Topo da Chapada dos Guimarães e relevo ruiforme junto a seu escarpamento.



R2c – “Tepuy” isolado da “serra” do Tepequém, uma forma em chapada sustentada por arenitos conglomeráticos do supergrupo Roraima.

IV – DOMÍNIO DOS RELEVOS DE APLAINAMENTO

R3a1 – Superfícies Aplainadas Conservadas

Relevo de aplainamento.

Superfícies planas a levemente onduladas, promovidas pelo arrasamento geral dos terrenos, representando, em linhas gerais, grandes extensões das depressões interplânálticas do território brasileiro.

Amplitude de relevo: 0 a 10 m.

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

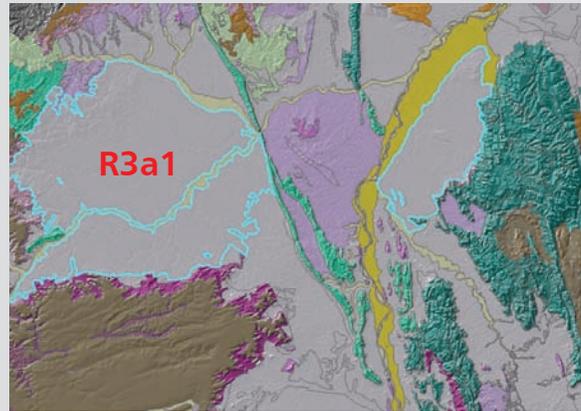
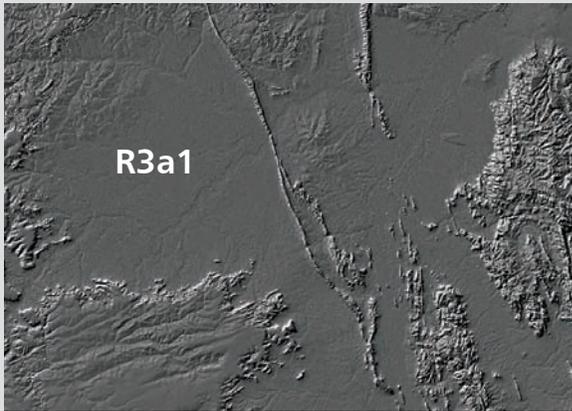
No bioma da floresta amazônica: franco predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa suscetibilidade à erosão). Eventual atuação de processos de laterização.

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).

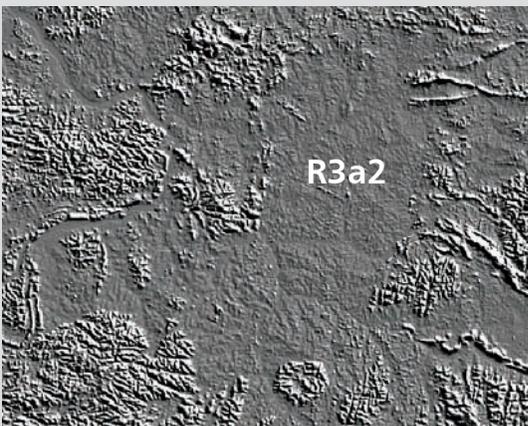
Amplitude de relevo: 10 a 30 m.

Inclinação das vertentes: 0°-5°.

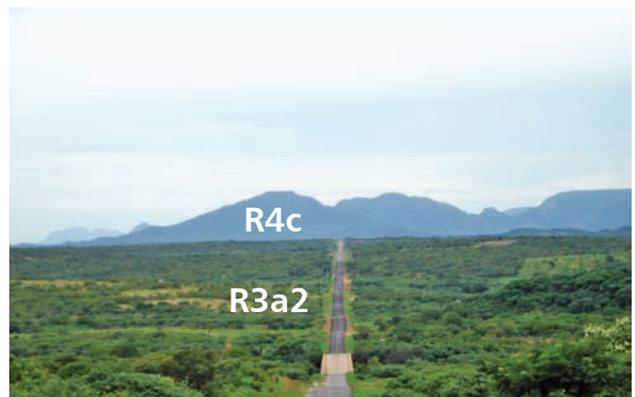


R3a1 – Extensa superfície aplainada, delimitada por esparsas cristas de quartzitos (Canudos, norte do estado da Bahia).

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°).



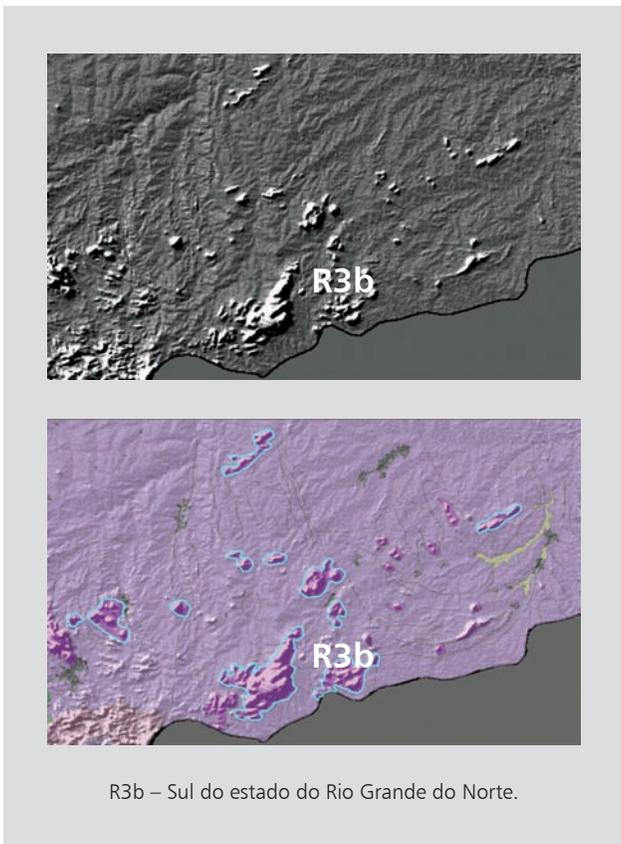
R3b – Neck vulcânico do pico do Cabugi (estado do Rio Grande do Norte).

V – DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS CRISTALINAS OU SEDIMENTARES

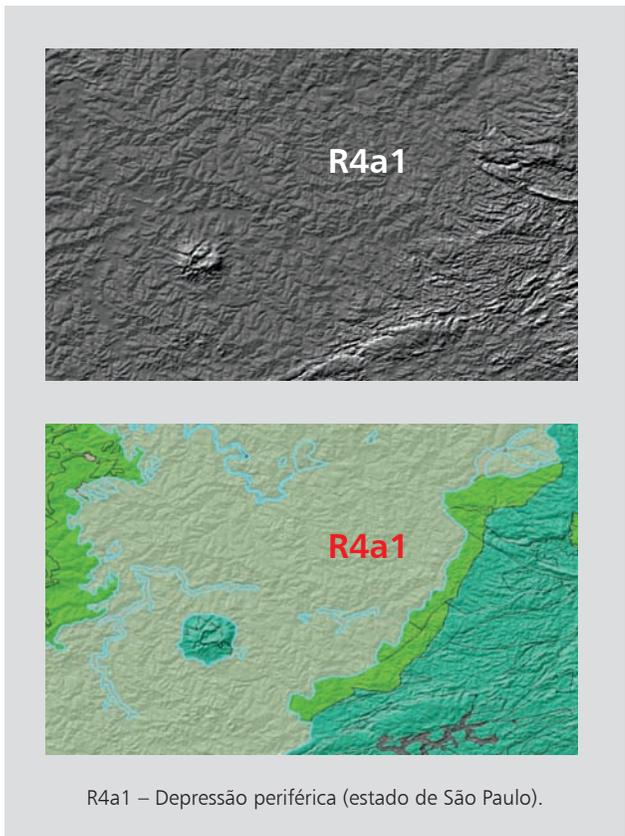
R4a1 – Domínio de Colinas Amplas e Suaves

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.

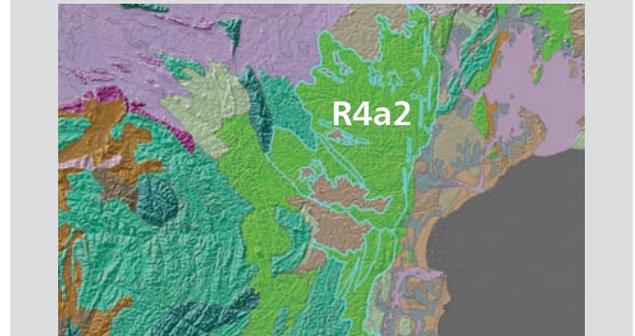
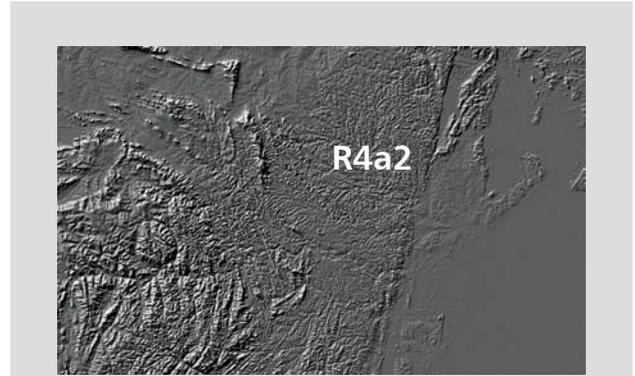
Amplitude de relevo: 20 a 50 m.

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.

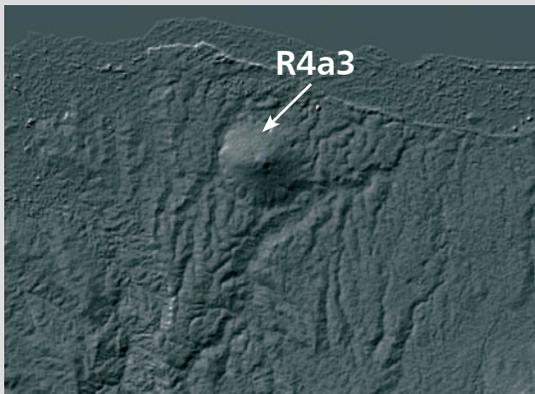
Amplitude de relevo: 30 a 80 m.

Inclinação das vertentes: 5°-20°.

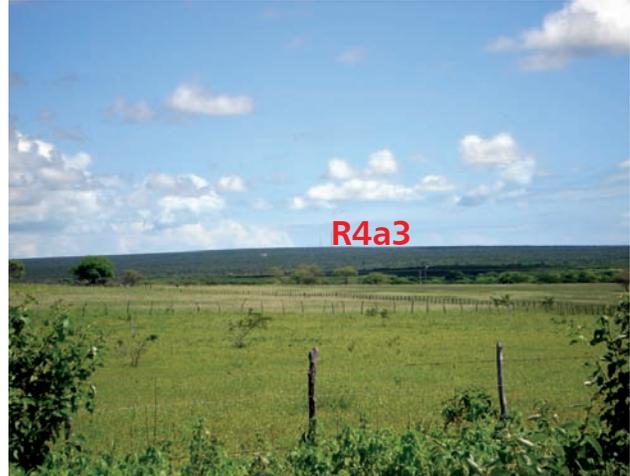
R4a3 – Domos em estrutura elevada

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

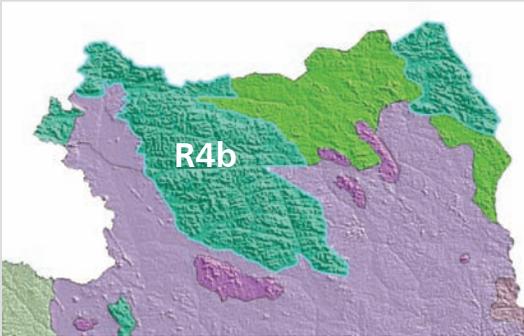
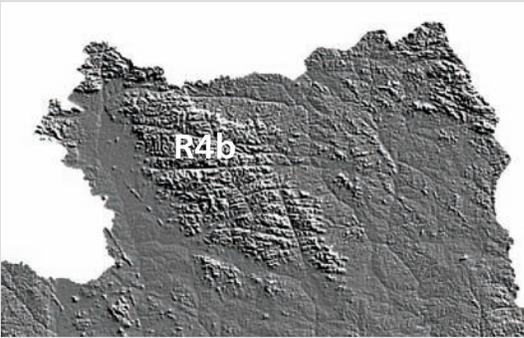
Relevo de degradação em qualquer litologia.

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.

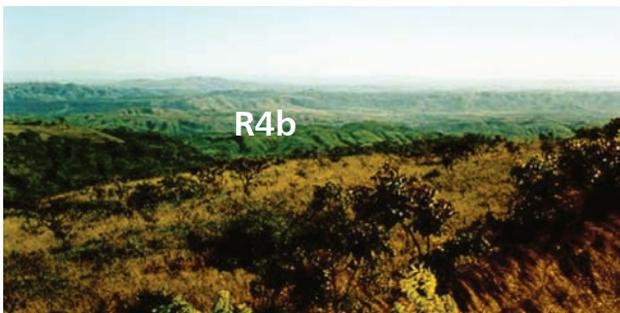
Inclinação das vertentes: 15°-35°.



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 *cuestas* e *hogback*)

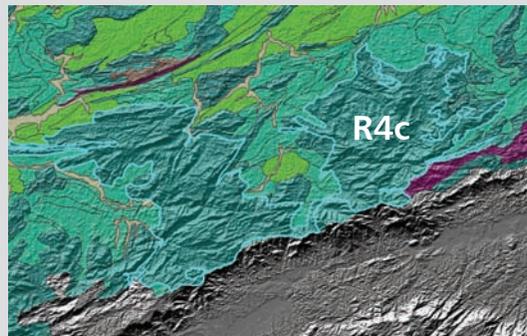
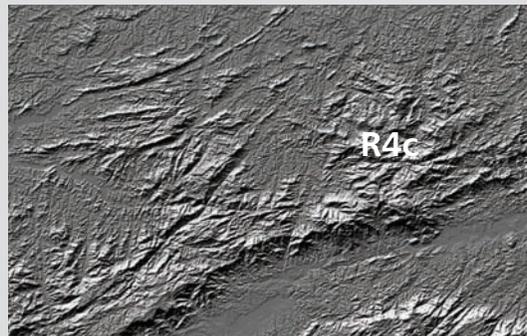
Relevo de degradação em qualquer litologia.

Relevo montanhoso, muito acidentado. Vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento.

Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos muito acidentados, em geral, com alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

Amplitude de relevo: acima de 300 m, podendo apresentar, localmente, desnivelamentos inferiores a 200 m.

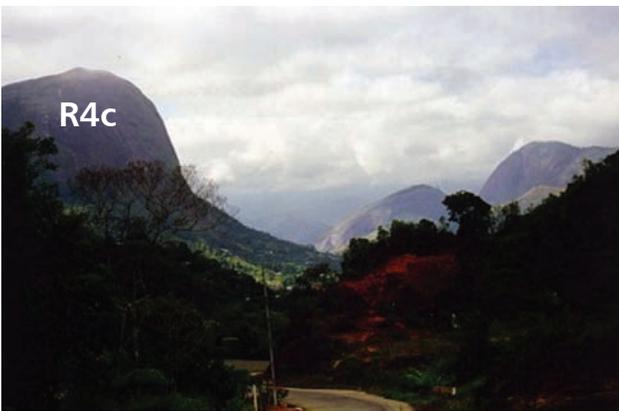
Inclinação das vertentes: 25°-45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais (60°-90°).



R4c – Sul do estado de Minas Gerais.



R4c – Relevo montanhoso do maciço do Caraça, modelado em quartzitos (Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais).



R4c – Vale estrutural do rio Araras; reverso da serra do Mar (Petrópolis, Rio de Janeiro).

R4d – Escarpas Serranas

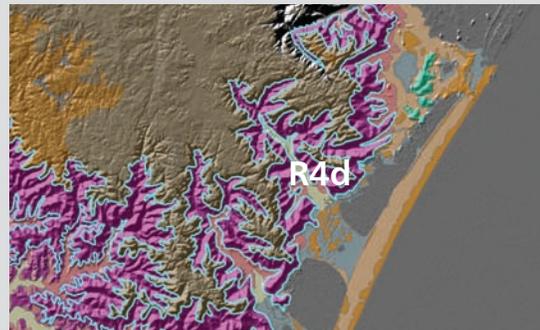
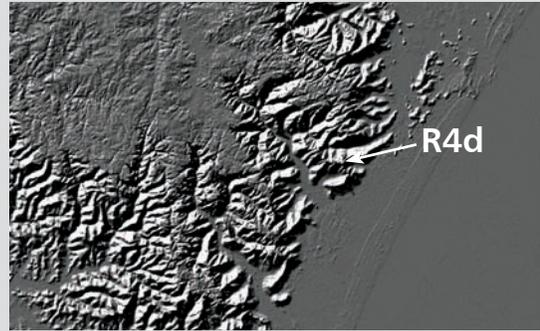
Relevo de degradação em qualquer litologia.

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.

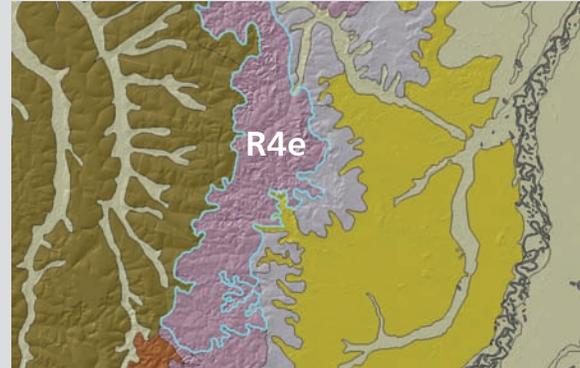
Inclinação das vertentes: 10°-25°, com ocorrência de vertentes muito declivosas (acima de 45°).

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.



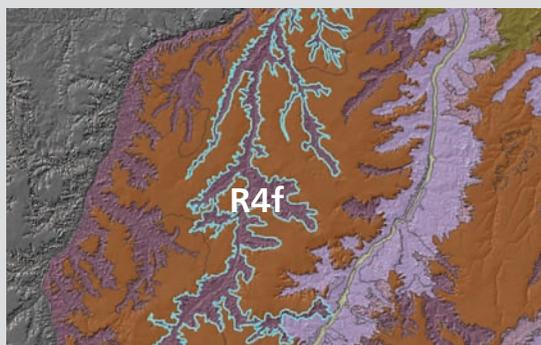
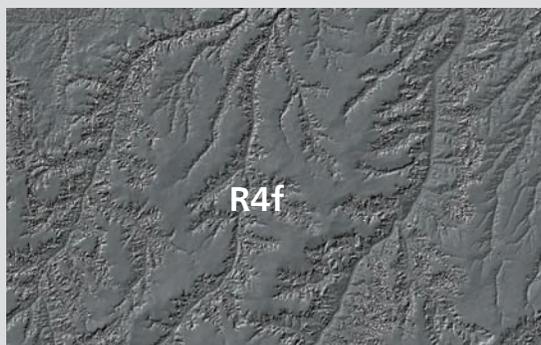
R4e – Degrau escarpado da serra do Roncador (leste do estado de Mato Grosso).



R4e – Degrau estrutural do flanco oeste do planalto de morro do Chapéu (Chapada Diamantina, Bahia).



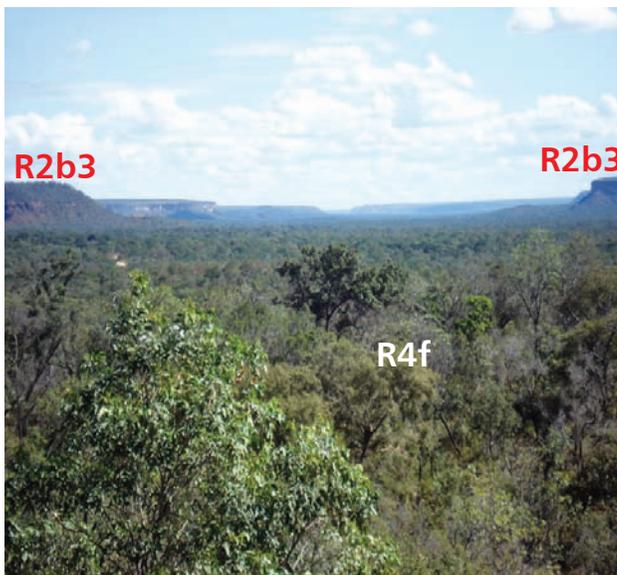
R4e – Degrau estrutural no contato da bacia do Parnaíba com o embasamento cristalino no sul do Piauí.



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

ANTONIO THEODOROVICZ – Geólogo formado (1977) pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e especialização (1990) em Geologia Ambiental (CPRM). Ingressou na CPRM/SGB – Residência de Porto Velho (REPO) em 1978. Desde 1982 atua na Superintendência Regional de São Paulo (SUREG-SP). Executou e chefou vários projetos de Mapeamento Geológico, Prospecção Mineral e Metalogenia em diversas escalas nas regiões Amazônica, Sul e Sudeste. De 1990 até 2012 atuou como supervisor/executor de vários estudos geoambientais, para os quais concebeu uma metodologia própria, adaptada e aplicada também na geração dos mapas Geodiversidade do Brasil e estaduais. Ministra, ainda, treinamento 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, é coordenador regional do Projeto Geoparques da CPRM/SGB, Conselheiro da Comissão de Monumentos Geológicos do Estado de São Paulo, Membro do Conselho Gestor do Geopark Estadual Bodoquena-Pantanal e atua no Projeto Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa.

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, onde atua 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 do Centro Universitário Augusto Motta (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 – Graduada (1996) em Geologia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e mestre (2013) em Ciências (Geologia) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Ingressou na CPRM/SGB em 1997, onde exerce o cargo de Pesquisadora em Geociências na área de Gestão Territorial (DEGET). Atuou, de 1997 a 2009, na Superintendência Regional de Manaus (SUREG-MA), nos projetos de Gestão Territorial, destacando-se o Mapa da Geodiversidade do Estado do Amazonas e os Zoneamentos Ecológico-Econômicos (ZEEs) do Vale do Rio Madeira, da porção central do estado de Roraima e do Distrito Agropecuário da Zona Franca de Manaus. Participou do mapeamento geológico-geotécnico do traçado do Trem de Alta Velocidade (TAV) e de mapeamento de área de risco geológico no município de Teresópolis (RJ). Atualmente lotada no Escritório Rio de Janeiro, desenvolve atividades ligadas à coordenação executiva do DEGET, notadamente no Programa Geologia do Brasil – Levantamento da Geodiversidade e Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação. É coautora nos livros “Geodiversidade do Brasil” e “Levantamento da Geodiversidade do Estado do Amazonas” e autora de diversos trabalhos científicos.

MARIA ANGÉLICA BARRETO RAMOS – Graduada (1989) em Geologia pela Universidade de Brasília (UnB) e mestre (1993) em Geociências pela 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. Especialista em Modelagem Espacial de Dados em Geociências, ministra cursos e treinamentos em ferramentas de SIG aplicados a projetos da CPRM/SGB. É autora de 33 trabalhos individuais e coautora nos livros “Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil”, “Geodiversidade do Brasil” e “Levantamento da Geodiversidade do Estado da Bahia”, dentre outros (13). Foi presidenta da Associação Baiana de Geólogos no período 2005-2007 e vice-presidente de 2008 a 2009.

MARCELY FERREIRA MACHADO – Graduada (2002) em Geologia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), especialista (2007) em Engenharia de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS) pelo Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural (PROMINP), oferecido pela Petrobras em conjunto com a UFBA. Atuou (2006 a 2008) em Geoprocessamento e Cartografia Digital junto à SEI (Superintendência de Recursos Econômicos e Sociais da Bahia). Atua desde 2009 na CPRM/SBG, junto ao Departamento de Gestão Territorial (DEGET), em projetos de Geologia Aplicada.

PEDRO AUGUSTO DOS SANTOS PFALTZGRAFF – Graduado (1984) em Geologia pela UERJ, mestre (1994) na área de Geologia de Engenharia e Geologia Ambiental pela UFRJ e doutor (2007) em Geologia Ambiental pela UFPE. Trabalhou, entre 1984 e 1988, em obras de barragens e projetos de sondagem geotécnica na empresa Enge Rio – Engenharia e Consultoria S.A. Entre os anos de 1985-1994, trabalhou como geólogo autônomo. Ingressou na CPRM/SGB em 1994, no cargo de Pesquisador em Geociências, no Escritório Rio de Janeiro (DEGET), tendo sido coordenador regional de Geodiversidade do Nordeste no período 2006-2010. Atua em diversos projetos de Geologia de Engenharia, Geologia Ambiental e Geotecnia e Levantamento e Mapeamento de Riscos Geológicos.

SANDRA FERNANDES DA SILVA – Graduada (1998) em Geologia pela Universidade Federal do Pará (UFPA), mestre (2000) em Geotecnia (Avaliação de Alterações Ambientais em Bacia Hidrográfica) pela Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo (EESC/USP) e doutora (2005) em Geotecnia (Zoneamento Geoambiental com Uso de Lógica Fuzzy e Geoindicador) pela mesma universidade. Atuou como professora contratada de Geologia (graduação e pós-graduação) de 2004 a 2006, junto à Universidade de Brasília (UnB), como geóloga plena na execução de projetos geotécnicos voltados para mineração e hidroenergia de 2006 a 2008, junto à BVP Engenharia e atua, desde 2008, na CPRM/SGB, junto ao Departamento de Gestão Territorial (DEGET), em projetos de Geologia e Geotecnia Aplicada.

VALTER JOSÉ MARQUES – Graduado (1966) em Geologia pela UFRGS, com especialização (1979) em Petrologia pela USP e em Engenharia do Meio Ambiente (1991) pela UFRJ. Nos primeiros 25 anos de carreira dedicou-se ao ensino universitário (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. Nas duas últimas décadas 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. Vem desenvolvendo, nos últimos 10 anos, 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 DO ESPÍRITO SANTO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

Geodiversidade do Estado do Espírito Santo é um produto concebido para oferecer aos diversos segmentos da sociedade capixaba 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 capixaba em unidades geológico-ambientais, destacando suas limitações e potencialidades frente à agricultura, obras civis, utilização dos recursos hídricos, fontes poluidoras, potencial mineral e geoturístico.

Nesse sentido, com foco em fatores estratégicos para a região, são destacadas Áreas de Relevante Interesse Mineral – ARIM, Potenciais Hidrogeológico e Geoturístico, Riscos Geológicos aos Futuros Empreendimentos, dentre outros temas do meio físico, representando rico acervo de dados e informações atualizadas e constituindo valioso subsídio para a tomada de decisão sobre o uso racional e sustentável do território nacional.

Geodiversidade é o estudo do meio físico constituído por ambientes diversos e rochas variadas que, submetidos a fenômenos naturais e processos geológicos, dão origem às paisagens, ao relevo, outras rochas e minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico, parâmetros necessários à preservação responsável e ao desenvolvimento sustentável.



SEDE

SGAN – Quadra 603 • Conj. J • Parte A – 1º andar
Brasília – DF • 70830-030
Fone: 61 3326-9500 • 61 3322-4305
Fax: 61 3225-3985

Escritório Rio de Janeiro – ERJ

Av. Pasteur, 404 – Urca
Rio de Janeiro – RJ • 22290-255
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: 61 3323-1059 • 21 2295-8248
Fax: 61 3323-6600 • 21 2295-5804

Departamento de Gestão Territorial

Fone: 21 2295-6147 • Fax: 21 2295-8094

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Fone: 21 2295-5837 • 61 3223-1166/1059
Fax: 21 2295-5947 • 61 3323-6600

Superintendência Regional de Belo Horizonte

Av. Brasil, 1731 – Bairro Funcionários
Belo Horizonte – MG • 30140-002
Fone: 31 3878-0307 • Fax: 31 3878-0383

Assessoria de Comunicação

Fone: 21 2546-0215 • Fax: 21 2542-3647

Divisão de Marketing e Divulgação

Fone: 31 3878-0372 • Fax: 31 3878-0370
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
2014

PAC PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO