

Metodologia, Estruturação da Base de Dados e Organização das Informações em SIG do Projeto Geodiversidade do Brasil

Maria Angélica Barreto Ramos
Antônio Theodorovicz
Valter José Marques
Vitório Orlandi
Pedro A.dos S.Pfaltzgraff
Marcelo Eduardo Dantas
Cássio Roberto da Silva

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo trata das diversas etapas que envolveram o desenvolvimento do Projeto GEODIVERSIDADE DO BRASIL que teve como objetivo principal das Diretorias de Hidrologia e Gestão Territorial e de Relações Institucionais do Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM a inserção das atividades sistemáticas do Departamento de Gestão Territorial, no sistema de banco de dados georreferenciado cooperativo da empresa GEOBANK, com a geração de um produto multiescalar, voltado para o ordenamento territorial e planejamento dos setores mineral, transportes, agricultura, turismo e meio ambiente, a partir das informações do SIG da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo Schobbenhaus et al. (2004), tomando por base os planos de informações gerados a partir da Geologia, Estruturas, do Modelo Digital do Terreno SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), do Mosaico Geocover 2000 e da drenagem na escala 1:1.000.000, preconizados por Ramos *et al*, 2005 e utilizados com sucesso pelas equipes dos projetos de Zoneamento Ecológico-Econômicos.

Os parâmetros ambientais, oriundos da interpretação geológica, em consonância com os objetivos do produto, tiveram como suporte a metodologia desenvolvida por Theodorovicz *et al* (1994, 2001, 2002 e 2005), Trainini et al (1998 e 2001), Trainini e Orlandi (2003) e, principalmente, na larga experiência da equipe do Programa GATE quando da execução de projetos voltados para o ordenamento e gestão territorial. Também foram utilizadas, informações temáticas de Infra-estrutura, recursos minerais, unidades de conservação (áreas de proteção ambiental (APAS), terras indígenas, parques), dados da rede hidrológica e de água subterrânea, áreas impactadas (erosão, desertificação), áreas oneradas pela mineração, informações da Zona Econômica

Exclusiva da Plataforma Continental (ZEE), gasodutos e oleodutos, dados paleontológicos, geoturísticos e paleontológicos.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A exemplo do Projeto Gis Brasil que envolveu a participação de várias equipes, optou-se pela elaboração de Roteiro Metodológico e a preparação de *Kits* Digitais contendo todo o material digital (imagens, arquivos vetoriais, etc) necessários ao bom desempenho da tarefa.

Assim, a sistemática de trabalho adotada, permitiu a organização dos dados no GEOBANK de forma a possibilitar a conexão dos dados vetoriais com os dados alfanuméricos. Em uma primeira fase, através dos elementos-chave descritos nas tabelas, é possível vincular mapas digitais ao *GEOBANK* facilmente, como na montagem de SIGs, onde as tabelas são produtos da consulta sistemática ao banco de dados (BD).

2.1 DEFINIÇÃO DOS DOMÍNIOS E UNIDADES GEOLÓGICO-AMBIENTAIS

Os critérios utilizados para estabelecer os domínios geológico-ambientais e suas subdivisões buscaram agrupar conjuntos estratigráficos de comportamento semelhante frente ao uso e ocupação. O resultado obtido, não foi um mapa geológico ou tectônico, mas sim um produto denominado GEODIVERSIDADE DO BRASIL, 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 do SGB/CPRM, bem como na larga experiência em mapeamento e em projetos de ordenamento e gestão do território dos profissionais do Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

Foram agrupadas unidades estratigráficas com idades diferentes, desde que a elas se aplicasse um conjunto de critérios classificatórios como: posicionamento tectônico, nível crustal, classe da rocha (se ígnea, sedimentar ou metamórfica), grau de coesão, textura, composição, tipos e graus de deformação, expressividade do corpo rochoso, tipos de metamorfismo, expressão geomorfológica e ou litotipos especiais. Se por um lado agrupou-se, por exemplo, quartzitos friáveis e arenitos friáveis, por outro

foram separados pacotes sedimentares muito semelhantes em sua composição, estrutura e textura, quando a geometria do corpo rochoso apontava no sentido da importância em distinguir, por exemplo, uma situação de extensa cobertura, de uma situação de pacote restrito, limitado em *riftes*.

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

Assim a partir da reclassificação das unidades litoestratigráficas da Carta Geológica ao Milionésimo foram estabelecidos 23 Domínios Geológico-Ambientais, subdivididos e 108 Unidades Geológico-Ambientais (**ANEXO I**).

Do ponto de vista de sua origem as rochas podem ser sedimentares, ígneas e metamórficas, distribuídas em dois grandes domínios - coberturas e embasamento. No que diz respeito ao embasamento, a análise baseou-se sobretudo no esquema apresentado no Mapa Tectônico 1:2.500.000 (**ANEXO IA**). Em relação às coberturas a estratégia consistiu na sucessiva deslaminação das unidades geológicas do tipo de cobertura, em número de 17, a partir do Cenozóico, Quaternário e Terciário, seguindo o Mesozóico, o Paleozóico, o Proterozóico Superior, Médio e Inferior e finalmente o Arqueano (**ANEXO IB**), utilizando-se os detalhamentos introduzidos na Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo.

2.1.1 CLASSE DA ROCHAS

2.1.1.1 ROCHAS SEDIMENTARES/SEDIMENTOS

Grau de coesão: distinguindo-se as coberturas do tipo

- inconsolidadas
- pouco consolidadas
- consolidadas

Por sua vez subdividas segundo seus ambientes de deposição:

- marinho costeiro
- fluvial
- lagunar
- superfícies de aplainamento
- depósitos de piedmonte
- depósitos de bacias interioranas

A essas chaves primárias, acrescentaram-se os atributos referentes a granulometria, textura, Composição, Geometria, Expressividade, Homogeneidade, Expressão Geomorfológica, Posicionamento Geográfico, o que permitiu a identificação de diversas unidades geológico-ambientais (**ANEXO I**).

2.1.1.2 - ROCHAS ÍGNEAS

- extrusivas ou vulcânicas
- intrusivas ou plutônicas

Consideradas inicialmente, segundo o ambiente tectônico, para cada subcomponente a primeira seleção se faz a partir da composição, ácida, básica, intermediária ou ultrabásica, para em seguida utilizarem-se os atributos como: posicionamento geográfico – tectônico expressividade, geometria do corpo, homogeneidade, expressão geomorfológica e finalmente, granulação, textura e estrutura.

2.1.1.3 ROCHAS METAMÓRFICAS

- dínamo-termal: xisto verde, anfíbolito, granulito.
- termal
- impacto,

Levou-se em consideração o tipo e o grau de metamorfismo, deduzidos a partir da paragênese, grau de deformação e posicionamento geotectônico.

2.1.2 GRAU DE COESÃO

- não consolidado: exemplo argilas, siltes, areias e cascalho, ou os equivalentes sedimentos vulcanogênicos: cinzas, brechas, aglomerados.

- pouco consolidado: compactação incipiente (início da diagênese)
- consolidado (diagênese: média a alta, no caso de sedimentos ; diversos graus metamórficos, rochas ígneas diversas).

2.1.3 TAMANHO DOS GRÃOS

a) Rochas sedimentares

- Granulometria: argila, silte, areia fina, média ou grossa, cascalho, matacão.

b) Rochas ígneas

- Vítrea, afanítica, fanerítica: fina, média, grosseira e pegmatóide.

c) Rochas Metamórficas

- Fina, média, grossa e muito grossa

2.1.4 TEXTURAS

a) Granulares

- sedimentares: bem classificadas
- ígneas e metamórficas: grãos equidimensionais

b) Inequigranulares

- sedimentares: mal selecionados
- ígneas: pórfira e porfirítica
- metamórfica: porfiroclástica e porfiroblástica

2.1.5 GEOMETRIA DO CORPO ROCHOSO

Descreve a forma do corpo, se tabular, tubular, em forma de funil, irregular, acunhada, amebóide, dobrada etc. Considera, também, o mergulho e a continuidade lateral ou vertical.

2.1.6 EXPRESSIVIDADE DO CORPO ROCHOSO

Considera as três dimensões, comprimento, largura e profundidade, permitindo, por exemplo, que não se misturem unidades litologicamente idênticas contidas em *rifts* com as de sinéclises ou de uma cobertura superior.

2.1.7 HOMOGENEIDADE X HETEROGENEIDADE

Considera as variações mineralógicas, químicas e texturais do corpo geológico, ao longo de sua extensão, como, por exemplo, a existência de zonalidade, fácies de bordo ou de regiões apicais.

2.1.8 DEFORMAÇÃO

a) Tipo de deformação

- inexistente
- rúptil: fraturamento
- dúctil: dobramento
- dúctil-rúptil ou mista: fraturamento hidráulico.

b) Grau de Deformação

- nulo
- baixo,
- médio
- alto

2.1.9 TIPO DE METAMORFISMO

- dínamo-termal: xisto verde, anfíbolito, granulito.
- termal
- impacto,

2.1.10 ESTRUTURAÇÃO DAS ROCHAS

- isotrópicas (sem orientação dos constituintes minerais)
- anisotrópicas: (com orientação dos constituintes minerais)

2.1.11 EXPRESSÃO GEOMORFOLÓGICA (RDE)

- altiplanos
- montanhas
- superfícies de aplainamento
- depósitos de piedmonte
- planícies fluviais

- planícies de marés.

2.1. 12 NÍVEL CRUSTAL

- superior (fácies xisto verde)
- médio (fácies anfíbolito)
- inferior (infra-crustal) (fácies granulito)

2.1. 13 POSICIONAMENTO GEOGRAFICO

- cinturões de dobramentos
- plataformais
- sulco com piso oceânico
- sulco com piso sílico
- Intra-Placa
- Bacias do tipo sinéclise
- Bacias do tipo rifte intracontinental
- Bacias do tipo rifte marginal

2.1. 14 EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA

- pré-orogênico
- sin-orogênico
- pós-orogênico

2.1.15 LITÓTIPOS ESPECIAIS

Carbonatos, fosfatos, sais, petróleo e gás, formações ferríferas e quartzitos.

2.1. 16 DESTAQUES

Metalotectos, Hidrogeológicos, Climáticos, Geoquímicos, Geofísicos, Pedológicos e Ambientais.

3. ATRIBUTOS DA GEOLOGIA

Para melhor caracterizar as unidades geológico-ambientais foram selecionados atributos da geologia que permitem uma série de interpretações na análise ambiental descritos a seguir.

DEFORMAÇÃO - Relacionada com a dinâmica interna do planeta. Sua interpretação que pode ser feita a partir da ambiência tectônica, litológica e da análise de estruturas refletidas nos sistemas de relevo e drenagem

3.1 TECTÔNICA - DOBRAMENTOS

- **Não dobrada** - seqüências sedimentares, vulcanossedimentares e rochas ígneas não-dobradas e não-metamorfisadas.
- **Pouco a moderadamente dobrada** – a exemplo das seqüências sedimentares ou vulcanossedimentares do tio Bambuí, por exemplo.
- **Intensamente dobrada** - a exemplo das seqüências sedimentares ou vulcanossedimentares complexamente e intensamente dobradas (por exemplo, Grupos Açungui, Minas, dentre outros) e das rochas granito-gnaissigmatíticas.

3.2 TECTÔNICA - FRATURAMENTO (Juntas e Falhas)/CISALHAMENTO

- **Não fraturada** – como no caso das coberturas incolidadas.
- **Pouco a moderadamente fraturada** – seqüências sedimentares moderadamente consolidadas a exemplo da Formação Barreiras.
- **Intensamente fraturada** – como exemplo das coberturas proterozóicas e vulcânicas mesozoicas da bacia do Paraná
- **Zonas de Cisalhamento** – como no caso das faixas de concentração de deformação dúctil (Cinturões de Deformação).

3.3 - ESTRUTURAS

- **Estratificada**
- **Estratificada/Biogênica**
- **Maciça**
- **Maciça/Vesicular**
- **Maciça/Acamadada**

- **Maciça/Laminada**
- **Acamadada**
- **Acamadada/Filitosa**
- **Acamadada/Xistosa**
- **Xistosa/Maciça**
- **Filisosa/Xistosa**
- **Acamadamento magmático**
- **Gnáissica**
- **Bandada**
- **Concrecional**
- **Concrecional/Nodular**
- **Biogênica**
- **Não se aplica**

3.4 RESISTÊNCIA AO INTEMPERISMO FÍSICO – dedução feita a partir da análise da composição mineral principal da rocha ou das rochas que sustentam a unidade-geo.

Se for só um tipo de litologia que sustenta a unidade-geo ou se forem complexos plutônicos de várias litologias.

- **Baixa** : rochas ricas em minerais ferromagnesianos, arenitos, siltitos, metassedimentos argilosos, rochas ígneas ricas em micas, calcários, lateritas, ígneas básicas-ultrabásicas-alcalinas efusivas.

Exemplo na folha Cuiabá SD-21 (D18.4 ⇔ PP4_delta_fb);

- **Moderada a alta**: ortoquartzitos, arenitos silicificados, leuco-granitos e outras rochas pobres em micas e em minerais ferromagnesianos, formações ferríferas, dos quartzitos e arenitos impuros
- **Não se aplica** : sedimentos inconsolidados

Se forem várias litologias

- **Baixa a moderada na vertical**: no caso de coberturas pouco a moderadamente consolidadas tipo Pariquera-açu, Fm. Ronuro etc.

- **Baixa a alta na vertical:** A exemplo das 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:** a exemplo das seqüências sedimentares e vulcanossedimentares dobradas e compostas de várias litologias; das rochas gnaisse-migmatíticas e outras que se caracterizam por apresentarem grande heterogeneidade composicional, textural e deformacional lateral e vertical.

3.5 RESISTÊNCIA AO INTEMPERISMO QUÍMICO – dedução feita a partir da análise da composição mineral principal da rocha ou das rochas que sustentam a unidade-geo.

Se for só um tipo de litologia que sustenta a unidade-geo ou se forem complexos plutônicos de várias litologias.

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

Se forem várias litologias

- **Baixa a moderada na vertical**
- **Baixa a alta na vertical :** A exemplo das 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:** a exemplo das seqüências sedimentares e vulcanossedimentares dobradas e compostas de várias litologias; das rochas gnaisse-migmatíticas e outras que se caracterizam por apresentarem

grande heterogeneidade composicional, textural e deformacional lateral e vertical.

3.6 GRAU DE COERÊNCIA

Resistência ao corte e a penetração. A caracterização desse atributo deverá ser de acordo com o Gráfico I:

Mesmo se tratando de uma única litologia, prever a combinação dos vários tipos de grau de coerência, a exemplo dos arenitos, siltitos etc. – **ver Gráfico I** ; para o caso de complexos plutônicos, com várias litologias, todas podem estar enquadradas num único grau de coerência

- **Muito brandas**
- **Brandas**
- **Médias**
- **Duras**

Exemplo na folha Cuiabá SD-21 (D19.1 ⇒ NP1_gamma_g); (D19.2 ⇒ MP1_gamma_c, MP1_gamma_sh, C_cortado_3_gamma_v); (D22 ⇒ MP1_delta_alfa_rb,MP2co(g); (D23.2 ⇒ PP4ag)

- **Muito brandas a duras**

Se forem várias litótipos

- **Variável na horizontal**
- **Variável na vertical**
- **Variável na horizontal e vertical**
- **Não se aplica**

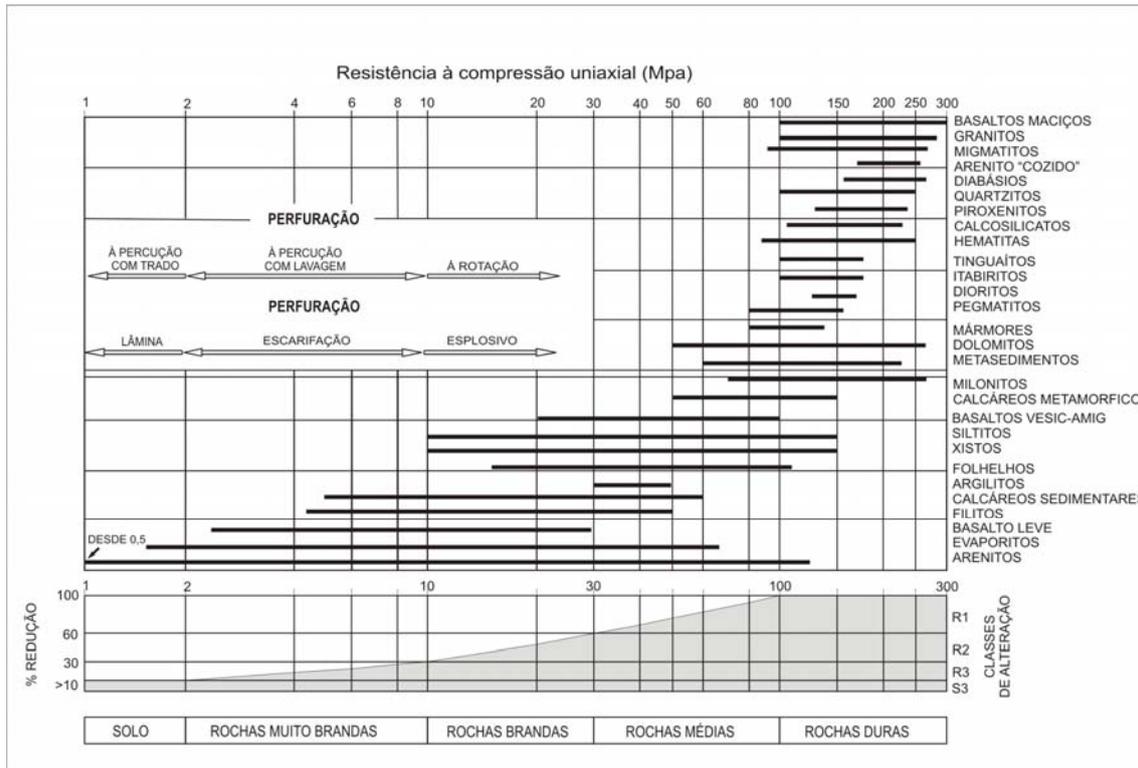


Gráfico I – Resistência a compressão uniaxial e classes de alteração (Modificado Vas, 1966)

3.7 – CARACTERÍSTICAS DO MANTO DE ALTERAÇÃO - POTENCIAL (solo residual) – dedução que pode ser feita a partir da análise da composição mineral principal das rochas. Exemplo. Independente de outras variáveis que influenciam nas características do solo, como clima, relevo e evolução do solo, o manto de alteração de um basalto é argiloso, o de um granito, é argilo-síltico-arenoso.

- **Predominantemente arenoso** – no caso em que o substrato rochoso ser sustentado por espessos e amplos pacotes rochas predominantemente areno-quatzosas.
- **Predominantemente argiloso** - no caso de predominarem rochas que, se alteram para argilominerais, a exemplo dos derrames basálticos, dos complexos básico-aultrabásicos- alcalinos, dos terrenos em que predominam rochas calcárias.
- **Predominantemente argilo-siltoso** – no caso dos siltitos, folhelhos, filitos, xistos.

- **Predominantemente argilo-siltico-arenoso** – como nos casos das rochas granitóides e gnaiss-migmatíticas ortoderivadas.
- **Variável de arenoso a argilo-siltoso** - como nos casos das seqüências sedimentares e vulcanossedimentares compostas por alternâncias irregulares de camadas pouco espessas, interdigitadas e de composição mineral muito contrastante. A exemplo das seqüências em que se alternam irregularmente entre si camadas de arenitos-quatzosos com pelitos, com calcários ou com rochas vulcânicas.
- **Predominantemente siltoso**
- **Não se aplica**

8 - POROSIDADE PRIMÁRIA

Relacionada ao volume de vazios sobre o volume total da rocha. O preenchimento deverá estar baseado na **Tabela I**

Se for só um tipo de litologia que sustenta a unidade-geo observar o campo Descrição da **Tabela I**. Se forem complexos plutônicos de várias litologias, a porosidade é baixa.

- **Baixa - (0 a 15%)**
- **Moderada –(15 a 30%)**
- **Alta – >30%**

Para os casos em que várias litologias sustentam unidade-geo observar o campo Tipo da tabela I

- **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.

Tabela I - Tabela de porosidade total dos diversos materiais. Dados tomados de Johnson (1967), Davis (1969), Schoeller (1962), Muskai (1937), Meinzer (1923 b), Ward (1967). etc., e do próprio autor. Alguns dados, em especial, os referentes a m_e , devem ser tomados com precauções segundo as circunstâncias locais.

Material		Porosidade Total					Porosidade eficaz % m_e			Observações
Tipo	Descrição	Media	Normal		Extraordinária		Media	Máx.	Min.	
			Máx.	Min.	Máx.	Min.				
Rochas maciças	Granito	0,3	4	0,2	9	0,05	<0,2	0,5	0,0	A
	Calcário maciço	8	15	0,5	20		<0,5	1	0,0	B
	Dolomito	5	10	2			<0,5	1	0,0	B
Rochas metamórficas		0,5	5	0,2			<0,5	2	0,0	A
Rochas vulcânicas	Piroclasto e tufas	30	50	10	60	5	<5	20	0,0	C,E
	Escórias	25	80	10			20	50	1	C,E
	Pedra pome	85	90	50			<5	20	0,0	D
	Basaltos densos, fonólitos	2	5	0,1			<1	2	0,1	A
	Basaltos vesiculares	12	30	5			5	10	1	C
Rochas sedimentares consolidadas (ver rochas maciças)	Pizarras sedimentares	5	15	2	30	0,5	<2	5	0,0	E
	Arenitos	15	25	3	30	0,5	10	20	0,0	F
	Creta blanda	20	50	10			1	5	0,2	B
	Calcário dentritico	10	30	1,5			3	20	0,5	
Rochas Sedimentares inconsolidadas	Aluviões	25	40	20	45	15	15	35	5	E
	Dunas	35	40	30			20	30	10	
	Cascalho	30	40	25	40	20	25	35	15	
	Loes	45	55	40			<5	10	0,1	E
	Areias	35	45	20			25	35	10	
	Depósitos glaciais	25	35	15			15	30	5	
	Silte	40	50	25			10	20	2	E
	Argilas não compactadas	45	60	40	85	30	2	10	0,0	E
Solos superiores	50	60	30			10	20	1	E	

A = Aumenta m e m_e por meteorização

B = Aumenta m e m_e por fenômenos de dissolução tempo

C = Diminui m e m_e por com o tempo solubilidade

D = Diminui m y pode aumentar m_e com o tempo

E = m_e muito variável segundo as circunstâncias do tempo

F = Varia segundo o grau de cimentação e

9 – Característica da Unidade Lito-hidrogeológica

- **Granular** (dunas, depósitos inconsolidados, planícies aluviais, coberturas sedimentares)
- **Fissural**
- **Granular/ fissural**
- **Cárstico**
- **Não se aplica**

4. ATRIBUTOS DO RELEVO

Com o objetivo de conferir uma informação geomorfológica clara e aplicada ao produto GeoDiversidade do Brasil numa escala continental (1:1.000.000), procurou-se identificar os grandes conjuntos morfológicos passíveis de serem delimitados nesta escala, sem muitas preocupações quanto à gênese e evolução morfodinâmica das unidades em análise. Tais avaliações e controvérsias de âmbito exclusivamente geomorfológico seriam de pouca valia para atender aos propósitos deste projeto. Portanto, termos como: *Depressões; Cristas; Patamares; Platôs; Pediplanos; Escarpas; Serras; Maciços*; dentre tantos outros, foram englobados em um reduzido número de conjuntos morfológicos.

Assim sendo, foram selecionados dezenove (19) compartimentos de relevo (bibliotecas), para o atributo de relevo (**Tabela II**) levando-se em consideração, essencialmente, parâmetros morfológicos e morfométricos que possam ser avaliados pelos produtos disponíveis no *KIT* digital como o Modelo Digital de Terreno *SRTM* e seus sub-produtos: Relevo Sombreado; Mapa de classes de Hipsometria e Mapa de Classes de Declividade, Imagem de Satélite LandSat *GeoCover*, além da drenagem e de dados digitais quando existentes contendo uma reinterpretação das informações existentes nos mapas geomorfológicos produzidos no âmbito do Projeto RadamBrasil, em escala de 1:1.000.000.

Tabela II – Bibliotecas do Relevo

Símbolo	Tipo de Relevo	Declividade (graus)	Amplitude Topográfica
R1a	Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	0 a 3°	zero
R1b	Terraços Fluviais	0 a 3°	2 a 20 metros
R1c	Vertentes recobertas por depósitos de encosta	5 a 45°	variável
R1d	Planícies Flúvio-Marinhas	0°	zero
R1e	Planícies Costeiras	0 a 5°	2 a 20 metros
R1f	Campos de Dunas	3 a 30°	5 a 40 metros
R1g	Recifes	0	zero
R2a1	Tabuleiros	0 a 3°	20 a 50 metros
R2a2	Tabuleiros Dissecados	0 a 3°	20 a 50 metros
R2b	Planaltos e Baixos Platôs	0 a 5°	20 a 50 metros
R2c	Chapadas e Platôs	0 a 5°	0 a 20 metros
R3a1	Superfícies Aplainadas Conservadas	0 a 5°	0 a 10 metros
R3a2	Superfícies Aplainadas Degradadas	0 a 5°	10 a 30 metros
R3b	Inselbergs	25 a 45°	50 a 500 metros
R4a1	Domínio de Colinas Amplas e Suaves	3 a 10°	20 a 50 metros
R4a2	Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	5 a 20°	30 a 80 metros
R4b	Domínio de Morros e de Serras Baixas	15 a 35°	80 a 200 metros
R4c	Domínio Montanhoso	25 a 45°	300 a 2.000 metros
R4d	Escarpas Serranas	25 a 60°	300 a 2.000 metros
R4e	Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos	10 a 25°	50 a 200 metros
R4f	Vales Encaixados	10 a 25 (>.45)	100 a 300metros

Para cada biblioteca de relevo, segue uma legenda explicativa (**ANEXO II**) agrupando características morfológicas e morfométricas gerais, assim como algumas informações muito elementares e generalizadas quanto sua gênese e vulnerabilidade frente aos processos geomorfológicos (intempéricos; erosivos e deposicionais).

Evidentemente, considerando a vastidão e a enorme geodiversidade do território brasileiro, assim como seu conjunto diversificado de paisagens bioclimáticas, as informações de amplitude de relevo e declividade, dentre outras, devem ser reconhecidas como valores-padrão, podendo não ser aplicadas indiscriminadamente para todas as regiões. Assim sendo, esta reclassificação de mapas geomorfológicos clássicos (em especial, os do Projeto RadamBrasil) em Unidades de Padrões de Relevo exige um determinado entendimento da evolução e dinâmica geomorfológica regional em conjugação com conhecimento do conjunto de formas de relevo em campo para produzir uma delimitação precisa da biblioteca de padrões de relevo.

Abaixo seguem esclarecimentos e justificativas sobre a utilização dos produtos que serão utilizados na análise integrada da geologia com o relevo.

5. MODELO DIGITAL DE TERRENO – *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM)

A utilização do Modelo Digital de Terreno ou Modelo Digital de Elevação ou Modelo Numérico de Terreno, no contexto do Projeto, se justifica pelo seu importante significado na análise ambiental.

Um Modelo Digital de Terreno (MDT) é um modelo contínuo da superfície terrestre, a nível do solo, representado por uma malha digital de matriz cartográfica encadeada, ou "raster", onde cada célula da malha retém um valor de elevação. Assim, a utilização do MDT em aplicações geoambientais se torna imprescindível, uma vez que este 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, auxiliando a determinação do grau de dissecação, informando 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, bem como em trabalhos de mapeamento de vegetação, etc).

A escolha do *Shuttle Radar Topography Mission*-SRTM (missão espacial liderada pela NASA com parceria das agências espaciais da Alemanha (DLR) e Itália (ASI), realizada durante 11 dias do mês de fevereiro de 2000 visando gerar um modelo digital de elevação quase-global), se deu pelo fato que os DEM's disponibilizados pelo SRTM já se encontram disponíveis para toda a América do Sul, com resolução espacial

de aproximadamente 90 x 90 metros, apresentando alta acurácia e confiabilidade, além da gratuidade (CCRS, 2004 In: Barros *et al* 2005).

Durante a realização dos trabalhos, apesar de todos os pontos positivos apresentados, os dados SRTM em algumas áreas, acusaram problemas, tais como: valores espúrios (positivos e negativos) nas proximidades do mar e áreas onde não são encontrados valores. Estes problemas são descritos em diversos trabalhos do SRTM (Barros *et al* (2005). Sendo que estas 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 – até mesmo o uso de programas que procuram diminuir tais incorreções através de edição de dados (Barros *et al* (2005).

No caso deste trabalho foi utilizado o Software ENVI4.1 para solucionar este tipo de problema.

6. MOSAICO GEOCOVER 2000

A justificativa para a utilização do Mosaico Geocover 2000, se dá pelo fato deste se constituir num mosaico ortorretificado de imagens ETM+ do Landsat 7 resultante do “*sharpening*” das bandas 7, 4, 2 e 8. Este processamento realiza a transformação RGB-IHS utilizando as bandas 7, 4, e 2 com resolução espacial de 30 metros, e posteriormente a transformação IHS-RGB utilizando a banda 8 na *Intensidade* (I) para aproveitar a resolução espacial de 15 metros. Este procedimento junta as características espaciais da imagem com resolução de 15 metros às características espectrais das imagens com resolução de 30 metros resultando numa imagem mais “aguçada”. As imagens do Mosaico Geocover Landsat 7 foram coletadas no período de 1999/2000 e apresentam resolução espacial de 14,25 metros sendo juntamente.

Além da exatidão cartográfica, o Mosaico GeoCover possui outras vantagens como: a facilidade de aquisição dos dados sem ônus, âncora de posicionamento, boa acurácia e a abrangência mundial o que juntamente com o DEM’ o torna imprescindível ao trabalho (CREPANI, & MEDEIROS, J. S. (2005): Albuquerque, P.C.G; Santos, C.C; MEDEIROS, J. S. de (2005).

7 ANÁLISE DA DRENAGEM

Segundo Guerra e Cunha (2001), o reconhecimento, a localização e a quantificação das drenagens, são de fundamental importância ao entendimento dos processos geomorfológicos que governam as transformações do relevo sob as mais diversas condições climáticas e geológicas. Neste sentido, a utilização das informações extraídas pelas drenagens é indispensável na análise geoambiental, uma vez que, são respostas/resultados, das características ligadas aos aspectos geológicos, estruturais, às formas de relevo e aos processos geomorfológicos, atuando como agente modelador da paisagem e das formas de relevo.

Dessa forma, a integração de atributos ligados às redes de drenagem como: a) tipos de canais de escoamento, b) hierarquia da rede fluvial e c) configuração dos padrões de drenagem, com outros temas puderam trazer respostas às diferentes questões relacionadas ao comportamento dos diferentes ambientes geológicos e climáticos locais, processos fluviais dominantes e disposição de camadas geológicas entre outros.

8. KIT DE DADOS DIGITAIS

Como este Projeto envolve a participação de várias equipes da CPRM distribuídas pelas unidades regionais, optou-se pela elaboração de roteiro metodológico e a preparação de Kit's com dados digitais organizados em DVD's que foram encaminhados para as equipes executoras. Na escala 1:1.000.000 pelo recorte da carta Geológica ao Milionésimo o Kit Digital apresentou o seguinte conteúdo:

- Recorte da Carta Geológica ao Milionésimo reclassificada para atender a Carta Geodiversidade.
- Recorte da Carta geológica com os arquivos de estrutura, planimetria, infra-estrutura, recursos minerais e área oceânica).
- Modelo Digital de Terreno (MDT) SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) em formato *Geotiff* com espaçamento de 90m

- Modelo Digital de Terreno com sombreamento de relevo em formato *Geotiff*.
- Imagem do mosaico *GeoCover* 2000.
- *Grid* da Declividade (com legenda dos intervalos de declividade pertinentes ao trabalho)
- *Grid* da Hipsometria de relevo a partir do SRTM
- Curvas de nível geradas a partir do SRTM
- Unidades de Conservação (APAS; RPPNs; Estações Ecológicas; Parques Estaduais; Parques Nacionais; Reservas Biológicas e Terras Indígenas, Quilombolas.
- Sítios geológicos, paleontológicos, geoparques, etc
- Arranjos produtivos locais
- Quando existente, recorte da carta de relevo do RADAM

As **figuras 1 e 2** representam os dados da Folha Brasília- SD23.

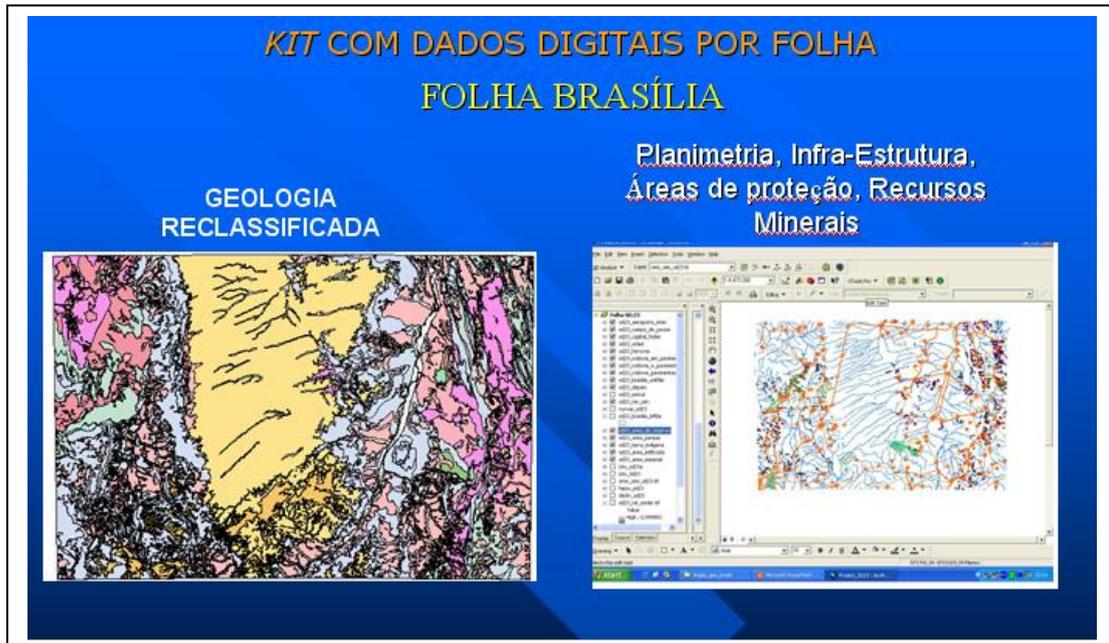


Figura 1 – Dados digitais: unidades geológico-ambientais, planimetria, infra-estrutura, áreas de proteção ambiental e recursos minerais. Folha Brasília - SD23.

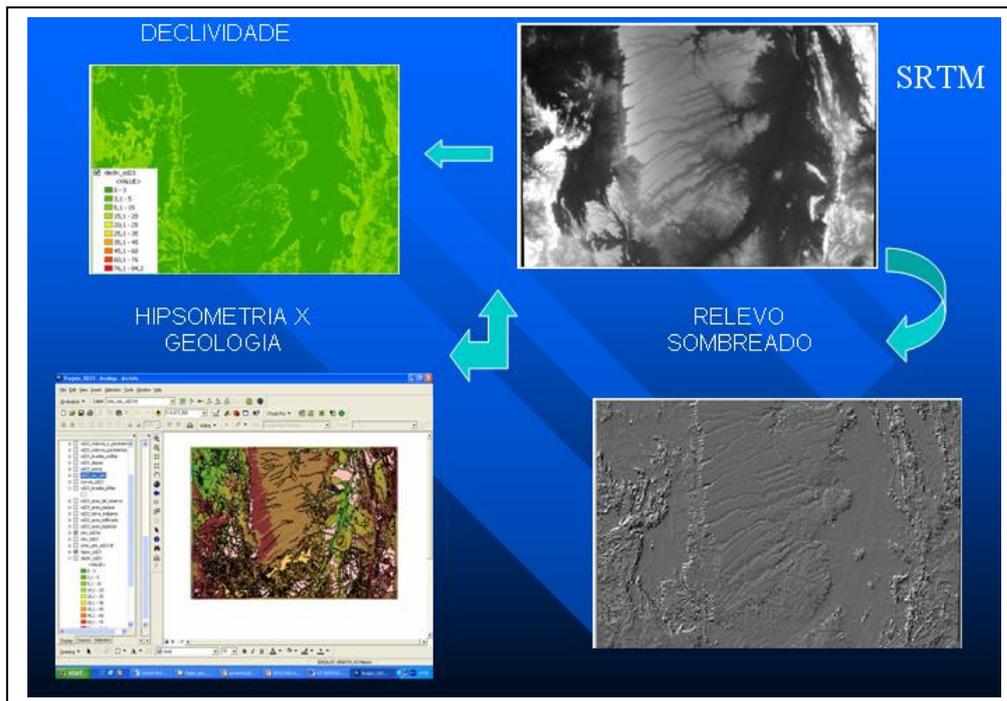


Figura 2 – Dados digitais: Modelo Digital de Elevação (SRTM), Declividade, Hipsometria x Geologia, Relevo Sombreado. Folha Brasília – SD23.

Nas escalas 1:1.000.000 ou de maior detalhe, envolvendo o recorte dos estados o Kit de dados digitais apresentou de maneira geral de acordo com o disponível para cada estado os seguintes temas:

- Geodiversidade (arquivo dos domínios e unidades geológico ambientais)
- Estruturas – arquivo das estruturas geológicas
- Planimetria – (cidades, vilas, rodovias, etc)
- Áreas Restritivas – (áreas de parque, reservas indígenas, estação ecológica, etc)
- Hidrografia – drenagens bifilar e unifilar
- Bacias Hidrográficas – recorte das bacias e sub-bacias
- Altimetria – curvas de nível espaçadas de 100m
- Campos de óleo – campos de óleo e gás
- Gasodutos e Oleodutos – arquivos de gasodutos, refinarias

- Pontos Geoturísticos – (sítios geológicos, paleontológicos, etc)
- Quilombolas – áreas de quilombolas
- Recursos Minerais – dados de recursos minerais
- Assentamento – arquivo das áreas de assentamento
- Áreas de Desertificação – arquivo das áreas de desertificação
- Paleontologia – dados de paleontologia
- Poços – dados de poços do SIAGAS
- ZEE – (Zona Econômica Exclusiva da Plataforma Continental) – recursos minerais e feições da ZEE
- MDT_SRTM – Arquivo Grid pelo recorte do Estado
- Declividade – Arquivo Grid pelo recorte do Estado
- Geocover – Arquivo Grid pelo recorte do Estado
- Simbologias ESRI – (fontes e arquivos *.style para implementação das simbologias para layout – instruções de uso através do arquivo leia-me. doc que encontra-se dentro da pasta)

As figuras 3, 4 e 5 representam os dados do Kit digital para o Estado do Amazonas.

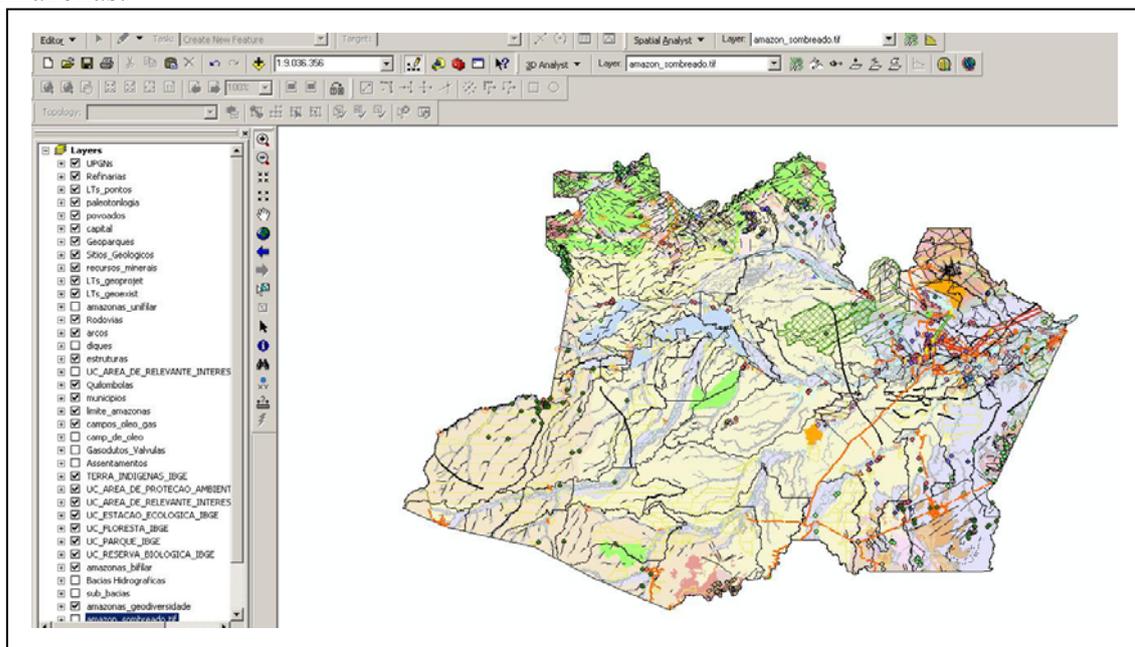


Figura 3 – Dados digitais: unidades geológico-ambientais x infra-estrutura, planimetria, recursos minerais e áreas de proteção ambiental. Estado do Amazonas.

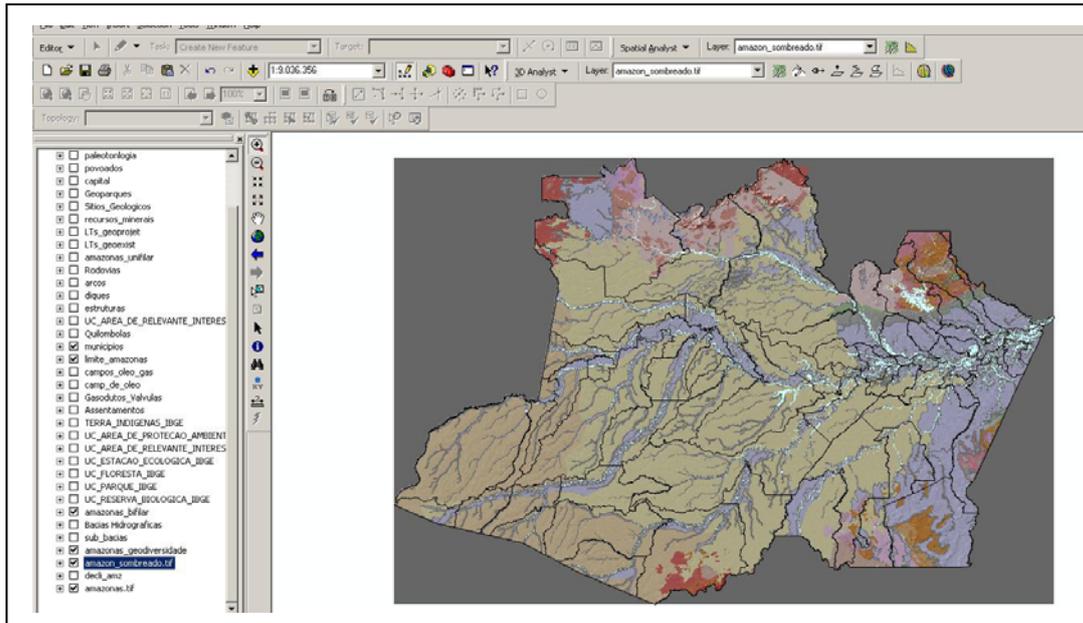


Figura 4 – Dados digitais: unidades geológico-ambientais x relevo sombreado. Estado do Amazonas.

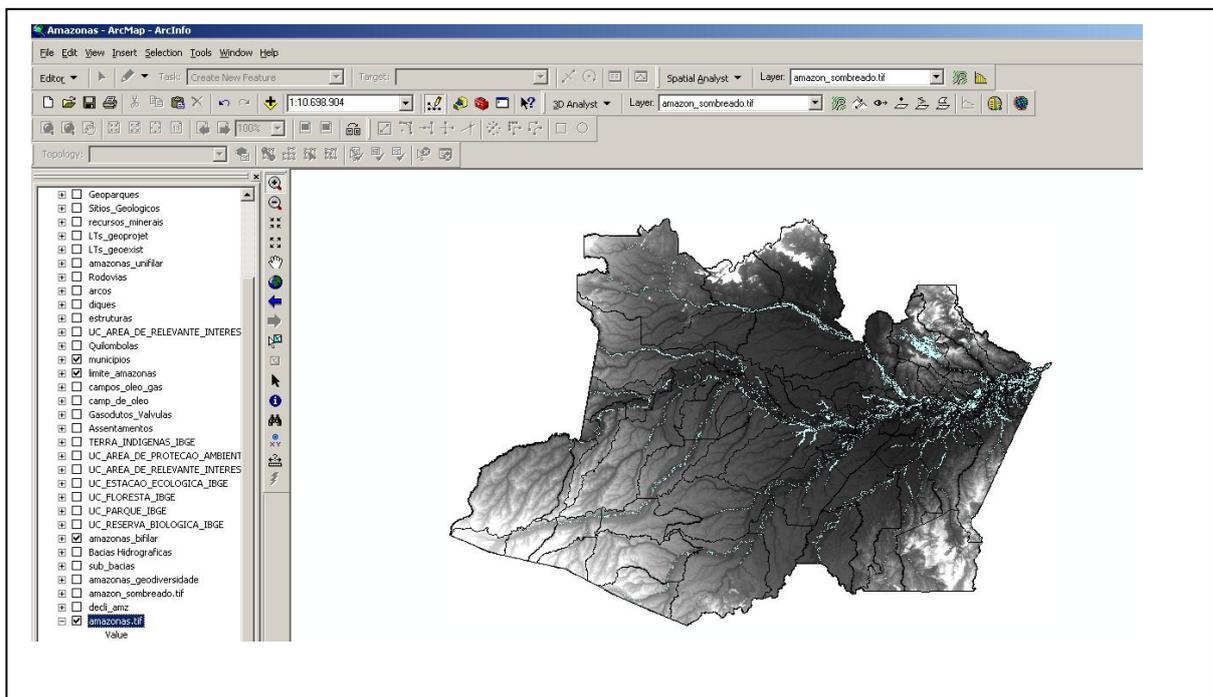


Figura 5 – Dados digitais: Modelo Digital de Elevação (SRTM) x drenagem bifilar. Estado do Amazonas.

Os procedimentos de tratamento digital e processamento das imagens *geotiff* e *MrSid* (SRTM e Geocover respectivamente), dos *Grids* (declividade e hipsométrico), bem como dos recortes e *reclass* dos arquivos vetoriais (litologia, planimetria, curvas

de nível, recursos minerais, etc.) contidos no *Kit Digital*, foram realizados em ambiente SIG utilizando o *software* ArcGis9 e ENVI 4.2.

8.1 - TRABALHANDO COM O *KIT* DE DADOS DIGITAIS

Na metodologia adotada, a UNIDADE GEOLÓGICO-AMBIENTAL, fruto do *reclass* geológico, é a unidade fundamental de análise, na qual foram agregadas todas as informações da geologia possíveis de serem obtidas a partir dos produtos gerados pelo SRTM, mosaico Geocover2000 e drenagem e, acima de tudo, da experiência e conhecimento dos profissionais da equipe com os processos geodinâmicos da sua área de atuação.

Utilizando os dados digitais contidos dentro de cada DVD foram estruturados para cada folha ou mapa estadual um **Projeto.mxd** no programa ArcGis9.

Dentro do diretório de trabalho havia um arquivo *shapefile*, denominado **Lito_*código da folha.shp**, que correspondia ao arquivo da geologia com a reclassificação das unidades-geológico-ambientais. Como exemplo para a Folha SA22_Belém teve-se a *shape* **Lito_SA22.shp**.

Na primeira etapa do trabalho, foram preenchidos apenas os campos pertencentes aos Parâmetros da Geologia (item 3.). Completada a etapa de preenchimento dos parâmetros da geologia as equipes locais iniciaram os trabalhos de preenchimento dos campos com os novos atributos do relevo.

As informações do relevo serviram para melhor caracterizar a Unidade Geológico-Ambiental e também para subdividi-la. Porém, esta subdivisão na sua maior parte foi a nível de polígonos individuais.

Em casos excepcionais quando houve absoluta necessidade de subdivisão do polígono, ou seja, quando as variações fisiográficas foram muito contrastantes, evidenciando comportamentos hidrológicos e erosivos muito distintos este procedimento foi realizado mediante aprovação das Cordenações Técnicas.

Nesta etapa, o relevo entrou como um atributo para subdividir a unidade, podendo propiciar novas deduções na análise ambiental.

Assim, a nova Unidade Geológica-Ambiental correspondeu da interação da Unidade Geológico-Ambiental definida na primeira etapa (item 2.1) mais o relevo.

Finalizado o trabalho de implementação dos parâmetros da geologia e do relevo pelas equipes regionais nos arquivos vetoriais, todas as unidade enviaram os arquivos

digitais para a Coordenação de Geoprocessamento que procedeu a uma auditoria dos arquivos digitais e realização da correção topológica das 46 Folhas para retirada de polígonos espúrios, superposição e vazios que foram gerados durante o processo de edição dos arquivos. Paralelamente foi iniciada a carga dos dados na Base Geoambiental – APLICATIVO GEODIV (VISUAL BASIC) e posterior migração dos dados para o GEOBANK.

8. ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS - GEOBANK

A implantação do Projeto 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, simultaneamente a inserção das atividades sistemáticas do Departamento de Gestão Territorial, no sistema de banco de dados georreferenciado corporativo da empresa GEOBANK, a partir das informações do SIG da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo Schobbenhaus et al. (2004).

Dentro dessa premissa, a Coordenação de Geoprocessamento do Projeto após uma série de reuniões com as Coordenações Temáticas e com as equipes locais da CPRM estabeleceu as normas e procedimentos básicos a serem utilizados nas diversas atividades do Projeto, 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 e na escala 1:1.000.000.
- A partir da escala 1:1.000.000 criação de atributos geológicos aplicáveis para o 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 através de bibliotecas.

- Elaboração da legendas para compor os *Layouts* dos Mapas de Geodiversidade na escala 1:2.500.000 e posteriormente para os recortes dos mapas 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
- Base Geoambiental
- Entrada de dados de acordo com a escala
- Montagem de SIG's.
- Disponibilização dos Mapas na Internet através do módulo Web Map do GEOBANK <http://geobank.sa.cprm.gov.br> onde o usuário tem acesso às informações relacionadas às Unidades Geológico-Ambientais (Base Geoambiental) e suas respectivas Unidades Litológicas (Base de Litoestratigrafia).

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

Inicialmente este 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 6 telas de entrada de dados armazenados em 3 tabelas de dados e 16 tabelas de bibliotecas. A primeira tela recupera por escala e quadrícula ao milionésimo todas as unidades geológico-ambientais cadastradas, filtrando para cada Unidade Geológico-Ambiental as letras símbolos das unidades litoestratigráficas (Base de Litoestratigrafia). **Figura 6a**

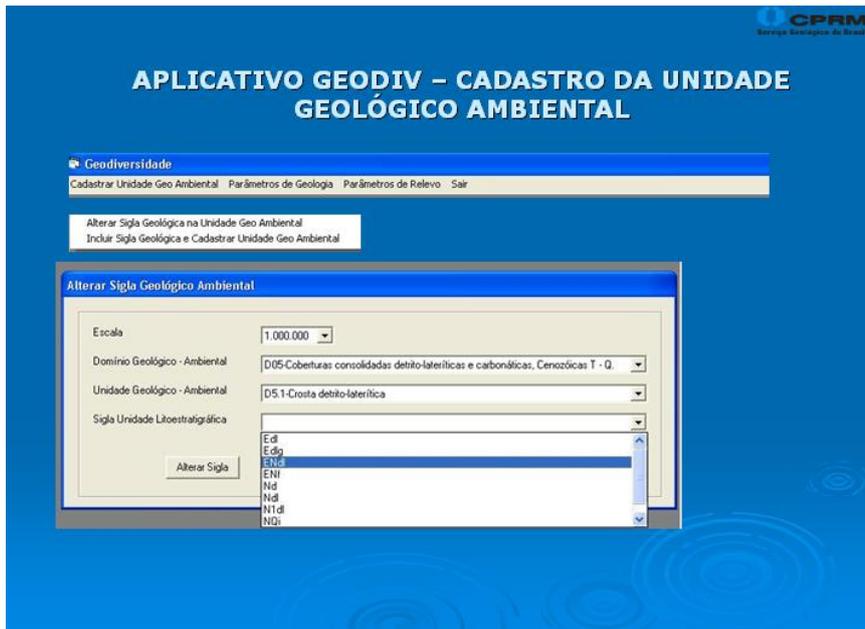


Figura 6a – Tela de cadastro das Unidades Geológico-ambientais. Aplicativo Geodiv.

Posteriormente, o usuário cadastra todos os atributos da geologia de interesse para o planejamento de acordo com a escala adotada. **Figura 6b**

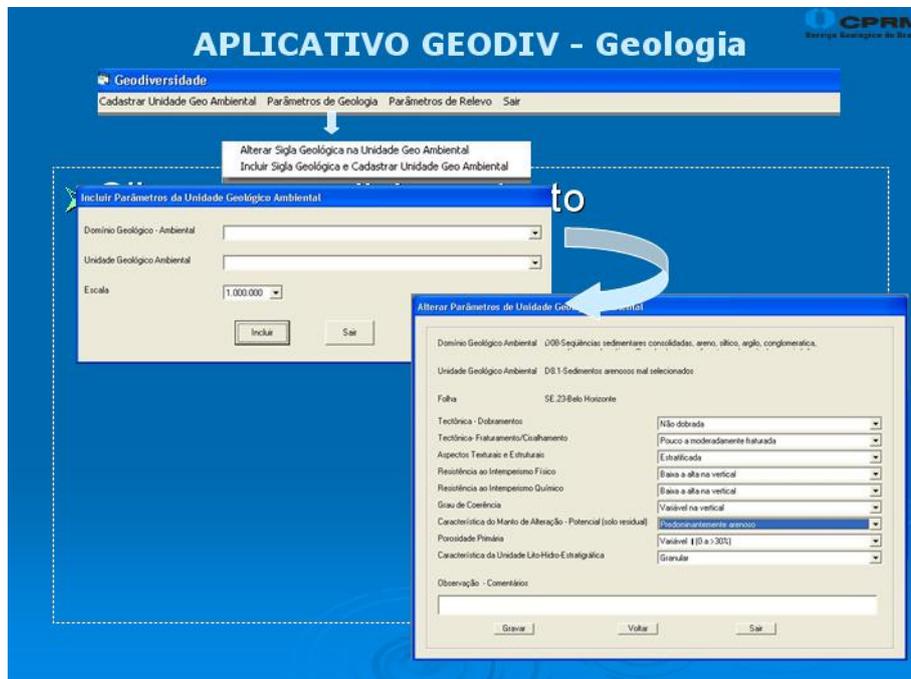


Figura 6b – Tela de cadastro dos atributos da geologia. Aplicativo Geodiv.

Na última tela, o usuário cadastra o compartimento de relevo. **Figura 6c.**

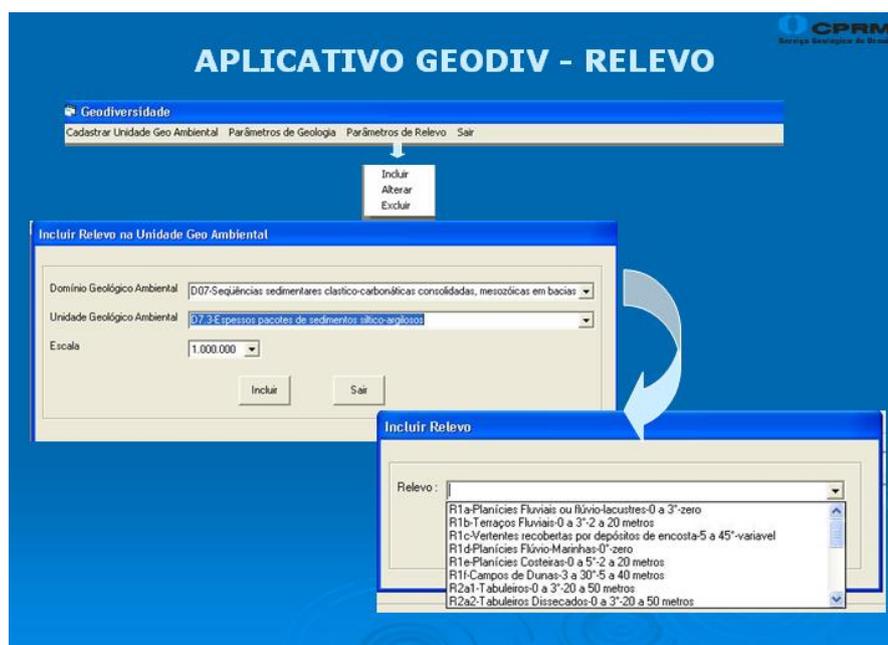


Figura 6c – Tela de cadastro dos atributos do relevo. Aplicativo Geodiv

Na escala 1:1.000.00 pelo recorte da carta Geológica ao Milionésimo, todos os dados foram preenchidos pela equipe da Coordenação de Geoprocessamento e posteriormente os dados do aplicativo foram migrados para o modelo de dados no GEOBANK (ORACLE), formando assim a Base Geoambiental **Figura 7.**

O módulo da Base Geoambiental, suportado por bibliotecas, recupera também por escala e por quadrícula ao milionésimo 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, através dos elementos-chave descritos nas tabelas, é possível vincular mapas digitais ao *GEOBANK* facilmente, como na montagem de SIGs, onde as tabelas são produtos da consulta sistemática ao banco de dados (BD).



Figura 7 – Fluxograma simplificado da Base Geoambiental. GEOBANK.

Outro importante ferramenta de visualização dos mapas geoambientais é através do módulo Web Map do GEOBANK, onde o usuário tem acesso às informações relacionadas às Unidades Geológico-Ambientais (Base Geoambiental) e suas respectivas Unidades Litológicas (Base de Litoestatigrafia), podendo recuperar as

informações dos atributos relacionados à geologia e ao relevo visualizando diretamente no mapa. **Figura 8.**

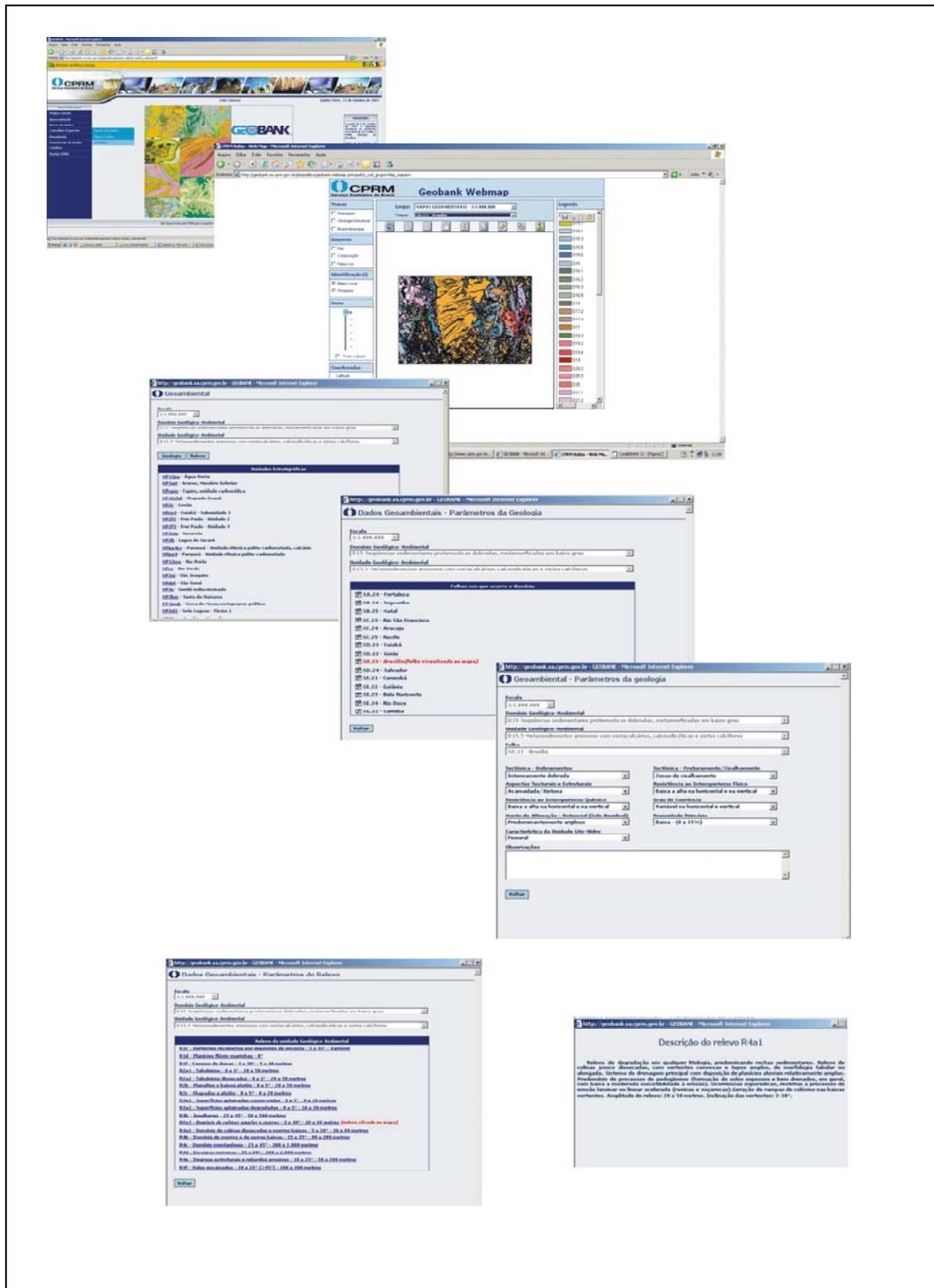


Figura 8 – Módulo WebMap de visualização dos arquivos vetoriais/base de dados. GEOBANK

8.1 ATRIBUTOS DOS CAMPOS DO ARQUIVO LITO-GEOLÓGICO-AMBIENTAL - DICIONÁRIO DE DADOS

Neste item são descritos os atributos dos campos que constam no arquivo *shapefile* da lito Geológico-Ambiental na etapa ao milionésimo.

COD_DOM (CÓDIGO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL) – Sigla dos Domínios Geológico-Ambientais

DOM_GEO (DESCRIÇÃO DO DOMÍNIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL) – Reclassificação da geologia pelos grandes Domínios Geológicos.

COD_UNIGEO (CÓDIGO DA UNIDADE GEOIÓLOGICO-AMBIENTAL- ETAPA I)- 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 sub-divisão dos Domínios Geológicos-Ambientais e por critérios chaves descritos no ítem 2.1.1 .

DEF_TEC (DEFORMAÇÃO TECTÔNICA/DOBRAMENTOS) – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas que compõem a Unidade Geológico-Ambiental.

CIS_FRAT (TECTÔNICA FRATURAMENTO/CISALHAMENTO) - Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas que compõem a Unidade Geológico-Ambiental.

ASPECTO (ASPECTOS TEXTURAIS E ESTRUTURAIS) - Relacionado às rochas ígneas e/ou metamórficas que compõem a Unidade Geológico-Ambiental.

INTEMP_F (RESISTÊNCIA AO INTEMPERISMO FÍSICO) – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas sãs que compõem a Unidade Geológico-Ambiental.

INTEMP_Q (RESISTÊNCIA AO INTEMPERISMO QUÍMICO) – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas sãs que compõem a Unidade Geológico-Ambiental.

GR_COER (GRAU DE COERÊNCIA (S)FRESCA (S) – Relacionado à rocha ou ao grupo de rochas que compõem a Unidade Geológico-Ambiental

TEXTURA (TEXTURA DO MANTO DE ALTERAÇÃO) - Relacionado ao padrão textural de alteração da rocha ou ao grupo de rochas que compõem a Unidade Geológico-Ambiental

PORO_PRI (POROSIDADE PRIMÁRIA) - Relacionado à porosidade primária da rocha ou ao do grupo de rochas que compõem a Unidade Geológico-Ambiental

AQUÍFERO (TIPO DE AQUÍFERO) - Relacionado ao tipo de aquífero que compõem a Unidade Geológico-Ambiental.

COD_REL (CÓDIGO DOS COMPARTIMENTOS RELEVO)- Siglas para a divisão dos macros compartimentos de relevo.

RELEVO (MACRO-COMPARTIMENTOS DO RELEVO) – Descrição dos macro-compartimentos de relevo

GEO_REL (CODIGO DA UNIDADE GEOLÓGICO AMBIENTAL + CODIGO DO RELEVO) - Sigla da nova Unidade Geológico-Ambiental, fruto da composição da Unidade Geo 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 descritos todas as observações consideradas relevantes na análise da unidade Geológico-Ambiental

9 BIBLIOGRAFIA

ALBUQUERQUE, P.C.G; Santos, C.C; MEDEIROS, J. S. de (no prelo)- Avaliação de Mosaicos com Imagens Landsat Tm para utilização em documentos cartográficos em Escalas Menores que 1/50.000 - São José dos Campos:INPE

BARROS, R.,S.;Cruz., M.B.C; Reis, B.R.: Rocha, F.M.E.;Barbosa,G.L - Avaliação Do Modelo Digital De Elevação do Srtm Na Ortoretificação De Imagens Spot 4 Estudo De Caso: Angra dos Reis – Rj

BERGER A.GEOINDICATORS: What Are They And How Are They Being Used? In 32nd Int. Geol. Congr., 2004, Abs. Vol., pt. 2, abs. 209-1, p. 972

BIZZI, L.A *et al* Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Texto, Mapas e SIG – Brasília: CPRM. 2003.

CPRM – Instruções e Procedimentos de Padronização no Tratamento Digital de dados para projetos de Mapeamento da CPRM – Manual de Padronização, Vol II, 2005

CREPANI, E. & MEDEIROS, J. S. (2004) - Imagens fotográficas derivadas de MNT do Projeto SRTM para fotointerpretação na Geologia, Geomorfologia e Pedologia./E. Crepani; J. S. de Medeiros. - São José dos Campos:INPE.

CREPANI, E & MEDEIROS, J. S. (2005) - Imagens CBERS + Imagens SRTM + Mosaicos GeoCover LANDSAT. Ambiente SPRING e TerraView: Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Gratuitos Aplicados ao Desenvolvimento Sustentável.XII-Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.

CCRS (2004). Canada Centre For Remote Sensing. Site: [Www.Ccrs.Nrcan.Gc.Ca/Ccrs](http://www.Ccrs.Nrcan.Gc.Ca/Ccrs). Acesso: 05/01/2004.

CROSTA, A. P. (1992). Processamento Digital De Imagens De Sensoriamento Remoto. Campinas - Sp.

170p

DINIZ, N.C; Dantas, A; Scliar Cláudio - Contribuição à Política Pública de Mapeamento Geoambiental no Âmbito do Levantamento Geológico- Oficina Internacional de Ordenamento Territorial e Mineiro. Subsídios ao mapeamento Geoambiental, no contexto do LGB e do Patrimônio Geomineiro. Rio de Janeiro, 2005.

GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. da, (org). Geomorfologia : uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 4ª ed, 2001

LIMA, M. I. C. de. Análise de Drenagem e Seu Significado Geológico/Geomorfológico. CD-ROM. Belém 2002.

RAMOS, M. A. B; Jesus, J. D. A; Santos E. B. E.; Cerqueira, D.B.- Proposta para Determinação de Atributos do Meio Físico Relacionados as Unidades Geológicas, Aplicado a Análise Geoambiental. Oficina Internacional de Ordenamento Territorial e Mineiro. Subsídios ao mapeamento Geoambiental, no contexto do LGB e do Patrimônio Geomineiro. Rio de Janeiro, 2005

RODRIGUES C., Coltrinari L. Geoindicators Of Urbanization Effects In Humid Tropicalenvironment: S?O Paulo (Brazil) Metropolitan AreaIn 32nd Int. Geol. Congr., 2004, Abs. Vol., pt. 2, abs. 209-27, p. 976

SCHOBENHAUS, C et al – SIG - Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Sistema de Informações Geográficas – CD-ROM. Brasília 2004

THEODOROVICZ *et al* - Projeto Curitiba-PR, CPRM, 1994

THEODOROVICZ *et al* - Projeto Médio Pardo-SP, CPRM, 2001

THEODOROVICZ *et al* - Projeto Mogi-Guaçu/Pardo-SP, CPRM, 2002;

THEODOROVICZ *et al* - Projeto Paisagens Geoquímicas e Geoambientais do Vale do Ribeira, CPRM/UNICAMP/FAPESP, 2005

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.; GIOVANNINI C.A.; RAMGRAB,G.E.; VIERO,A.C.- Carta Geoambiental da Região Hidrográfica do Guaíba.Mapas escala 1:250.000.Porto Alegre:CPRM/FEPAM/PRÓ-GUAÍBA,2001

TRAININI, D.R e ORLANDI FILHO,V.- Mapa Geoambiental de Brasília e Entorno– ZEE-RIDE, CPRM/EMBRAPA/CONSÓRCIO ZEE BRASIL/MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO;2003.