

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

MÁRCIO LIMA RIOS

**VULNERABILIDADE À EROSÃO NOS
COMPARTIMENTOS MORFOPEDOLÓGICOS DA
MICROBACIA DO CÓRREGO DO COXO /
JACOBINA-BA.**

BELO HORIZONTE - MG

MARÇO DE 2011

MÁRCIO LIMA RIOS

**VULNERABILIDADE À EROSÃO NOS COMPARTIMENTOS
MORFOPEDOLÓGICOS DA MICROBACIA DO CÓRREGO DO
COXO / JACOBINA-BA.**

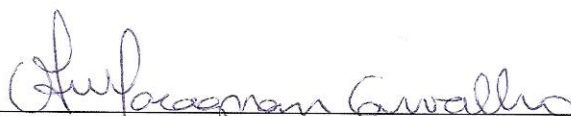
**Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Geografia, do Instituto
de Geociências da Universidade Federal
de Minas Gerais, como requisito parcial
para obtenção do título de mestre em
Geografia.**

Área de Concentração: Análise Ambiental


Orientadora: Dr^a. Vilma Lúcia Macagnan Carvalho

**BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA - IGC/UFMG
MARÇO DE 2011.**

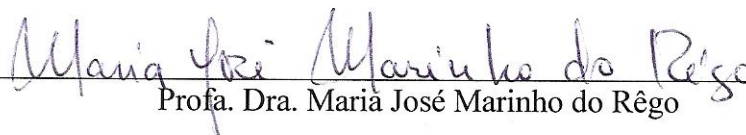
Dissertação defendida e aprovada, em 11 de março de 2011, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:



Profa. Dra. Vilma Lúcia Macagnan Carvalho



Profa. Dra. Cristiane Valéria de Oliveira



Profa. Dra. Maria José Marinho do Rêgo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa, Aline, pela paciência nos momentos de intenso trabalho, pelo permanente incentivo, pela maravilhosa companhia, que mesmo diante da distância entre Bahia e Minas Gerais foi sempre presente. Aprendi com Aline, principalmente nos últimos dois anos, que os grandes problemas existem, e cabe a cada um de nós (com dedicação e esperança) e a nós juntos (confiança e solidariedade), a busca pelas melhores soluções.

Agradeço a minha mãe, Maria, meu pai, Pedro e meu irmão, Moab, pelo incondicional apoio na decisão de buscar novos horizontes para meus estudos. Agradeço a eles pelo exemplo de humildade, honestidade e luta por uma condição de vida mais feliz.

Agradeço a minha orientadora, Professora Vilma, pela atenção e disponibilidade desde o primeiro contato com o IGC/UFMG, pela orientação, pelas nossas conversas e os importantes aconselhamentos. Vilma foi a pessoa mais importante na minha vinda para Belo Horizonte. Obrigado professora por acreditar em mim e na minha capacidade de desenvolver um bom trabalho!

Agradeço aos meus professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia do IGC/UFMG, principalmente a professora Cristiane Valéria, Ana Clara Mourão e Roberto Valadão que em vários momentos contribuíram de forma decisiva na construção desse trabalho.

Outras pessoas foram importantes na condução de minhas atividades de estudo e pesquisa nos últimos dois anos e que culminaram na confecção dessa dissertação, portanto meus agradecimentos ao Professor Paulo Fernandes da Universidade do Estado da Bahia – UNEB pelos ensinamentos e incentivo à pesquisa; ao colega de caminhada na Geografia João Batista pela disponibilização de importantes informações sobre a Serra de Jacobina; ao Sr. Reginaldo e a Sra. Bárbara pelo generoso apoio nas estadias na cidade de Jacobina; ao amigo mineiro Marcos Nicolau, que dividiu comigo nos últimos dois anos as alegrias e angústias passadas em Belo Horizonte; ao amigo Raimundo Maranhão pela importante contribuição no abstract dessa dissertação; a comunidade do Cocho de Dentro, e principalmente o Sr. George por aceitar que sua propriedade fosse meu ponto de apoio para as pesquisas de campo e a Fagner pelo auxílio nas caminhadas e coletas de amostras de solo nos diversos pontos na microbacia; a Nívia e Ricardo (Laboratório de Geomorfologia do IGC) pela ajuda na análise de amostras de solos.

Finalmente agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF-Baiano - Campus de Senhor do Bonfim) pela permissão de meu afastamento para esta pós-graduação; ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet-MG – Campus de Belo Horizonte), principalmente aos coordenadores do Curso Técnico em Meio Ambiente do ano de 2009 Telson Crespo e Daisy Morais pela cordialidade, compreensão e apoio durante minha vivência em Belo Horizonte; à UNEB-BA (Campus IV - Jacobina) pelo apoio técnico no desenvolvimento da pesquisa.

RESUMO

A Microbacia do Córrego do Coxo está encravada na Serra de Jacobina, no alto curso da Bacia do Itapicuru no Município de Jacobina-BA. Encontra-se numa área cujas características físicas e de uso e ocupação chamam a atenção para a elevada ocorrência de processos erosivos. Essa área possui solos jovens com textura predominantemente arenosa, derivada de uma geologia fortemente influenciada por quartzitos e ortoquartzitos. Possui relevo bastante acidentado, de elevada amplitude altimétrica, com altas encostas e topos cobertos por vegetação de baixa densidade de cobertura, associadas às baixas encostas e fundos de vale com floresta estacional semidecidual. A mineração e a agropecuária são as atividades que mais modificaram a paisagem natural, tendo contribuído para a elevação da vulnerabilidade à erosão na microbacia. Os solos, a litologia, a declividade das vertentes, a cobertura vegetal e uso do solo, foram caracterizados e integrados com o objetivo de estabelecer o grau de vulnerabilidade à erosão dos compartimentos morfopedológicos, vislumbrando ferramentas que possam subsidiar na ordenação da ocupação humana na microbacia. Os dados foram integrados com apoio de Álgebra de Mapas em ambiente SIG, seguindo os procedimentos de Análise de Multicritérios. Este trabalho mapeou quatro diferentes conjuntos de compartimentos morfopedológicos, determinados em função da “baixa”, “média”, “alta” e “muito alta” vulnerabilidade à erosão. Para isso foi fundamental o levantamento pedológico semidetalhado da microbacia, no qual se identificou a existência de solos pouco desenvolvidos, classificados até o 4º nível categórico, todos na Ordem dos Neossolos e Cambissolos. Constatou-se que os compartimentos morfopedológicos com “baixa” vulnerabilidade à erosão, onde há o predomínio da pedogênese sobre a morfogênese, estão restritos a pequenas manchas, as quais estão sob forte ameaça pela atividade agropecuária. Os conjuntos de compartimentos com “alta” e “muito alta” vulnerabilidade, nos quais as condições ambientais conduzem para a instabilidade no sistema solo/relevo, são predominantes em mais de 60% da área estudada. Apesar dos usos serem influentes na determinação dessa alta vulnerabilidade, vale destacar que as particularidades naturais dos compartimentos, por si só, já estabelecem altas potencialidades para o desencadeamento da erosão, o que aumenta as responsabilidades na ordenação da ocupação da microbacia.

ABSTRACT

Coxo creek microbasin is incised in the mountains of Jacobina, in the high course of the Itapicuru basin in the district of Jacobina. It is an area whose physical characteristics, use and occupation draws attention to the high occurrence of erosion. That area has, predominantly, young soils with sandy texture, derived from a geology strongly influenced by quartzite and orthoquartzitic. It has very irregular topography, high amplitude altimetry with higher hillsides and peaks covered with low density vegetation, coupled with low hills and valley bottoms with seasonal semideciduous forest. Mining, agriculture and cattle raising are the activities that have altered more significantly the natural landscape and contributed to increased vulnerability to erosion in the microbasin. The soil, the lithology, the declivity of the hogbacks, the vegetation cover and land use were characterized and integrated in order to establish the degree of vulnerability to erosion in the morphopedologic compartments, conjecturing tools that could support the ordering of human occupation in the microbasin. The data was integrated supported by the Map Algebra approach in a GIS environment, following the Multicriteria Analysis procedure. This piece of work mapped four different groups of morphopedological compartments, determined according to the 'low', 'medium', 'high' and 'very high' erosion vulnerability. To do so, a detailed pedological survey on the microbasin was essential, for it identified the existence of underdeveloped soil, classified to the 4th categorical level, all of them of the order of "Neosol" and "Cambisol". The data was integrated supported by the Map Algebra approach in a GIS environment, following the Multicriteria Analysis procedure. It was evidenced that the morphopedological compartments which show 'low' vulnerability to erosion, where there is pedogenesis over morphogenesis predominantly, are restricted to small stains, which are found to be severely threatened by farming and cattle raising. The groups of compartments which presented 'high' or 'very high' vulnerability, in which the environmental conditions lead to the soil/relief system instability, are predominant in more than 60% of the studied area. Despite the fact that the usage influences a lot when determining the high vulnerability, it is worth to mention that the natural particularities of the compartments, for they establish high potentialities to the erosion outbreak by themselves, what increases the feeling of responsibility when distributing the occupancy of the microbasin.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 -	Bloco-diagrama ilustrando a influência do relevo na idade dos solos (taxa de pedogênese-erosão).....	21
Figura 2 -	Geometria e declividade em encostas retilínea, convexa e côncava.....	39
Figura 3 -	Estruturas esquemáticas dos silicatos.....	46
Figura 4 -	Mapa de localização da Microbacia do Córrego do Coxo na Bahia.....	58
Figura 5 -	Aerofoto em escala 1:25.000, trecho próximo a cidade de Jacobina.....	61
Figura 6 -	Estrutura de dados por planos de informação em uma matriz tridimensional $A_{i,j,k}$	73
Figura 7 -	Coincidência espacial - sobreposição de planos de informação de mesma resolução.....	74
Figura 8 -	Construção dos mapas na forma de matrizes e atribuição de pesos para as camadas e notas para os componentes de legenda.....	75
Figura 9 -	Esquema ilustrando a confecção do Mapa de Vulnerabilidade à Erosão dos Compartimentos Morfopedológicos da Microbacia do Córrego do Coxo.....	80
Figura 10 -	Roteiro metodológico geral.....	83
Figura 11 -	Mapa de Solos da Microbacia do Córrego do Coxo.....	86
Figura 12 -	Perfil 15 (P-15) - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário.....	87
Figura 13 -	Perfis de NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário – Unidade de Mapeamento RLdh.....	89
Figura 14 -	Perfil 02 (P-02) NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico.....	92
Figura 15 -	Perfil 05 (P-05) - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico húmico.....	93
Figura 16 -	Perfil 08 (P-08) - NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico típico.....	95
Figura 17 -	Perfil 09 (P-09) - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico.....	96
Figura 18 -	Perfis de CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico, correspondente a Unidade de Mapeamento CXvd1.....	99
Figura 19 -	Perfil 07 (P-07) - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico.....	100
Figura 20 -	Perfil 03 (P-03) - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico.....	102
Figura 21 -	Perfil 11 (P-11) - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico latossólico....	104
Figura 22 -	Perfis de CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico.....	105
Figura 23 -	Mapa litológico da Microbacia do Córrego do Coxo.....	108
Figura 24 -	Mapa de unidades de relevo da Microbacia do Córrego do Coxo.....	109

Figura 25	Mapa de classes de declividade da Microbacia do Córrego do Coxo.....	110
Figura 26 -	Mapa de cobertura vegetal e uso do solo da Microbacia do Córrego do Coxo.....	116
Figura 27 -	Mapa de vulnerabilidade à erosão dos compartimentos morfoedológicos na Microbacia do Córrego do Coxo.....	121
Figura 28 -	Compartimento com baixa vulnerabilidade à erosão.....	123
Figura 29 -	Compartimento com média vulnerabilidade à erosão em condição de uso agropecuário.....	125
Figura 30 -	Compartimentos morfoedológicos com média vulnerabilidade à erosão.....	127
Figura 31 -	Compartimentos morfoedológicos com alta vulnerabilidade á erosão em condição de uso agropecuário.....	128
Figura 32 -	Compartimentos morfoedológicos com alta vulnerabilidade à erosão.....	129
Figura 33 -	Compartimento com alta vulnerabilidade à erosão na porção SW da microbacia.....	131
Figura 34 -	Trechos em compartimentos morfoedológicos com muito alta vulnerabilidade à erosão.....	132
Figura 35 -	Comparação entre os mapas de vulnerabilidade à erosão atual e natural.....	135
Figura 36 -	Assoreamento em leito fluvial no baixo curso do Córrego do Coxo.....	137

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 -	Energia de Formação das Estruturas dos Silicatos.....	48
Tabela 2 -	Notas estabelecidas às classes dos planos de informação: litologia, declividade e uso do solo/cobertura vegetal.....	78
Tabela 3 -	Testes para ponderação dos planos de informação no modelo de vulnerabilidade à erosão na Microbacia do Córrego do Coxo.....	81
Tabela 4 -	Análises granulométricas e químicas do perfil 15 representativo da unidade de mapeamento RLd - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário.....	88
Tabela 5 -	Análises granulométricas e químicas dos perfis 01, 06, 14 e 16 representativos da unidade de mapeamento RLdh - NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário.....	90
Tabela 6 -	Análises granulométricas e químicas do perfil 02 representativo da unidade de mapeamento RQo1 - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, e o perfil 05 representativo da unidade RQo2 - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico húmico.....	92
Tabela 7 -	Análises granulométricas e químicas do perfil 8 da unidade de mapeamento RYq -NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico típico, e o perfil 9 representativo do NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico.....	95
Tabela 8 -	Análises granulométricas e químicas dos perfis 4 e 10 representativos da unidade de mapeamento CXvd1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico, e do perfil 7 representativo da unidade CXvd2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico.....	101
Tabela 9 -	Análises granulométricas e químicas do perfil 3 representativo da unidade de mapeamento CXve - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico, e do perfil 11 representativo da unidade CXbe - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico latossólico.....	103
Tabela 10 -	Análises granulométricas e químicas dos perfis 12 e 17 representativos da unidade de mapeamento CHd - CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico.....	105
Tabela 11 -	Distribuição espacial das classes de declividades na Microbacia do Córrego do Coxo.....	115
Tabela 12 -	Classes de solos mapeadas na Microbacia do Córrego do Coxo e os parâmetros considerados na atribuição das notas/valores de vulnerabilidade à erosão.....	118
Tabela 13 -	Valores utilizados no modelo de vulnerabilidade à erosão na Microbacia do Córrego do Coxo, para as classes do plano de informação ‘solos’.....	119

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL	16
2.1 A abordagem morfopedológica	16
2.2 O relevo como fator de formação dos solos	18
2.3 A litologia como fator de formação dos solos	22
2.4 Morfogênese como condição de instabilidade e pedogênese como condição de estabilidade.	27
2.5 Vulnerabilidade ao processo erosivo.	32
2.5.1 Fatores controladores dos processos erosivos nas vertentes	33
2.5.2 A resistência das rochas ao intemperismo	42
2.5.3 A ação antrópica e a erosão acelerada: uma questão de uso do solo e manejo inadequados	50
2.6 A importância dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na integração de dados ambientais	53
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	57
3.1 Localização	57
3.2 Geologia e geomorfologia	59
3.3 Clima, cobertura vegetal e solos	63
3.4 Principais atividades (uso da terra)	65
4. METODOLOGIA	67
4.1 Confecção de modelo digital de elevação (MDE) e digitação do mapa geológico	67
4.2 Confecção de mapa de unidades de relevo e da rede de drenagem	68
4.3 Confecção de mapa da cobertura vegetal e uso do solo	69
4.4 Caracterização, classificação e mapeamento dos solos.	70
4.5 A integração dos dados em SIG – Análise de Multicritérios.	72
5. LEVANTAMENTO PEDOLÓGICO DA MICROBACIA DO CÓRREGO DO COXO	84

5.1 Neossolos.....	87
5.1.1 Neossolos Litólicos	87
5.1.2 Neossolos Quartzarênicos	91
5.1.3 Neossolos Flúvicos	94
5.2 Cambissolos.....	97
5.2.1 Cambissolos Háplicos	98
5.2.2 Cambissolos Húmicos	104
6. VULNERABILIDADE À EROÇÃO EM COMPARTIMENTOS MORFOPEDOLÓGICOS NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO COXO	107
6.1 A distribuição dos litotipos na microbacia: base para o entendimento dos compartimentos morfopedológicos.....	107
6.2 O modelo de vulnerabilidade à erosão da microbacia.....	114
6.3. Análise dos conjuntos de compartimentos morfopedológicos diante da vulnerabilidade à erosão.	122
6.3.1 – Compartimentos morfopedológicos com ‘baixa’ vulnerabilidade à erosão	122
6.3.2 – Compartimentos morfopedológicos com ‘média’ vulnerabilidade à erosão	124
6.3.3 – Compartimentos morfopedológicos com ‘alta’ vulnerabilidade à erosão.	127
6.3.4 – Compartimentos morfopedológicos com ‘muito alta’ vulnerabilidade à erosão	131
6.3.5 – A alta vulnerabilidade à erosão da Microbacia	134
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	138
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
APENDICE A – Descrição morfológicas dos perfis dos solos da Microbacia do Córrego do Coxo	147

1. INTRODUÇÃO

Entre as diversas formas de degradação ambiental, a erosão dos solos se constitui como um dos mais sérios problemas, não apenas porque compromete a qualidade física, química e biológica dos próprios solos, mas também porque afeta direta ou indiretamente ecossistemas, a qualidade dos recursos hídricos, interfere na dinâmica do relevo e na dinâmica de córregos e rios associados, além de indiscutivelmente afetar as atividades agrícolas, a partir da redução da capacidade produtiva.

Sabe-se que a erosão enquanto fenômeno natural é tão antiga quanto a própria história do planeta, sua atuação é um importante mecanismo modelador da superfície terrestre, constituindo parte integrante da dinâmica da natureza. Gotas de chuva atingindo a superfície e enxurradas e ventos transportando partículas de solo, por exemplo, são condições naturais, que apenas deixam suas marcas no decorrer de longos períodos. Essas ações passam a ser grande problema quando há fortes interferências do homem na natureza, retirando a cobertura vegetal e expondo as superfícies desnudas às chuvas torrenciais e a ação do vento, provocando a aceleração dos processos erosivos, o aumento das perdas de solo e a redução da qualidade do ambiente. O avanço indiscriminado das sociedades sobre as terras coloca a erosão como um sério problema de degradação ambiental e até mesmo socioeconômico (as perdas de solo comprometem a produção agrícola e o sustento de milhões de famílias ao redor do mundo).

A frenética busca pelo desenvolvimento e expansão das atividades econômicas intensifica a ocupação e incorporação de novos espaços, o que aumenta os riscos de degradação ambiental, principalmente porque a exploração dos recursos naturais na maioria das vezes é desprovida de estudos e planejamentos voltados para o reconhecimento das potencialidades e fragilidades do ambiente e para ordenação da ocupação. A erosão dos solos, enquanto problema ambiental, pode ser controlada a partir do momento em que as políticas de ocupação espacial venham a considerar os próprios limites impostos pelas condições naturais e que o uso das terras sejam apoiados em procedimentos sustentáveis e conservacionistas.

As discussões que envolvem o tema ‘vulnerabilidade à erosão’, dizem respeito ao reconhecimento de diferentes graus de sensibilidade/susceptibilidade do ambiente aos processos erosivos. São estudos associados à possibilidade de ocorrência da erosão a partir

da avaliação das atuais condições ambientais, tanto no que se refere às características naturais de solo, pluviosidade, relevo, geologia e cobertura vegetal como das condições de ocupação e uso da terra pela população. Sendo assim, este tipo de estudo tem grande valor como ferramenta para o planejamento ambiental e para a ordenação do uso.

Neste trabalho, os diferentes graus de vulnerabilidade à erosão estão, em parte, relacionados com o que Tricart (1977) chamou de meios morfodinâmicos estáveis, fortemente instáveis e intergrades (intermediários). A erosão numa ‘unidade de paisagem’ (ou ‘compartimento morfopedológico’, como é chamado neste trabalho) é avaliada qualitativamente a partir dos condicionantes do processo erosivo (os elementos desencadeadores), sendo vista como uma condição em que predomina a morfogênese (meios instáveis ou de alta vulnerabilidade), pois destrói rapidamente o solo e altera em um curto espaço de tempo a forma da superfície terrestre, provocando efeitos que induzem mudanças ao sistema natural. Por outro lado, em compartimentos morfopedológicos sob condições ambientais geradoras de maior estabilidade, são reconhecidos como ambientes em que predomina a pedogênese (meios estáveis ou de baixa vulnerabilidade), onde ocorre um mínimo de interferência de ações morfogênicas, favorecendo o desenvolvimento dos solos com a ampliação da espessura dos horizontes. Além da existência de condições intermediárias ou de média vulnerabilidade.

Optou-se por estudar a microbacia hidrográfica do Córrego do Coxo, localizada no município de Jacobina no Centro-Norte do Estado da Bahia. É uma área pequena, de aproximadamente 12 km², encaixada totalmente na chamada ‘Serra de Jacobina’. As diversas características naturais da microbacia são refletidas na Serra de Jacobina como um todo: a área do Coxo representa uma síntese das principais litologias da serra (entendida aqui como o Grupo Jacobina e o Complexo Itapicuru); em observação/interpretação de fotografias aéreas e imagem de satélite visualizam-se características semelhantes nas formas do relevo entre a microbacia e a área serrana; dados climáticos de pluviosidade e temperatura pouco diferem ao longo dos 200 km de extensão da serra. A partir dessa correlação, pode-se deduzir que os solos presentes na área do Coxo são encontrados ao longo da serra, o mesmo acontecendo com a cobertura vegetal natural. Esse fato reforça a escolha do recorte espacial delimitado nessa pesquisa (Microbacia do Córrego do Coxo) para estudos ambientais detalhados, no contexto da região.

De forma geral, a microbacia possui baixa ocupação humana, caracterizada por unidades residenciais esparsas, organizadas principalmente nas baixas altitudes, próximos aos vales fluviais, um pouco acima da planície de inundação. Do ponto de vista ambiental

chamam atenção duas paisagens: a primeira (compondo a maior parte da microbacia) são vastos trechos de cobertura vegetal relativamente preservada; e a outra constituída por áreas antropizadas de significativa alteração do espaço natural.

O que se observa na paisagem da microbacia é uma ocupação que faz uso de encostas íngremes e das margens dos pequenos córregos, na maioria das vezes, amparadas em técnicas rudimentares e com manejo inadequado do solo e dos sistemas fluviais. Nesse sentido, a associação entre um sistema natural relativamente frágil, com tendências para alta vulnerabilidade ao desencadeamento de processos erosivos, somados a intensificação da ocupação por atividades não planejadas, aumenta a responsabilidade das autoridades e da população local para a conservação da microbacia e manutenção da sua qualidade ambiental.

Para isso, julga-se fundamental o maior aprofundamento no entendimento sobre as particularidades ambientais, em especial dos solos e relevo, que somados a bons estudos geológicos (Projeto Serra de Jacobina) que já existem, podem constituir uma excepcional ferramenta na compreensão da dinâmica natural da área.

O conhecimento da natureza e da variação espacial dos solos dentro da Microbacia do Córrego do Coxo serve, para diversos estudos ambientais, ponderando que os solos estão em estreita relação com a hidrologia, com a biota, com a morfologia e com as atividades econômicas do local, portanto, sendo muito importante para a avaliação das potencialidades e limitações da microbacia.

Este trabalho justifica-se pela sua contribuição para o conhecimento sistemático (numa escala semidetalhada – 1:25.000) das características ambientais do local a ser pesquisado, principalmente dos solos. São informações básicas para trabalhos de planejamento ambiental, escassas na região abordada, principalmente em escalas maiores que 1:50 000. É válido lembrar que os mapas e informações finais assumem importância relevante na microbacia do Córrego do Coxo, pois criam ferramentas que podem ser utilizadas para a ordenação da ocupação da área, além de apontar espaços críticos, onde a maior vulnerabilidade ao processo erosivo exigirá uma coerente organização das ações a serem executadas na área.

Assim, **tem-se como objetivo geral estabelecer o grau de vulnerabilidade à erosão dos compartimentos morfopedológicos, vislumbrando ferramentas que possam subsidiar a ordenação da ocupação humana na Microbacia do Córrego do Coxo.** São objetivos específicos: identificar e mapear os tipos de solos da área estudada; identificar os distintos níveis de vulnerabilidade à erosão dos compartimentos

morfopedológicos da área de estudo; e contribuir para o desenvolvimento de metodologias de estudos ambientais ao longo da Serra de Jacobina a partir da Análise de Multicritério, enquanto técnica de geoprocessamento, em estudos de vulnerabilidade à erosão.

É importante frisar que a metodologia ora utilizada poderá ser aplicada em toda extensão da serra, já que as condições naturais macro guardam significativas semelhanças com o que se ver na microbacia estudada.

A dissertação foi organizada em 5 capítulos. No primeiro, são apresentados os conceitos e teorias que fundamentam toda pesquisa, a começar pelas discussões que abrangem o termo ‘compartimentos morfopedológicos’, conceito este, aprofundado nos subtópicos seguintes quando se discute a relação entre o solo e o relevo, e a relação entre o solo e a litologia. No tópico seguinte, é enfatizada a relação entre pedogênese e morfogênese, atrelada aos conceitos de estabilidade e instabilidade das paisagens. Seguindo, é discutida a vulnerabilidade a partir dos fatores controladores da erosão (chuva, propriedades dos solos, topografia e cobertura vegetal), da influência do fator litológico, e da influência das atividades humanas no desencadeamento da erosão dos solos. O último tópico desse capítulo foi reservado para apresentar conceitos acerca dos Sistemas de Informação Geográfica e sua importância na integração de dados ambientais.

O capítulo seguinte foi reservado para a apresentação e caracterização da área em estudo (localização, geologia e geomorfologia, clima, solos, vegetação e atividades humanas). O próximo capítulo apresenta a metodologia desenvolvida na pesquisa, e aborda os procedimentos adotados na confecção dos mapas geológicos, de feições de relevo e de cobertura vegetal / uso e ocupação do solo, além dos métodos adotados no levantamento pedológico, classificação e mapeamento dos solos, e por último, são discutidos os procedimentos usados na integração dos dados em SIG, para o estabelecimento do grau de vulnerabilidade à erosão nos compartimentos morfopedológicos (uso da análise de multicritérios).

Os dois capítulos seguintes apresentam os resultados da pesquisa, primeiramente o resultado do levantamento pedológico, que discutiu as classes de solos encontradas na microbacia a partir do levantamento de campo e de análises de amostras de solo em laboratório. A classificação ocorreu até o 4º nível categórico, e os tópicos foram organizados de acordo com o segundo nível (subordens) dos Neossolos: Litólicos, Quartzarênicos e Flúvicos; e dos Cambissolos: Háplicos e Húmicos.

O outro capítulo de resultado traça uma análise, sobre a perspectiva da vulnerabilidade à erosão dos compartimentos morfopedológicos (C.M.) encontrados partir

da integração das classes de declividade, com a litologia, com as classes de solos, cobertura vegetal e usos atuais (C.M. com baixa vulnerabilidade, C.M. com média vulnerabilidade, C.M. com alta vulnerabilidade e C.M. com muito alta vulnerabilidade à erosão). Neste mesmo capítulo também foram discutidas as consequências ambientais da retirada da cobertura vegetal e da ocupação desordenada para a Microbacia do Córrego do Coxo. Por último, foram apresentadas as considerações finais.

2. Fundamentação Teórica e Conceitual

2.1 Abordagem morfopedológica.

Diversos são os trabalhos que abordam a correspondência entre o substrato litológico, a disposição das formas da terra e os solos. A base teórica para estudos envolvendo unidades morfopedológicas enfatiza a discussão acerca da relação entre relevo, geologia e solos numa perspectiva que pode abarcar estudos atrelados à análise ambiental.

Buscando o entendimento sobre o significado de compartimentos ou unidades morfopedológicas e sua aplicabilidade metodológica em estudos ambientais, é necessário destacar o trabalho de Castro e Salomão (2000). Para esses autores, a releitura do artigo “Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário” de Ab’Sáber, publicado em 1969, foi fundamental para a construção teórico-metodológica e do nível de tratamento da concepção morfopedológica. Este artigo de Ab’Sáber foi uma das mais importantes contribuições feitas no Brasil no âmbito metodológico da geomorfologia, estabelecendo níveis de tratamento que uma pesquisa sobre o relevo deve abranger, considerando que os trabalhos passam em primeiro lugar por uma compartimentação topográfica, com caracterizações e descrições precisas das formas de relevo; em segundo lugar pela extração de informações sistemáticas (observações minuciosas) da estrutura superficial da paisagem; e por último, o entendimento dos processos morfodinâmicos e pedogenéticos a partir de estudos e medidas experimentais (ROSS, 1997).

Para Castro e Salomão (2000) é neste último nível, “o entendimento dos processos morfodinâmicos e pedogenéticos”, que Ab’Sáber situou melhor o estudo dos solos, além do fato de valorizar bastante o estudo das características pedológicas na pesquisa geomorfológica.

De acordo com Castro e Salomão (op. cit.) os primeiros mapas de compartimentos morfopedológicos colocavam em evidência o estudo da relação entre o relevo e o solo, segundo objetivos que visavam buscar um caminho para a compreensão dos indicadores diagnósticos e prognósticos do meio físico sobre o desencadeamento de processos erosivos, estudos esses, desenvolvidos por Salomão no início da década de 1990 no interior do Estado de São Paulo.

Para os autores, o termo compartimento morfopedológico deve ser entendido a partir de uma visão integradora do ambiente, sendo caracterizados como

fisionomias (externalidade) do meio-físico biótico e abiótico que revelam um tipo reconhecível e delimitável de modelado do relevo suportado por organizações/estruturas litológicas e pedológicas (internalidade) cujos atributos e funcionamentos revelam consonância histórico-evolutiva no tempo e no espaço, e são passíveis de observação relativamente direta através de procedimentos de compartimentação do modelado em escala de semi-detalle ou detalle...” (CASTRO e SALOMÃO, 2000 p. 32)

Os mesmos autores afirmam que o produto dessa relação (rochas-relevo-solo), analisado em escalas de maior detalhe, pode expressar ordens de grandeza intermediárias ou pequenas, chamadas de morfopedológicas. Metodologicamente, seu estudo pode ser iniciado, como sugerem os autores, através de transecções ao longo de eixos topográficos, envolvendo procedimentos de análise tridimensional da cobertura pedológica, para que posteriormente possa ser feita uma correlação com os usos do solo existentes na área de estudo. O cruzamento de informações a respeito do substrato natural com os usos associados, constituído de diferentes compartimentos morfopedológicos, pode subsidiar melhor a dedução sobre os riscos potenciais na ocupação de determinados espaços.

Os estudos morfopedológicos enfatizam, inicialmente, a relação solo-relevo-geologia, mas podem se constituir em uma importante base para estudos ambientais integrados de uma determinada paisagem. Lohmann (2005) comenta que, a partir da idéia de compartimentos morfopedológicos, pôde-se chegar a interpretações até então não vistas quando os elementos do meio físico são analisados de forma separada, já que a análise conjunta destes, em especial do solo-relevo e substrato geológico, se traduz em respostas totalmente diferentes.

De acordo com Cavalheiro, Rueda e Jesus (2002), os compartimentos morfopedológicos podem auxiliar na determinação de diferentes capacidades de uso das terras e de suscetibilidade ao desenvolvimento de processos erosivos. A análise morfopedológica se constitui como um procedimento eficaz no entendimento do comportamento do meio físico diante da possibilidade de ocupação antrópica, o que de fato, funciona como ferramenta para auxiliar no uso racional dos recursos naturais.

Em um recorte espacial representado por uma microbacia com mínima variação de temperatura, umidade e precipitação, é evidente que a correlação entre solo-relevo-geologia comanda a possibilidade para o estabelecimento de unidades de paisagem, sendo

assim, as unidades morfopedológicas (com estrutura, evolução e problemas comuns) associadas ao uso da terra, podem delimitar compartimentos relativamente homogêneos e servirem de base para o estabelecimento de índices de vulnerabilidade à degradação do ambiente a partir da erosão dos solos.

Se a análise morfopedológica ressalta a relação entre o solo, o relevo e a geologia, é coerente que seja desenvolvida uma abordagem um pouco mais aprofundada sobre como esses elementos se integram. Essa abordagem pode ser realizada a partir da influência do relevo e da geologia na gênese e evolução dos solos.

2.2 O relevo como fator de formação dos solos.

Nos estudos sobre formação dos solos verifica-se explicitamente uma visão integradora de diversos elementos do meio físico, seja pela disponibilidade de água e temperatura, pela disponibilidade de minerais e características das rochas, pela ação de organismos, pela configuração das formas da superfície terrestre, enfim, a concepção de solo envolve imediatamente a integração entre as esferas representativas do meio natural.

Diversos autores, entre eles Brady (1989); Lepsch (2002); Oliveira (1972); Palmieri e Larach (1996); Vieira (1988), retomando conceitos emitidos pelo russo Dokuchaiev, no século XIX, e pelos trabalhos de Jenny produzidos em 1941, comentam sobre os cinco fatores de formação do solo. Esses fatores são assim organizados: Solo = f (clima, biosfera, rocha matriz, relevo e tempo), o que significa dizer que a formação do solo é resultante da ação combinada desses elementos, do clima e da biosfera, sobre a rocha matriz, de acordo com o relevo em determinado tempo. Os solos são definidos, com frequência e por diversos pesquisadores, em função desses fatores, sendo entendido “como corpos dinâmicos naturais que possuem características decorrentes das influências combinadas de clima e atividades bióticas, modificadas pela topografia que atua sobre os materiais originários ao longo de certo período de tempo” (BRADY, 1989, p. 464).

Nota-se, a partir do parágrafo anterior, que o relevo se constitui como um dos fatores de formação do solo, o que por si só, já potencializa a importância das formas da superfície na evolução e características dos solos. Diversos trabalhos, principalmente no campo da pedologia, abordam a questão do relevo no processo de formação dos solos.

Segundo Vieira (1988), a própria variação de topografia origina uma sequência de perfis diferenciados, mas geneticamente ligados entre si, sendo que os solos formados nas partes altas, nas médias encostas e nas partes baixas se diferem significativamente. Nas

partes altas do relevo os solos mantêm estreita correlação com o material original, não sendo controlados por sedimentos e elementos provenientes de outros locais, sujeitos, portanto, a influência das características mineralógicas, físicas e químicas da rocha matriz. Nas encostas, geralmente originam solos formados pela mistura de fragmentos minerais da rocha adjacente, enriquecidos por partículas transportadas das partes mais elevadas. Nos fundos dos vales formam solos a partir da acumulação progressiva de sedimentos e soluções minerais depositados ao longo do tempo e provenientes de porções mais elevadas do relevo.

De acordo com Oliveira (1972), as formas da superfície influenciam a dinâmica da água, tanto no sentido vertical (infiltração), quanto no sentido lateral (escoamento superficial), como também a temperatura e radiações que atingem os solos, devido a altitude e exposição da vertente aos raios solares.

Palmieri e Larach (1996) afirmam que o aspecto do relevo local tem marcante influência nas condições hídricas e térmicas dos solos. No primeiro caso, nas partes altas e relativamente planas, os solos possuem boa drenagem interna, nos declives mais acentuados possuem drenagem tendendo a excessiva, porém são mais secos, enquanto nas partes inferiores das vertentes e nas várzeas, há predominância de água na massa do solo por muito mais tempo, resultando em solos imperfeitamente drenados ou mal drenados, dependendo se o nível freático está próximo da superfície ou não. De acordo com Oliveira (1972), em relevos de áreas deprimidas, os solos recebem água tanto da precipitação direta como aquela das vertentes circunvizinhas, ocasionando frequentemente desenvolvimento de hidromorfismo.

Em relação às condições térmicas e de umidade dos solos, Palmieri e Larach (1996) comentam sobre a orientação da encosta na paisagem, ocorrendo, por exemplo, que no hemisfério sul as vertentes viradas para o sul e leste são menos quentes e mais úmidas do que as orientadas para o norte e oeste. Esta questão influencia diretamente na velocidade do intemperismo e no desenvolvimento dos perfis dos solos.

Vieira (1988) comenta que a importância da declividade na formação do solo foi grandemente ressaltada por Milne em 1934, que estabeleceu a necessidade do estudo do solo segundo uma sequência de perfis desde o alto dos morros até as baixadas e sugeriu a “Teoria das Catenas”, que consiste no estudo do solo em função da observação sistemática da topografia, entendida como uma sequência de perfis geneticamente associados. Milne ressaltou que os solos do topo, da meia encosta e da base, sofrem influências específicas de sua respectiva unidade genética.

De acordo com Queiroz Neto (1988), no conceito de Catena, os perfis verticais de solos sucedem-se numa vertente, ligados por relações genéticas, associados com processos erosivos comandados pelo relevo. Isso quer dizer que a erosão dos solos exerce um papel importante na disposição de Catenas ao longo das vertentes, retirando e transportando material das porções mais altas e declivosas, para porções mais baixas e de menor declividade.

Resende *et al.* (2007) não consideram o relevo como um agente pedogenético, e sim como um constituinte das próprias formações superficiais. Para os autores, o solo é considerado como um corpo tridimensional (com variação vertical e horizontal) tendo, portanto, forma externa, e esta forma é justamente sua topografia, sendo assim, não teria sentido incluir o relevo entre os fatores de sua formação.

Para os autores citados, o relevo está intimamente ligado ao fator tempo na gênese do solo, afirmando que na paisagem brasileira (em geral, com pedogênese bastante ativa) o relevo tem um papel relevante, como controlador do tempo de exposição aos agentes bioclimáticos, enfatizam, como exemplo, que as grandes e altas chapadas são partes da paisagem expostas ao intemperismo há mais tempo, ocorrendo nessas áreas solos mais velhos e lixiviados, já as partes mais baixas e outras mais acidentadas, apresentam solos mais jovens¹.

A FIG. 1 ilustra a influência do relevo na idade dos solos, mostrando que em relevos mais movimentados (a e b) há uma forte atuação de processos erosivos que limitam a atuação dos agentes bioclimáticos no desenvolvimento dos solos, produzindo perfis mais rasos com baixo grau de maturidade.

¹ Solos jovens ou novos não se referem a idade do solo contada em número de anos, e sim ao seu grau de maturidade (se os solos têm muitos ou poucos minerais intemperizados e a profundidade dos horizontes). Portanto solos jovens são solos imaturos, pouco intemperizados e normalmente com camadas pouco profundas (Resende *et al.* 2007).

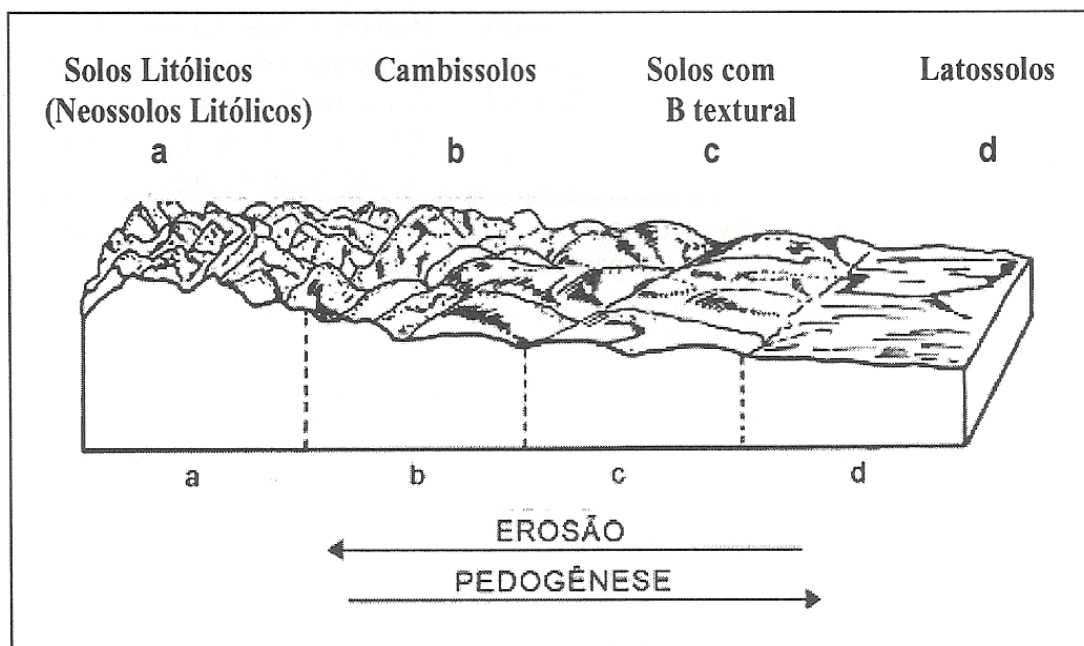


FIGURA 1 – Bloco-diagrama ilustrando a influência do relevo na idade dos solos (taxa de pedogênese-erosão). As setas indicam o aumento da erosão e da pedogênese.
 Fonte: Resende *et al.*, 2007, p. 132.

Os Neossolos Litólicos, enquanto solos com horizonte pouco espesso (apenas o horizonte A, sobrejacente diretamente a rocha ou sobre um horizonte C) e com significativa quantidade de material pouco intemperizado, são os solos que melhor representam essa associação entre solos imaturos ou jovens e a condição de relevo muito acidentado. Para os Cambissolos, a existência do Horizonte B incipiente com alta relação silte/argila evidencia seu baixo grau de intemperismo e o caráter de solos jovens.

Por outro lado, em porções planas e menos acidentadas do relevo (“c” e principalmente “d” da FIG. 1), a maior parte da água de precipitação se infiltra, ocorrendo pouca perda por escoamento superficial, constituindo condições propícias para o desenvolvimento dos solos. Sobre esse assunto, Vieira (1988) afirma que o conteúdo de umidade retido pelo solo é essencial para as ações químicas e biológicas do processo de intemperização, influenciando no desenvolvimento do perfil. Nessa condição é forte a atuação da pedogênese.

Os Latossolos, enquanto solos muito intemperizados, muito profundos, consequentemente com alto grau de maturidade (solos velhos) estão em grande parte distribuídos por áreas aplainadas ou levemente acidentadas. Ker (1997) comenta que praticamente todos os estudos desenvolvidos a respeito da associação entre os Latossolos e superfícies geomórficas enfatizam que este tipo de solo ocupa preferencialmente as partes mais estáveis da paisagem, com relevo plano e suavemente ondulado. O mesmo autor

reconhece a existência de Latossolos em áreas mais movimentadas, nesse caso, normalmente associada à deposição de material pré-intemperizado, que ganha estabilidade na nova posição de depósito.

Na década de 1970, trabalhos de pedólogos franceses, retomam a importância do relevo na gênese e evolução dos solos, esses trabalhos foram realizados através de estudos usando toposequências de perfis ao longo de uma vertente. Queiroz Neto (1988) afirma que esses estudos além de reencontrarem a proposta de Catenas de Milne da década de 1930, os aprimoraram, estabelecendo análises laterais/espaciais das coberturas pedológicas ao longo de encostas, passando a não mais tomar o solo como indivíduo representado por perfis verticais, mas a partir de um *continuum* que cobre toda a extensão da vertente. Esses estudos dizem respeito aos procedimentos da análise estrutural da cobertura pedológica, e

...levaram à percepção de que a cobertura pedológica era um sistema estrutural complexo inserido na paisagem. Apresentavam transformações progressivas das organizações, tanto vertical como (e principalmente) lateralmente no sentido da vertente; essas transformações incluíam transferências de matérias, neoformações mineralógicas e mantinham relações com outros elementos da paisagem, em especial o relevo (QUEIROZ NETO, 1988 p. 415).

Isso significa dizer que uma cobertura pedológica transforma-se progressivamente em outra significativamente diferente, considerando-se sua distribuição lateral, isto é, sua condição espacial, que de fato está atrelada às variações da superfície terrestre.

2.3 A litologia como fator de formação dos solos

Os solos são resultantes direta ou indiretamente das rochas existentes na litosfera, são elas que a partir do intemperismo fornecem a maior parte dos materiais dos quais os horizontes pedológicos se originam. Para Oliveira (2008) o solo pode ser formado diretamente do substrato rochoso a ele subjacente, ou pode ser formado a partir de material removido de um local e depositado em outro, nesse último caso, o material de origem do solo não é a rocha subjacente, mas sim, sedimentos de natureza coluvial ou aluvial, por exemplo, que podem ter sido provenientes de vários locais e distintas litologias. Em ambos os casos o fator litológico irá influenciar decisivamente no material de origem dos solos.

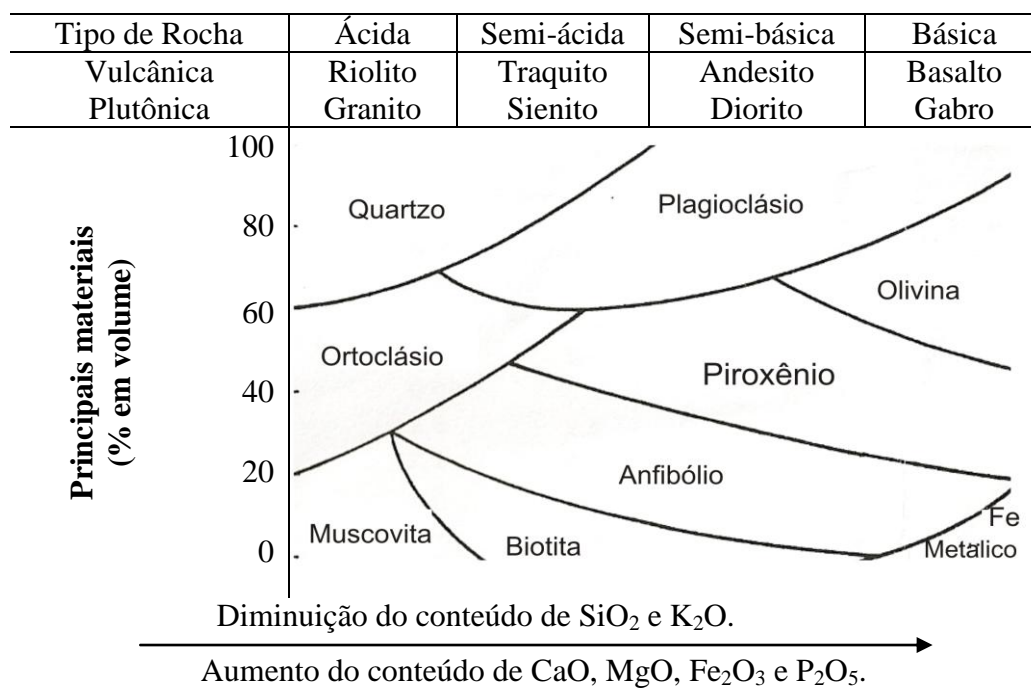
Para o entendimento da influência da litologia na formação do solo é muito importante conhecer a constituição mineralógica das rochas, o que aponta para uma grande

e complexa variedade de minerais. Apesar da significativa variedade, Paton (1978) afirma que em se tratando de elementos componentes, cerca de 99% dos materiais que compõem a litosfera constituem-se de apenas oito elementos (em massa): oxigênio(O^{-2}), 62,55%; silício(Si^{+4}), 21,22%; alumínio(Al^{+3}), 6,47%; ferro(Fe^{+2} e Fe^{+3}), 1,92%; magnésio(Mg^{+2}), 1,84%; cálcio(Ca^{+2}), 1,94%; sódio(Na^{+}) 2,64%; e potássio(K^{+}), 1,42%. Os dados mostram que o ânion oxigênio é o mais abundante, o único dos elementos acima que possui carga negativa, sendo responsável pelas ligações com os cátions nas estruturas dos minerais. O silício representa o cátion mais abundante, que em associação com o oxigênio compõem os silicatos, grupo de minerais de maior contribuição na composição das rochas da crosta terrestre. Oliveira (2008) afirma serem os silicatos o grupo de minerais mais importante do ponto de vista pedológico. Os quartzos, feldspatos, micas, granadas, olivinas, anfibólos, piroxênios, entre outros, são alguns dos silicatos que compõem a maior parte das rochas da crosta terrestre.

A litosfera em sua constituição é formada por uma enorme variedade de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Fassbender e Bornemisza (1994) apresentam a contribuição por volume (%) de algumas das principais rochas da crosta terrestre. Segundo os citados autores, estão entre as principais rochas ígneas, os basaltos, gabros e magmáticas básicas (contribuem com 42% do volume da crosta), os granitos, granodioritos, dioritos e sienitos (22%); entre as principais metamórficas estão os gnaisses (21%); entre as principais sedimentares estão os argilitos, folhelhos e arenitos (5,9%).

Ao considerar que as rochas ígneas são significativas em abundância e que os outros tipos, direta ou indiretamente, foram derivados dessas, Fassbender e Bornemisza (1994), ao abordar características de rochas matrizes, focalizam para a classificação das rochas ígneas, e enfocam sua classificação quanto ao teor de sílica, agrupando-as em ácidas ($SiO_2 > 66\%$); semi-ácidas (SiO_2 entre 66 e 62%); semi-básica (SiO_2 entre 62 e 52%); básicas (SiO_2 entre 52 e 45%); e ultra-básicas ($SiO_2 < 45\%$), de acordo com o QUADRO 1, abaixo:

QUADRO 1
Classificação e composição mineralógica de algumas rochas ígneas



Fonte: FASSBENDER E BORNEMISZA, 1994, p. 8.

O QUADRO 1 mostra que o granito enquanto rocha ácida, podendo ser chamada também de félsica², é muito rica em sílica e tem um conteúdo significativo de potássio, elemento este, proveniente do Ortoclásio (K-feldspato), da mica muscovita e também da mica biotita. Passando para as rochas semi-básicas e básicas, podendo ser chamadas também de máficas, o conteúdo de SiO_2 e K_2O diminui, ao mesmo tempo em que aumenta o conteúdo de CaO , MgO , Fe_2O_3 e outros, sendo por exemplo, os plagioclásios ricos em sódio (albita) ou cálcio (anortita) e a olivina significativamente rica em ferro e magnésio.

Fassbender e Bornemisza (1994), ao comentar sobre as rochas ácidas e básicas enquanto materiais para formação dos solos, colocam que quando o conteúdo de SiO_2 diminui, aumentam os outros minerais mais úteis na nutrição de plantas, direcionando para as rochas básicas o maior potencial para fertilidade dos solos.

Esta abordagem está associada às rochas ígneas, mas podem ser também direcionadas para muitas das rochas metamórficas, como por exemplo, os quartzitos (rico em quartzo) e os gnaisses (ricos em quartzo feldspato e mica) que são rochas com alto teor de minerais félsicos, por um lado, e por outro lado os serpentinitos, rochas metamórficas

² Rochas félsicas dizem respeito à predominância de minerais félsicos (feldspato e sílica) na composição de uma determinada rocha; e rochas máficas dizem respeito à predominância de minerais máficos (magnésio e ferro) na composição do material rochoso (Szabó; Babinski e Teixeira, 2000).

ricas em serpentina, mineral proveniente da alteração de olivinas (rica em elementos ferromagnesianos). Reconhecendo com isso, que em condições ambientais semelhantes os serpentinitos apresentam maior potencial para formação de solos mais férteis que os quartzitos e gnaisses.

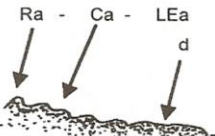
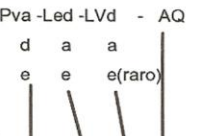
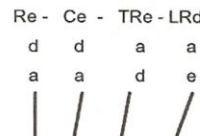
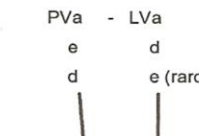
Brady (1989); Oliveira (2008) reconhecem a importância da litologia na natureza dos materiais de argila que se formam no solo, afirmando que a argila está intimamente relacionada às condições de pedogênese reinantes ao longo de sua formação, sendo determinantes os elementos liberados pelo material de origem. Os autores exemplificam o caso das esmectitas, que requerem ambiente rico em Mg e Ca para sua formação, ou seja, esse tipo de argila apenas será encontrado em solos originados de rochas cujos minerais apresentam esses elementos em sua estrutura, o que não ocorre, por exemplo, nos quartzitos.

Resende *et al.* (2007), ao comentar sobre a influência da litologia na formação dos solos e no desenvolvimento dos horizontes, afirmam que a maior facilidade de intemperismo sobre rochas ricas em minerais máficos (olivinas, anfibólios, piroxênios e biotita) como nos gabros, basaltos e diabásios em relação a rochas ricas em minerais félsicos, promove nas primeiras um maior desenvolvimento e maturidade dos solos. Os mesmo autores reconhecem ainda que outros fatores associados as rochas, além da composição química e mineralógica, podem interferir nessa ordem, como a estrutura e a granulometria.

Solos originados de intrusões máficas podem ser mais jovens do que solos desenvolvidos em gnaisses encaixantes (mais rico em minerais félsicos), que pode apresentar manto de intemperismo muito mais profundo, isso porque “a estrutura em bandas alternadas de composição mineralógica distinta aparentemente favorece a maior intemperização do gnaiss, apesar de os teores de minerais ferromagnesianos serem, naturalmente, maiores nas rochas máficas” (RESENDE *et al.*, 2007, p. 134).

No QUADRO 2, Resende *et al.* (2007) procuram demonstrar algumas relações entre a rocha matriz e alguns atributos dos solos, fazendo uma comparação entre uma rocha pelítica (com granulometria muito fina), psamítica (granulação arenosa), máfica e granítica, observando distinções quanto a cor do horizonte B, quanto a textura dos solos e quanto a riqueza de nutrientes que estas rochas disponibilizam. O quadro mostra também sequências de tipos de solos (é utilizada a antiga classificação brasileira de solos) gerados a partir das litologias apresentadas e representadas em uma determinada porção do relevo.

QUADRO 2
Relações gerais entre rocha matriz e alguns atributos dos solos.

Pelítica	Psamítica	Máfica	Granítica
----- Cor do horizonte B -----			
Amarela - solo novo Vermelha – solo velho	Depende do clima, drenagem e cimento	Vermelha	Amarelada
----- Textura -----			
Argilosa a muito argilosa	Arenosa (compreende as classes texturais areia e areia franca)	Argilosa a muito argilosa	Arenosa a argilosa
----- Nutrientes -----			
Solos pobres, álicos	Depende do cimento	Solos ricos	Solos pobres
----- Seqüências -----			
Ra - Ca - LEa	Pva -Led -LVd - AQ	Re - Ce - TRe - LRd	PVa - LVa
			
----- Relações litológicas -----			
Relações entre algumas rochas em termos de diagênese-metamorfismo (sedimentares, metamórficas) e granulometria (ígneas)			
argila (silte) ↓ argilito ↓ folhelho ↓ ardósia (siltito) ↓ filito ↓ micaxisto pobre	areia ↓ arenito ↓ quartzito	gabro ↓ diabásio ↓ basalto	diorito ↓ andesito ↓ obsidiana
<p>Símbolos: a = álicos (alta saturação por Al); d = distróficos (baixa saturação por bases); e = eutróficos (alta saturação por bases); R= Solo Litólico; C = Cambissolo; PE, PV, TR = Solos com B textural; LE, LV, LR = Latossolos; AQ = Areias Quartzozas.</p>			

Fonte: RESENDE *et al.*, 2007, p. 140.

Nota-se que rochas psamíticas como quartzitos e arenitos produzirão solos de textura arenosa, por outro lado, solos derivados de rochas pelíticas e máficas produzirão solos com textura argilosa, lembrando que a textura dos solos influencia em diversas características dos mesmos, como porosidade, permeabilidade, agregação, e na própria evolução dos solos a partir da circulação de água e elementos no interior do perfil.

A cor do horizonte B, que é um importante atributo taxonômico, é bastante influenciada pelo teor de ferro da rocha e pela interação com as condições climáticas. comentam que os menores teores de ferro e clima mais úmido favorecem a formação de goethita, que é o mineral responsável pela coloração amarelada nos solos, por outro lado altos teores de ferro, como nas rochas máficas e ultramáficas, favorecem a formação de hematita, que é o mineral responsável pela coloração avermelhada (OLIVEIRA, 2008; RESENDE *et al.*, 2007; VIEIRA, 1988).

O QUADRO 2 exhibe importantes relações entre as rochas e a riqueza de nutrientes dos solos, aponta as rochas máficas, como as mais propícias para a formação de solos mais ricos, como comentado em parágrafos anteriores. Nesse aspecto é importante reconhecer que outros fatores de formação do solo como organismos, clima e topografia podem intervir na ordem estabelecida no quadro. A comparação entre as distintas litologias deve ocorrer em semelhanças de condições ambientais em relação aos outros fatores de formação do solo.

O que é importante reconhecer é que muitas das propriedades físicas e químicas dos solos minerais são influenciadas pelo conteúdo mineral e por características texturais e estruturais do material de origem, seja este, material consolidado ou por sedimentos inconsolidados, que de alguma forma apreende uma base litológica.

2.4 Morfogênese como condição de instabilidade e Pedogênese como condição de estabilidade.

A relação existente entre solo-relevo é o parâmetro central das discussões envolvendo morfogênese e pedogênese, e para melhor compreensão dessa relação, associada respectivamente à ideia de instabilidade e estabilidade, é certamente relevante retomar alguns conceitos aplicados nos estudos sobre evolução e funcionamento das vertentes, o que conduz a um melhor entendimento acerca da maior ou menor vulnerabilidade das unidades de paisagens aos processos erosivos.

Nesse contexto, o conceito construído em 1954 por Alfred Janh sobre a evolução das vertentes é extremamente importante, diz respeito ao chamado “balanço de denudação” ou “balanço morfogenético”. De acordo com Casseti (1991); Christofolletti (1980), o balanço morfogenético pode ser entendido como forças exercidas sobre a vertente e representadas pelos componentes perpendiculares/verticais e os componentes paralelos. Os primeiros são representados inicialmente pela infiltração das águas pluviais, que serão responsáveis pela ativação de processos bioquímicos, implicando no intemperismo dos materiais em subsuperfície e permitindo o desenvolvimento da pedogênese, cujo efeito combinado proporcionará aumento da espessura dos solos. Os componentes paralelos são representados pelos agentes que promovem a diminuição da espessura dos solos e do rebaixamento do modelado, assim como o transporte do material, por exemplo, movimentos do regolito, erosão hídrica e eólica.

Outro conceito importante a ser lembrado diz respeito à teoria da biorresistasia (teoria biorresistásica) do pedólogo H. Erhart de 1956. Segundo Casseti (1991); Christofolletti (1980), essa teoria procura demonstrar que em condições onde uma vertente encontra-se revestida de cobertura vegetal densa, a infiltração da água da chuva é significativa, que por sua vez, desencadeia intensos processos geoquímicos associados ao intemperismo (hidrólise em feldspatos, por exemplo) que altera as rochas e libera no ambiente, bases solúveis – K, Ca, Mg, Na – e até mesmo parte do silício (no caso de ambientes mais ácidos) que são levados por lixiviação.

Ainda de acordo com os autores acima mencionados, esta fase foi chamada de ‘migradora’, pois as bases solúveis são deslocadas para porções mais baixas do relevo. Já os hidróxidos de ferro e alumínio, sendo praticamente imóveis, não transportados por lixiviação, ficam no ambiente e são incorporados aos solos juntamente com o quartzo, mais resistente às modificações químicas, e também com minerais neoformados (a caolinita, por exemplo, formada a partir do feldspato), ambos compondo a chamada fase “residual”. Esta condição, representada pela fase migradora e fase residual, foi chamada de biostasia, onde a erosão mecânica é mínima, mas a ação geoquímica é intensa, assim como a lixiviação de alguns dos elementos das rochas.

A outra condição colocada por Erhart é a ‘resistasia’, que segundo Casseti (1991); Christofolletti (1980) envolve exatamente a retirada dos elementos que na biostasia compunham a fase residual (quartzo, hidróxidos de ferro e alumínio e mais caolinita, por exemplo, estabelecidos em forma de areais, siltes e argilas). Neste caso, há predominância de processos erosivos e movimentos de massa, onde a geomorfogênese domina a dinâmica na vertente, isso é facilmente perceptível em áreas onde a cobertura florestal é significativamente reduzida.

Esses dois conceitos, o de balanço morfogenético e o de biorresistasia praticamente consagram estudos envolvendo a relação pedogênese e morfogênese, que de fato, extrapolou os estudos associados à vertente para, por exemplo, estudos envolvendo sistemas ambientais, como os Geossistemas de Bertrand (1971) e a Ecodinâmia de Tricart (1977).

Bertrand (1971) se inspira na teoria da biorresistasia de Erhart, e com as devidas adaptações aplica na concepção de geossistema, com isso, o autor distingue dois grupos de paisagens geossistêmicas em função da dinâmica de seus processos: de um lado os geossistemas em biostasia e de outro em resistasia. No primeiro caso, trata-se de paisagens onde a atividade geomorfogenética é fraca ou nula e o potencial ecológico (integração

entre os fatores geológicos, geomorfológicos, climáticos e hidrológicos) é mais ou menos estável, sendo o sistema de evolução dominado pela pedogênese a partir de processos bioquímicos. Esses geossistemas estão em estado de biostasia e classificam-se de acordo com sua maior ou menor estabilidade.

Já nos geossistemas em resistasia tem-se a geomorfogênese dominando o sistema de evolução da paisagem, onde a erosão, o transporte e a acumulação dos detritos (húmus, detritos vegetais, mantos superficiais e fragmentos de rocha) levam a uma mobilidade das vertentes e a uma modificação mais ou menos possante do potencial ecológico (instabilidade). Nesse caso também se pode distinguir distintos níveis de intensidade nos processos morfogenéticos responsáveis pela instabilidade (BERTRAND, 1971).

Até aqui, se percebe uma íntima associação entre morfogênese, refletindo uma condição de resistasia e de instabilidade, e pedogênese como uma condição de biostasia e estabilidade. Bigarella *et al.* (2003), ao comentar sobre a formação de colúvios em uma vertente, associam estabilidade e instabilidade dos solos e relevo aos termos biostasia e resistasia, respectivamente.

Neste momento é de suma importância um breve comentário a respeito do termo estabilidade, que aqui não pode ser confundido com o caráter estático, desprovido de dinâmica como a palavra possa parecer. O termo está associado à noção de equilíbrio, que por sua vez, segue princípios da teoria dos sistemas. De acordo com Christofolletti (1999), os sistemas ambientais, em sua dinâmica evolutiva, alcançam uma organização interna ajustada às condições das forças controladoras, denunciando um estado de equilíbrio. O autor comenta que a estabilidade ocorre quando se mantêm as condições externas dentro de uma determinada faixa de variabilidade de entradas (matéria e energia) compatíveis com a capacidade de absorção do sistema, permanecendo assim, em seu estado ajustado, isto é, em estabilidade. Contudo é importante considerar que:

“O estado de estabilidade não é indicador de equilíbrio estático. As forças controladoras apresentam variações em sua intensidade e frequência, de modo que o sistema pode apresentar uma dinâmica em seu funcionamento para oferecer reações perante essa variabilidade na frequência e magnitude das entradas, através de mecanismos que absorvem essas oscilações externas sem mudar as suas características internas. Essas reações denunciam um equilíbrio dinâmico, marcando a estabilidade do sistema”. (CHRISTOFOLLETTI, 1999, p.113).

A estabilidade dos solos, por exemplo, é uma condição dinâmica associada a diversos processos biogeoquímicos representados pelo intemperismo, lixiviação e pedogênese, portanto ocorrendo adição (água, por exemplo) e perda de materiais (elementos em solução, por exemplo), o que provoca a lenta evolução dos solos ao longo do tempo. Esse fato vem apenas confirmar que a estabilidade não está associada a uma condição inerte ou estática.

A instabilidade, por sua vez, representa as fortes mudanças nas características internas de um determinado sistema ambiental, provocado pela superação da capacidade de absorção da frequência e magnitude (faixa de variabilidade) das entradas de matéria e energia, acusando um desequilíbrio de suas características internas e afetando significativamente sua forma e seus processos associados. Christofolletti (1980) afirma que a instabilidade ocorre quando a introdução de novas forças geradoras de movimentos ultrapassa o grau de absorção, e provoca um reajuste em busca de um novo estado de equilíbrio. A transição entre o estado de equilíbrio anterior e o novo a ser alcançado representa uma instabilidade, constituindo o que o autor acima citado chamou de trajetória de readaptação.

A instabilidade no sistema solo, por exemplo, é representada por diversos processos físicos/mecânicos de retirada e transporte de matérias intemperizadas, provocados por mudanças na distribuição dos fluxos de matéria e energia (redução da infiltração com conseqüente aumento do escoamento superficial) associados a peculiaridades específicas do próprio solo (propriedades do solo), os quais proporcionarão um rápido desencadeamento de processos erosivos e/ou movimentos de massa.

Torna-se importante acrescentar que, para Christofolletti (1999), a noção de estabilidade possibilita realçar dois aspectos: um de resistência e outro de resiliência. No primeiro caso representa a capacidade do sistema em permanecer sem ser afetado pelos distúrbios externos, no segundo caso, representa a capacidade do sistema em retornar às condições originais após ser afetado por ações de distúrbios externos. Sistemas ambientais em estabilidade são representados por aqueles que devido a suas peculiaridades específicas resistem a determinadas alterações no fluxo de matéria e energia e/ou recuperam sua estrutura e características originais, embora com um certo grau de alteração nas condições iniciais.

Tricart (1977) afirma que os processos morfogênicos produzem instabilidade da superfície, e que do ponto de vista ecológico é um fator limitante ao desenvolvimento dos seres vivos. Isso quer dizer que, o desencadeamento de processos erosivos e de

movimentos de massa, que representam instabilidade na superfície, reduzem a quantidade e qualidade dos solos ou restringem o desenvolvimento destes, afetando diretamente o incremento e a potencialidade da biota. Nessa perspectiva, o autor propôs uma classificação do meio ambiente estruturada no que ele chamou de ecodinâmica, embasada no instrumento lógico dos sistemas e considerando fundamentalmente o aspecto dinâmico e evolutivo do modelado terrestre (morfodinâmica). Estabeleceu uma taxonomia dos tipos de meios ambientes fundada no seu grau de estabilidade-instabilidade morfodinâmica atual, sendo considerados os meios morfodinâmicos estáveis, meios intergrades e os fortemente instáveis.

Tricart (op. cit.) comenta que nos meios estáveis os processos mecânicos atuam pouco sobre a superfície não existindo manifestações violentas dos agentes morfogenéticos, tendo como resultado uma lenta evolução do relevo. O autor estabelece de forma geral três condições para os meios morfodinamicamente estáveis: áreas de cobertura vegetal suficientemente fechada para opor um freio eficaz ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese; áreas com dissecação moderada, sem incisão violenta dos cursos d'água, sem a ação vigorosa dos rios, e com vertentes de lenta evolução; e a ausência de manifestações vulcânicas. Todas as essas regiões estão em estado de biostasia (ou fitoestasia) onde a fraqueza das ações mecânicas limita a morfogênese e potencializa a pedogênese.

Os meios intergrades asseguram a passagem gradativa entre os meios estáveis e os meios instáveis, ocorre no mesmo espaço-tempo, a atuação da morfogênese-pedogênese. Os processos morfogênicos afetam o horizonte superficial do solo, que está sujeito a lenta retirada do material, mas não alteram a sucessão dos horizontes no perfil, o seu desenvolvimento em profundidade e o aumento de sua espessura, isso quer dizer que apesar de afetar o horizonte A do solo, não interfere no desenvolvimento do B (TRICART op. cit.). Apesar de o horizonte superficial sofrer perda, ao mesmo tempo dispõe de condições para a ocorrência de adições, translocações e transformações típicas da pedogênese, instigando a manutenção de um solo relativamente espesso.

Nos meios fortemente instáveis, a morfogênese é o elemento predominante na dinâmica natural, pode ter diferentes origens, a começar por regiões que dispõem de plena atividade na geodinâmica interna, como o vulcanismo e as deformações tectônicas, regiões com manifestações meteorológicas intensas comuns em áreas de forte instabilidade climática com imposição severa ao desenvolvimento da cobertura vegetal, e também em

regiões morfológicamente acidentadas com significativos declives das encostas (TRICART, op. cit.).

Um dos pontos importantes que envolvem estudos ambientais baseados na estabilidade e instabilidade das unidades de paisagens é a flexibilidade na composição da taxonomia dos meios, baseada numa gradação, um pouco mais complexa entre o estado de pedogênese e morfogênese. Estes apenas devem representar condições extremas, nas quais, de forma intermediária, diversas condições podem existir, o que irá depender das peculiaridades da área de estudo ou do nível de detalhamento (escala) que se busca atingir.

É importante enfatizar que a morfogênese e a pedogênese não são opostas, mas coexistem enquanto processo dinâmico na evolução da paisagem, o que distingue é o nível atual de predominância de um em relação ao outro, e os prováveis fatores responsáveis pela estabilidade e instabilidade, para com isso determinar sua posição no sistema de classificação. Um bom planejamento da ocupação de espaços rurais requer estudos que levem a uma coerente e detalhada classificação da instabilidade-estabilidade dos sistemas ambientais, com intuito de reduzir ao máximo sua degradação.

2.5 Vulnerabilidade ao processo erosivo.

Vulnerabilidade define o nível em que uma mudança pode prejudicar ou destruir um sistema, esse nível depende tanto da sensibilidade/suscetibilidade, isto é, da reação ou mudança ocorrida com a mínima variação nas condições externas, como da capacidade do sistema em retornar as condições originais após ser afetado por ações de distúrbios externos (CHRISTOFOLETTI, 1999). Isso quer dizer que em um sistema com alta vulnerabilidade, as menores alterações poderão desencadear grandes e intensos efeitos modificadores.

Diversos são os trabalhos que associam a vulnerabilidade à erosão com a relação entre morfogênese e pedogênese. Trabalhos como os de Crepani *et al.* (2001; 2008); Menezes *et al.* (2007); Oliveira *et al.* (2009), propõem metodologias utilizando os conceitos de meios morfodinamicamente estáveis (pedogênese) para baixa vulnerabilidade e meios morfodinamicamente instáveis (morfogênese) para alta vulnerabilidade à erosão, assim como os meios intermediários.

A vulnerabilidade à erosão é avaliada de acordo com as características dos elementos dos meios físico e ambiental, estudadas de forma integrada. É estabelecida a partir da análise dos principais condicionantes do processo erosivo, que envolve

principalmente a chuva, as peculiaridades do solo, a topografia, a cobertura vegetal e a geologia.

2.5.1 Fatores controladores dos processos erosivos nas vertentes.

A erosão, enquanto processo natural, constitui um importante agente para evolução dos solos e para a dinâmica morfogenética do relevo, constituindo um dos fatores cruciais da dinâmica evolutiva natural do planeta. A atuação do homem sobre a superfície terrestre, em muitas ocasiões, está interferindo na dinâmica natural dos solos e do relevo, através da aceleração de processos erosivos, o que intensifica em um curto espaço de tempo, o desgaste da superfície do terreno com a retirada e o transporte de partículas do solo.

Numa vertente, a erosão pluvial tem como mecanismo básico o impacto das gotas de chuva no solo e o movimento superficial e subsuperficial das águas da chuva, que não ficam retidas sobre a superfície, ou não se infiltram, transportando partículas de solo em suspensão e elementos em dissolução para variados pontos de deposição (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2008; BIGARELLA *et al.*, 2003; GUERRA, 2003; LEPSCH, 2002; SILVA *et al.*, 2003).

Para Bertoni e Lombardi Neto (2008), a erosão é causada por forças ativas associadas às chuvas, às características do declive do terreno e à capacidade que tem o solo de absorver água, e também por forças passivas, representadas pela resistência do solo à ação erosiva da água e à densidade da cobertura vegetal.

Isso quer dizer que a erosão dos solos é um fenômeno complexo, determinado pela interação de fatores controladores como a chuva, as propriedades do solo, as características da topografia e a cobertura vegetal, que devem ser compreendidos de forma detalhada para o melhor entendimento do processo erosivo e das taxas de erosão. Guerra (2003) afirma que a intervenção do homem pode alterar esses fatores, apressando ou retardando os processos erosivos. Enfim, é a partir da conjunção desses fatores que certas áreas tendem a erodir mais que outras.

- Chuva

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2008), dados de chuva em totais ou médias mensais e anuais pouco interferem na erosão, o mais importante é o conhecimento sobre a intensidade, duração e frequência da chuva, sendo a intensidade o fator pluviométrico mais importante na erosão. Os autores exemplificam que o fato de duas regiões diferentes terem

o mesmo índice pluviométrico anual não significaria a mesma capacidade erosiva, pois, se num local as chuvas são leves e bem distribuídas ao longo do ano, e em outro, as chuvas ocorrem em menor frequência, mas de forma torrencial, pode-se esperar que, neste último, ocorra maior contribuição das chuvas no processo erosivo. Isso quer dizer que o mais importante não é o volume pluviométrico, e sim a intensidade com que a chuva ocorreu.

A combinação da intensidade com a duração determina o total pluviométrico, que não pode ser visto a partir de seu valor final, mas sim a partir do valor da intensidade associada à duração, assim chuva de longa duração e baixa intensidade pode ocasionar menores riscos de erosão (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2008). Em relação à frequência, os mesmos autores colocam que, se os intervalos entre as chuvas são curtos, o teor de umidade do solo é alto, facilitando a ocorrência de enxurradas mais volumosas, por outro lado, quando os intervalos são maiores, o solo está seco, dificultando a formação de enxurradas.

De acordo com Salomão (1999), o índice que expressa a capacidade da chuva em provocar erosão é conhecido como “erosividade”, que é proporcional ao produto da energia cinética³ total das gotas de chuva e sua intensidade máxima em 30 minutos (I30), segundo o mesmo autor esse produto foi obtido experimentalmente por Wischmeier e Smith (1978), e é considerada a melhor relação encontrada para medir a potencialidade erosiva da chuva.

Guerra (2003), ao comentar sobre a contribuição da erosividade na erosão, destaca a importância da energia cinética (medida em Joules/m²/mm de chuva) como parâmetro que prediz a perda de solo, e afirma que esta se relaciona diretamente com a intensidade da chuva (medida em mm/H), pois, a energia cinética representa a energia do número total de gotas de um evento chuvoso. Corroborando com essa ideia (BIGARELLA *et al.*, 2003 p. 900) comentam que

a erosividade é controlada principalmente pela intensidade das chuvas numa unidade de tempo em mm/m². O aumento da intensidade implica no incremento da proporção de gotas maiores (2 a 6 mm de diâmetro); devido ao tamanho, as gotas caem com velocidades maiores e, conseqüentemente, maior energia cinética.

Esses dados são obtidos através de pluviógrafos que registram de forma gráfica o comportamento da chuva, fornecendo informações sobre a duração e intensidade da chuva.

³ Segundo GOUGIE (1985 *apud* GUERRA, 2003) Energia Cinética é definida como a energia devida ao movimento translacional de um corpo.

A ação erosiva da chuva está ligada ao impacto das gotas no solo e a ação do escoamento superficial. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2008), as gotas de chuva que golpeiam o solo contribuem para o processo erosivo pelo menos por três formas: a) desprendem partículas de solo no local que sofre o impacto; b) transportam, por salpicamento, as partículas desprendidas; c) imprimem energia, em forma de turbulência, à água superficial. Os autores colocam que se o terreno está desprotegido da cobertura vegetal, as gotas desprendem centenas de toneladas de partículas de solo, que são facilmente transportadas pela água.

Para Bigarella *et al.* (2003), o efeito do impacto da gota de chuva pode ser direto, provocando o movimento de partículas vertente abaixo, ou indireto, provocando a selagem dos poros superficiais do solo, reduzindo a infiltração e conseqüentemente aumentando o escoamento superficial.

Em relação à ação do escoamento superficial, a chuva contribui de forma integrada com outros fatores como características dos solos, da cobertura vegetal e das características da topografia. Sabe-se, contudo que a intensidade da chuva tem papel importante nas taxas de infiltração, o que diretamente influencia no escoamento superficial a partir do encharcamento do solo. Bertoni e Lombardi Neto (2008) comentam que para a enxurrada começar é necessário que a precipitação ocorra numa intensidade maior do que a velocidade de infiltração, e que também a intensidade da chuva deve ser maior que o suficiente para abastecer o armazenamento superficial disponível, isto é, preencher espaços promovidos pelas pequenas depressões na superfície, originados por irregularidades no topo do solo. Isso quer dizer que quanto mais intensa é a chuva, maiores as possibilidades para o rápido desencadeamento do escoamento superficial e conseqüentemente da maior perda de solo. Lembrando que essa condição deve ser analisada conjuntamente com outras variáveis que também afetam o processo erosivo.

- Propriedades do solo.

O comportamento do solo diante do processo erosivo é comumente referido na literatura como erodibilidade do solo, que expressa, portanto, a sua susceptibilidade à erosão, constituindo característica intrínseca dos solos, e que depende da capacidade de infiltração e armazenamento de água e das forças de resistência do solo à ação das águas da chuva e do escoamento (PRUSKI, 2009). As propriedades que afetam a erosão dos solos são inúmeras, mas se destacam a textura, o teor de matéria orgânica, a estrutura, o gradiente textural entre os horizontes superiores e a profundidade.

A textura refere-se à proporção relativa das frações granulométricas de areia (2-0,05 mm), silte (0,05 – 0,002 mm) e argila (menor que 0,002 mm), e afeta a erosão porque algumas frações são mais fáceis de serem removidas do que outras. Bertoni e Lombardi Neto (2008) exemplificam que um determinado solo arenoso (mais de 70% de areia e menos de 15% de argila) pode absorver toda a água de uma chuva de baixa intensidade, isso por causa da grande quantidade de espaços porosos grandes, típicos dos solos com altos teores de areia, entretanto, durante uma chuva de maior intensidade e do desencadeamento do escoamento superficial, pode ocorrer perda de grande quantidade de solo, isso porque as partículas têm uma mínima ligação entre si, em função, principalmente, da baixa quantidade de argila. Já no solo de textura argilosa (acima de 35% de argila) apesar da infiltração ser reduzida, a força de coesão entre as partículas é maior, o que faz aumentar a resistência à erosão.

Guerra (2003) afirma que quanto maior for o teor de silte, maior a susceptibilidade dos solos a serem erodidos. O silte é fácil de ser desagregado e transportado, o mesmo acontecendo com as areias médias e finas. Lal e Elliot (1994) afirmam que enquanto as partículas de areia grossa resistem ao transporte e solos argilosos resistem à desagregação, a areia fina e o silte são susceptíveis à desagregação e ao transporte.

O teor de matéria orgânica pode afetar de diversas maneiras a erosão dos solos, de acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2008), em solos argilosos, a matéria orgânica provoca mudanças na estrutura dos agregados, pois melhora as condições de arejamento e de retenção de água (a matéria orgânica retém de duas a três vezes seu peso em água), aumentando sua capacidade de infiltração e reduzindo as perdas de solo. Já em solos arenosos, o teor de matéria orgânica ajuda na aglutinação das partículas, aumentando a resistência das estruturas à desagregação.

A estrutura, isto é, o “padrão de arranjo das partículas do solo (areia, silte e argila) em unidades estruturais compostas chamadas agregados, separadas entre si por superfícies de fraqueza” (SANTOS *et al.*, 2005), pode aumentar a capacidade de infiltração de um solo argiloso. De acordo com Salomão (1999), solos com estrutura granular apresentam alta porcentagem de poros, e conseqüentemente alta infiltração e permeabilidade, nesse contexto solos argilosos dispõem de boa capacidade de infiltração. O tipo de estrutura (granular, prismática ou laminar) e o grau de desenvolvimento (fraca, moderada ou forte) irão influenciar decisivamente nas taxas de infiltração e conseqüentemente na erosão.

Bertoni e Lombardi Neto (2008) comentam que em relação à estrutura dos solos, há dois aspectos a serem considerados no estudo da erosão: o primeiro diz respeito à propriedade físico-química da argila, que faz com que os agregados permaneçam ou não estáveis em presença de água (os agregados dos solos com montmorilonita, por exemplo, são pouco estáveis em água e com argila caulínica são mais estáveis, as ilitas apresentam comportamento intermediário); o outro aspecto, está associado à propriedade biológica causada pela abundância de matéria orgânica, que de forma significativa, aumenta a coesão entre as partículas.

Sobre esse último aspecto, De Ploey e Poesen (1985, *apud* GUERRA, 2003) indicam que solos com menos de 2,0 % de matéria orgânica possuem baixa estabilidade nos agregados. Apesar de não existir um consenso sobre o percentual mínimo que afete a estabilidade dos agregados, sabe-se que o aumento do teor de matéria orgânica aumenta o teor de agregados no solo, além de elevar a resistência destes à dispersão.

Salomão (1999) destaca que determinadas propriedades químicas do solo influenciam no estado de agregação entre as partículas. O autor afirma que solos com características latossólicas são quimicamente pobres em bases e com teores elevados de óxidos de ferro e alumínio, tendendo em geral a se estruturarem por microagregação, que promove no solo maior porosidade entre as partículas. O autor ainda ressalta que, em solos com alto teor de bases, existe uma tendência para a formação de estruturas prismáticas ou em blocos, que apresentam, em geral, menor porosidade entre as partículas e menor permeabilidade em relação aos latossolos. A menor permeabilidade reduz a entrada de água no solo, aumentando o escoamento superficial e conseqüentemente as perdas de solo.

Salomão (*op. cit.*) enfatiza que o gradiente textural entre os horizontes superiores do solo (relação entre teores de areia e argila nos horizontes A e B) é uma das características pedológicas mais importantes em relação ao seu comportamento erosivo. Solos com horizontes Bt (argissolos, por exemplo), que dispõem de um horizonte A mais arenoso e o B mais argiloso, são mais susceptíveis à erosão do que solos com Bw (latossolos) que, praticamente não dispõem de gradiente textural entre os horizontes superiores. O horizonte com concentração de argilas (Bt) representa certa barreira à infiltração da água, provocando de forma mais rápida o encharcamento do horizonte superior, favorecendo o desenvolvimento de enxurradas e erosão.

Em relação à profundidade, Lepsch (2002) admite que solos rasos são mais erodíveis porque dispõem de baixa capacidade de armazenamento de águas pluviais, o que

permite um rápido encharcamento dos horizontes superiores, desencadeando rapidamente o escoamento superficial.

É importante notar que para compreender o comportamento dos solos diante dos processos erosivos é necessário integrar e correlacionar diversas propriedades, pois uma avaliação a partir de um aspecto isolado não retrata a erodibilidade dos solos. É válido enfatizar que além das propriedades acima citadas, outras, a depender do método de pesquisa utilizado, podem ser consideradas como a porosidade, densidade e permeabilidade.

- Topografia

A declividade, o comprimento e a forma da superfície do terreno, atuam em conjunto, e exercem grande influência no desencadeamento de processos erosivos. A capacidade erosiva é influenciada pela velocidade das enxurradas, que de acordo com alguns princípios de hidráulica, depende diretamente do grau de declive:

a velocidade da água varia com a raiz quadrada da distância vertical que ela percorre, e a energia cinética, de acordo com o quadrado da velocidade; a quantidade de material que pode ser arrastado, varia com a quinta potência da velocidade do escoamento; o tamanho das partículas arrastadas varia com a sexta potência da velocidade de escoamento (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2008, p. 56).

Considerando que a energia cinética é a capacidade erosiva, entende-se que à medida que o declive do terreno aumenta, se eleva a velocidade do escoamento superficial, que aumenta o poder erosivo, e a capacidade de arrastar maior quantidade de material, assim como, eleva a capacidade de retirar partículas mais grosseiras que a argila e o silte.

No entanto, Morgan (1986, *apud* GUERRA, 2003) salienta que em encostas muito íngremes, a perda de solo pode diminuir, devido principalmente à redução do material disponível (solos mais rasos). É inegável que o aumento da declividade aumenta a capacidade erosiva dos agentes (a água, através do escoamento superficial), mas ao mesmo tempo isso não significa maiores perdas de solo, pois, podem ocorrer maiores perdas de solos em declividades de 20% do que em declividades maiores de 70%. O fator declividade deve ser considerado conjuntamente com outros parâmetros, que podem intensificar ou reduzir sua influência na erosão.

O comprimento da encosta é um parâmetro importante a ser considerado, Bertoni e Lombardi Neto (2008) comentam que, à medida que o caminho percorrido pela enxurrada

aumenta, eleva-se significativamente o volume de água e a velocidade do escoamento, conseqüentemente, maior é a energia resultante que se traduz por uma capacidade erosiva maior. Os autores estimam que um terreno com 20 metros de comprimento e 20% de declive tem a mesma perda de terra que um de 180 metros de comprimento e com 1% de declive. Isso confirma que o comprimento é tão importante quanto a declividade no desencadeamento da erosão.

A forma da encosta é outro fator que tem papel crucial na erosão dos solos, pois a dinâmica dos fluxos de água superficiais e subsuperficiais e transportes de sedimentos são influenciados pela concavidade ou convexidade da vertente, isto é, pela geometria ou forma. De acordo com Silva *et al.* (2003), verifica-se a existência de três tipos de variações nos perfis longitudinais das encostas: perfil convexo, onde os trechos mais baixos da encosta possuem declividades acentuadas e os trechos mais altos declividades menores; perfil côncavo, onde os trechos mais baixos possuem declividades mais baixas e os trechos mais altos possuem declividades mais acentuadas; e perfil retilíneo, se os valores de declividades dos trechos, altos e baixos, forem similares entre si.

A FIG. 2 exhibe, de forma geral, a tendência para o direcionamento dos fluxos superficiais de água segundo as variações na forma da vertente, tanto variação de perfil longitudinal como a variação no sentido lateral ou das “linhas de contorno”, como é chamado por (Christofolletti, 1980).

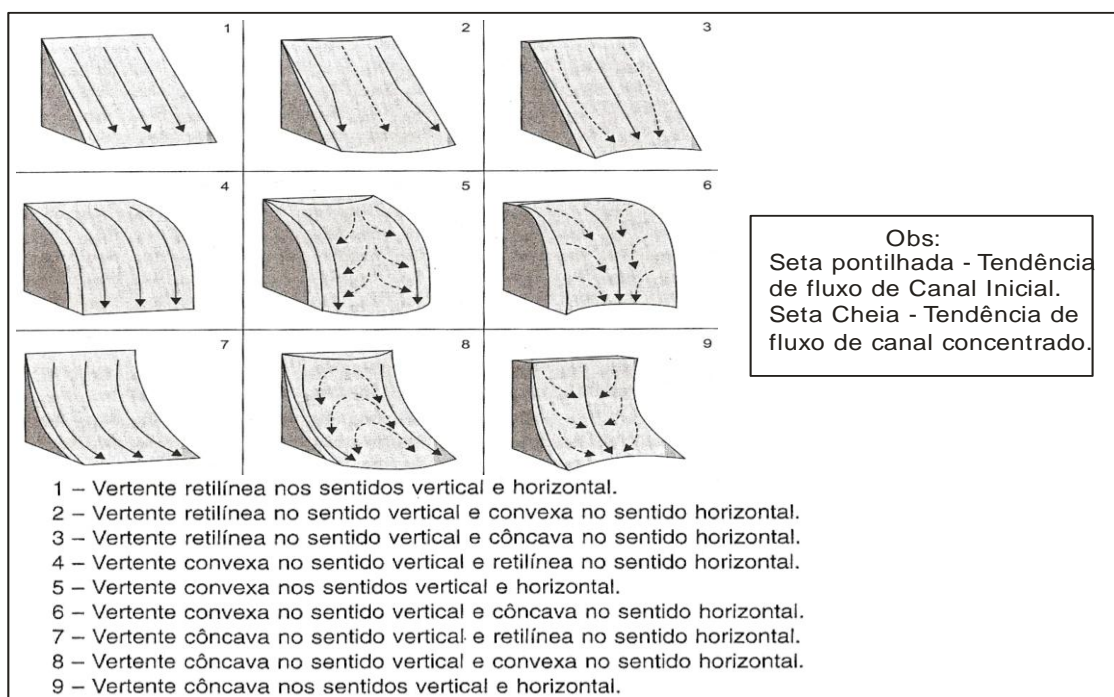


FIGURA 2 – Geometria e declividade em encostas retilínea, convexa e côncava.
 Fonte – RODRIGUES (1982 *apud* SILVA *et al.*, 2003).

Silva *et al.* (2003) exemplificam que os segmentos de geometria côncava nos sentidos horizontal e vertical são zonas preferenciais a ocorrência de processos erosivos lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) devido à convergência de fluxos d'água, sendo nesse ponto de vista, áreas mais propícias a ocorrência desse tipo de erosão.

Braun (1961) compartilha dessa idéia, quando comenta que a forma das encostas influi principalmente no tipo de erosão a ser desencadeado, afirmando que numa encosta de forma plana ou levemente convexa, tenderá, de modo geral, a se processar erosão em lençol, já em encosta com a superfície côncava, a erosão poderá evoluir para o tipo voçoroca, devido à convergência das águas, para a parte mais baixa do terreno.

As características topográficas, acima comentadas, apesar de serem decisivas no desencadeamento do processo erosivo, devem ser sempre relacionadas com outros parâmetros como a rugosidade da superfície, a disponibilidade e tipo de material (solos) e a cobertura vegetal da encosta.

- Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal tem uma função extremamente importante no controle da erosão hídrica pluvial. De acordo com Araújo; Almeida; Guerra (2005); Bertoni e Lombardi Neto (2008); Bigarella *et al.* (2003); Guerra (2003); Salomão (1999) a vegetação é a defesa natural de um terreno contra a erosão, sendo seu efeito associado à proteção contra a energia proveniente da chuva e do escoamento superficial e no melhoramento das condições do solo.

Os benefícios protetores ou estabilizadores da cobertura vegetal são: a interceptação, onde as folhagens e os resíduos de plantas absorvem a energia da chuva e impedem o destacamento do solo pelo impacto da chuva; a contenção, pois o sistema radicular auxilia fisicamente na estruturação das partículas de solo; o retardamento, isso porque os caules e as folhagens aumentam a rugosidade da superfície e diminuem a velocidade do escoamento superficial; a infiltração, pois as plantas e seus resíduos ajudam a manter a porosidade e a permeabilidade do solo, conseqüentemente, atrasando ou impedindo o início do escoamento superficial (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2005).

Bertoni e Lombardi Neto (2008) acrescentam que a decomposição das raízes das plantas aumenta o conteúdo de matéria orgânica e húmus no solo, que além de melhorar sua estrutura e agregação, aumenta sua capacidade de retenção de água. Isso reduz significativamente as perdas de água e solos por escoamento superficial.

Em relação à interceptação das precipitações, “quando não há interceptação energética pela cobertura vegetal, as gotas sempre chegam ao solo com a velocidade-limite, o que significa com a maior energia possível em função do tamanho das gotas, ou seja, em função da intensidade da precipitação” (TRICART, 1977, p. 24). Nesse caso, o autor fala sobre interceptação no sentido da redução da energia gerada pelo impacto das gotas de água no solo.

A interceptação realizada pela vegetação se dá também em relação à redução do volume de água que atinge o solo, Bigarella *et al.* (2003) comentam que a grande pluviosidade sobre as florestas tropicais é devolvida diretamente para a atmosfera pelos processos de evaporação e transpiração, sendo que até 60% das chuvas são transpiradas pelos estômatos das folhas, ou seja, a vegetação é reguladora da quantidade de água para o escoamento superficial.

Para os mesmos autores, esse tipo de escoamento aumenta consideravelmente nas regiões onde a cobertura vegetal foi removida, tornando a erosão do solo centenas de vezes mais veloz do que em terrenos com alta densidade de cobertura vegetal, como nas florestas tropicais. Bigarella *et al.* (op. cit.) comentam que a infiltração na parte superior dos solos de uma área rica em vegetação é favorecida pelas atividades da fauna perfuradora e das raízes vegetais que contribuem para o incremento no volume dos macroporos, assim como favorece a formação de canais tubiformes, ambos aumentando a permeabilidade do solo.

Albuquerque; Lombardi Neto; Srinivasan (2001), em trabalho realizado no semiárido paraibano, divulgaram resultados que evidenciam a importância da cobertura vegetal de caatinga no controle da erosão hídrica. Os valores médios anuais de perdas de solo das macroparcelas da caatinga nativa foram de 0,1 e 0,1 t ha⁻¹, já os valores obtidos nas macroparcelas desmatadas foram de 31,0 e 26,0 t ha⁻¹; em relação à precipitação média anual (695 mm), as perdas de água das macroparcelas desmatadas foram de 19 e 22%, enquanto as perdas de água das macroparcelas com caatinga nativa foram de 1,5 e 2,0%, em relação à precipitação média anual. Os autores constataram que as macroparcelas com caatinga nativa contribuíram para aumentar a infiltração média anual da água no solo e reduzir significativamente as perdas de solo.

De forma geral as coberturas vegetais, de diferentes densidades e características, sejam elas florestas, caatingas ou vegetação herbácea, contribuem de forma significativa na redução das perdas de solo. É importante salientar que existem diferenças no tipo e percentagem de cobertura vegetal e no tipo de uso do solo no processo de erosão. Guerra

(2003) coloca que à medida que a cobertura do solo se torna mais densa, cobrindo mais de 30% da superfície do solo, a erosão diminui.

2.5.2 A resistência das rochas ao intemperismo.

Para o estudo da influência da litologia nos processos erosivos é conveniente ressaltar o papel do intemperismo como mecanismo capaz de reduzir a coesão das rochas e alterar sua estabilidade diante da erosão, assim como, é conveniente destacar a capacidade do intemperismo em produzir material inconsolidado ou o aporte de sedimentos e solos necessários para a erosão mecânica.

Crepani *et al.* (2001; 2008) estabelecem que a litologia influencia na vulnerabilidade dos solos à erosão. Os autores acrescentam que, o fator que traduz essa vulnerabilidade, diz respeito à estabilidade/instabilidade das rochas perante os processos intempéricos. Se a erosão mecânica é entendida como “o desgaste da superfície do terreno com a retirada e o transporte dos grãos minerais” (BIGARELLA *et al.*, 2003 p. 884), o intemperismo antecede esse processo, pois age diretamente na rocha a partir de mecanismos de alterações químicas e físicas, provocando o rompimento das ligações do material consolidado. “Intemperismo é a resposta dos materiais que estavam em equilíbrio no interior da litosfera às solicitações da atmosfera, hidrosfera e talvez ainda da biosfera” (Reiche, 1945 *apud* PENTEADO 1974, p. 63).

Pensando sobre a perspectiva química, entende-se que quando as rochas e minerais são submetidos à ação do oxigênio, do gás carbônico e de compostos orgânicos, sofrem intemperismo, assim como a ação da água, que penetra nos poros, clivagens e fissuras das rochas e dos minerais dissolvendo os constituintes mais solúveis (KÄMPF; CURI; MARQUES, 2009). É importante mencionar o papel da lixiviação como mecanismo que retira do ambiente os elementos mais solúveis, gerando desequilíbrio e mantendo ativo o intemperismo. Quanto maior a lixiviação, mais intenso será o intemperismo, processo este bastante influenciado por questões climáticas. Isso significa que as rochas, em vários metros de profundidade, podem sofrer intemperismo pela ação da água que infiltra e percola nos espaços associados à permeabilidade do material, o que de fato, confirma ser um processo que está antecedendo a erosão mecânica.

De acordo com VALADÃO (1998, p. 61), “o intemperismo é o processo pelo qual a rocha sã é transformada em saprolito⁴ (...) a velocidade da saprolização determina a taxa na qual a rocha torna-se mais susceptível à erosão física”. Isso porque os processos intempéricos provocam uma redução significativa na coesão das rochas, o que altera sua estabilidade e aumenta a susceptibilidade diante dos agentes erosivos.

O comportamento das litoestruturas em relação ao intemperismo depende fundamentalmente da natureza das rochas (propriedades físicas e químicas). As características associadas à textura, estrutura e composição mineralógica ditam a resistência da rocha à alteração intempérica. Em relação aos dois primeiros, cabe uma diferenciação entre os termos, onde segundo Williams *et al.* (1970), estrutura refere-se aos aspectos reconhecíveis no campo, como por exemplo, a disposição em camadas, a lineação e as diáclases, já a textura se refere às relações íntimas entre seus componentes minerais (forma e arranjo), grau de cristalização e a granulação.

De acordo com Toledo *et al.* (2000), a textura influencia no intemperismo na medida em que permite maior ou menor infiltração da água, os autores colocam que as rochas com arranjo mais compacto (proporcionando menor infiltração) e texturas mais grossas são mais resistentes à alteração que as menos compactas e de texturas mais finas, esse último aspecto, ocorre devido à maior superfície específica (área exposta aos agentes intempéricos) associada aos materiais com grãos menores. Estruturas como juntas e diáclases também facilitam a percolação da água e, portanto a alteração.

Como toda rocha é um agregado de minerais, uma característica das rochas extremamente importante na determinação da intensidade do intemperismo está associada à resistência ao processo intempérico dos minerais que as constituem. Moniz (1972); Toledo *et al.* (2000) apresentam a Série de Goldich, que estabelece uma sequência de estabilidade dos minerais em face do intemperismo, e afirmam que, para os minerais silicáticos, a série é semelhante a da ordem de cristalização dos minerais a partir do magma, exibidos pela Série de Bowen.

O QUADRO 3 mostra a relação entre ordem (tempo) de cristalização e velocidade de intemperismo e estabelece que o mineral que está entre os primeiros a se cristalizar⁵ (em maior temperatura, que ocorre em maior profundidade) é mais instável à alteração, isso quer dizer maior velocidade no intemperismo. De fato, os minerais que primeiro se

⁴ Saprolito – Corpo rochoso intemperizado, isovolumétrico, macio e friável que retém a fábrica e a estrutura da rocha mãe (VALADÃO, 1998, p. 61).

⁵ Cristalização fracionada de magma, de acordo com Szabó (2000).

crystalizam estão, em relação a outros minerais, numa maior discordância no que diz respeito às características ambientais da superfície, fato este que provoca maior instabilidade para estes grupos. Se por outro lado o mineral está entre os últimos a se cristalizar, está com suas características mais próximas da superfície terrestre, isso quer dizer que este mineral foi formado (cristalizado) numa condição de menor temperatura e menor profundidade, conferindo maior estabilidade e resistência à alteração intempérica.

QUADRO 3
Ordem de estabilidade frente ao intemperismo dos minerais mais comuns.
Comparação com a série de cristalização magmática de Bowen.

ESTABILIDADE DOS MINERAIS	VELOCIDADE DE INTEMPERISMO	SÉRIE DE BOWEN	
Mais estável	Menor	Último a cristalizar	
Óxidos de ferro (hematita)	↓	Quartzo	
Hidróxidos de alumínio (gibbsita)		Muscovita	
Quartzo		Ortoclásio	
Argilominerais		Biotita	
Muscovita		Anfibólio	
Ortoclásio		Piroxênio	
Biotita			
Albita			
Anfibólios			
Piroxênios			
Anortita			
Olivina			
Calcita			
Halita			
Menos estável		Maior	Primeiro a cristalizar

Minerais Máficos

↑ Série descontínua

Olivina

Albita

↑ Plagioclásios Série contínua

Anortita

Fonte: TOLEDO *et al.*, 2000, p. 151 (modificado).

De acordo com Kämpf, Curi e Marques (2009), a estreita relação entre a Série de Goldich e a Série de Reação de Bowen é explicada pelo grau de desequilíbrio entre o ambiente de alta temperatura do magma, no qual o mineral se forma, e a baixa temperatura do ambiente terrestre, no qual o mineral se intemperiza.

Em síntese, pode-se afirmar que “os primeiros minerais a se formarem pela consolidação do magma são os menos estáveis, devido à grande diferença entre as condições físico-químicas do meio em que se cristalizam e as do meio ambiente” (MUNIZ, 1972, p. 309).

Na Série de Bowen, segundo abordagem de Toledo *et al.* (2000), a olivina é o primeiro mineral a cristalizar-se, sendo assim, o mais susceptível a alteração, por outro lado o quartzo é o último mineral a se cristalizar, e o mais resistente, dos minerais mais

comuns, ao intemperismo, lembrando que em condições muito agressivas, como no clima tropical, o intemperismo químico pode dissolvê-lo. Considerando a sequência dos plagioclásios, a anortita tem o ponto de fusão máximo e a albita mínimo, já os K-feldspatos fundem a temperaturas ainda mais baixas, gerando uma sequência de alteração intempérica, da maior para a menor suscetibilidade, anortita, albita e K-feldspato.

Todavia, há determinados fatores específicos dos minerais que também influenciam no retardamento ou na intensificação do processo intempérico. Segundo Crepani *et al.* (2001), a resistência ao intemperismo da rocha vai depender da estabilidade ou instabilidade dos minerais que a compõem e da resistência à desagregação entre os minerais, o que depende da natureza das ligações entre os átomos dos diferentes elementos químicos que os constituem e da natureza das forças que juntaram as partículas, cristais ou grãos. Dessa forma uma análise da estrutura molecular dos minerais, é de suma importância para compreensão da resistência da rocha ao processo intempérico.

De acordo com Fassbender e Bornemisza (1994), a maior parte dos minerais que constituem as rochas estão associados ao grupo dos silicatos, aproximadamente 80% dos minerais das rochas ígneas e metamórficas, pertencem a este grupo. A classe dos silicatos reúne os dois elementos químicos mais abundantes da litosfera: silício e oxigênio. Por esse motivo serão abordadas as principais classes de estruturas dos silicatos, o que, de fato, dá suporte para melhor compreender o intemperismo de grande parte das rochas da crosta terrestre.

Fassbender e Bornemisza (op. cit.) comentam que a unidade estrutural básica dos silicatos é representada por um tetraedro, formado por um íon central de silício (Si^{+4}) eletronicamente ligado com quatro oxigênios (O^{-2}), apresentando uma carga líquida de SiO_4^{-4} . Se cada átomo de silício tem quatro cargas elétricas positivas, e cada átomo de oxigênio tem duas cargas negativas, é necessário que cada um dos átomos de oxigênio use uma de suas cargas para atrair as cargas do silício, ocorrendo, portanto apenas o compartilhamento de uma das cargas dos oxigênios, enquanto que na parte externa do tetraedro restam cargas de oxigênios não compartilhadas. Na formação do mineral, a carga negativa é compensada por compartilhamento de oxigênios com silícios vizinhos ou por cátions, como por exemplo, ferro, magnésio ou potássio, o que depende do ambiente de formação e da estrutura dos silicatos.

O arranjo entre os tetraedros dos silicatos formam padrões ou classes estruturais variadas, definida pela proporção de silício/oxigênio (Si:O), como exemplos, tem-se os nesossilicatos, os inossilicatos de cadeia simples, inossilicatos de cadeia dupla, os

filossilicatos, todos exibidos na FIG. 3, e os tectossilicatos. Kämpf, Curi e Marques (2009) afirmam que a estabilidade cresce com o aumento do compartilhamento dos oxigênios com o tetraedro, que aumentam dos nesossilicatos para os tectossilicatos. Essa afirmação confirma a relação entre a classe do silicato e a resistência à alteração do mineral diante do intemperismo. Para tanto, cabe neste momento algumas considerações a respeito das classes dos silicatos.

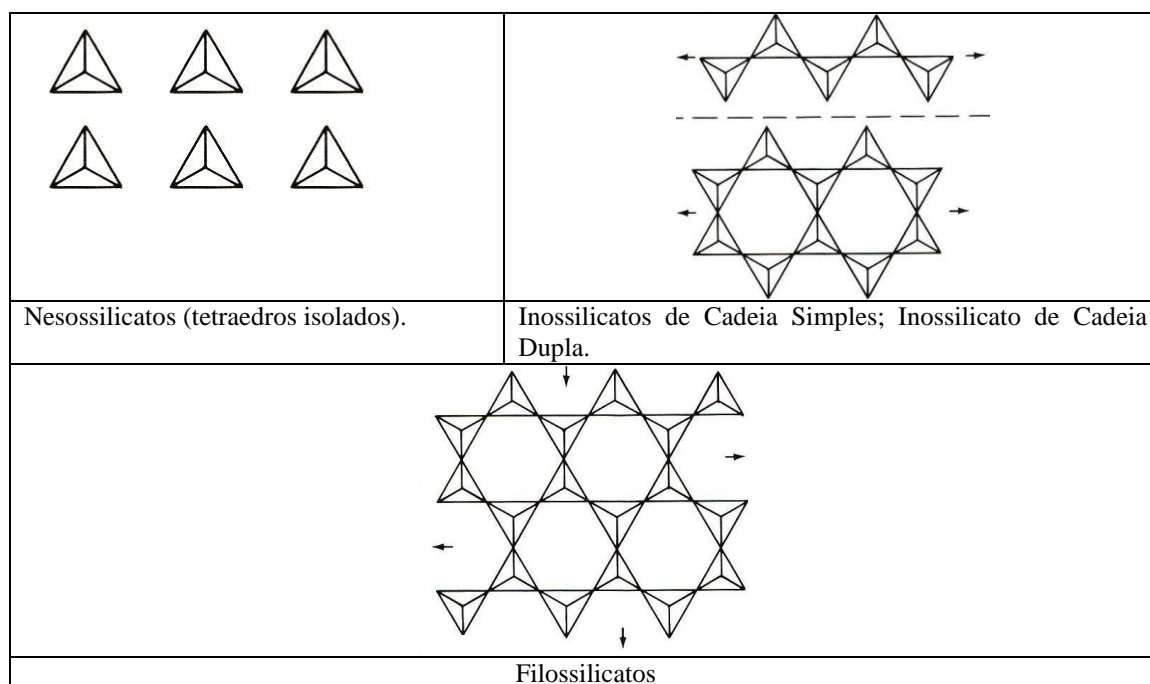


FIGURA 3 - Estruturas esquemáticas dos silicatos.

Fonte: Modificado de FASSBENDER E BORNEMISZA, 1994, p. 14.

Fassbender e Bornemisza (1994); Neves *et al.* (2008) afirmam que os nesossilicatos (ou ortossilicatos) são formados por tetraedros isolados, com proporção Si:O de 1:4, tendo 4 oxigênios “não-compartilhados” (SiO_4) que, no caso da olivina ($\text{Mg,Fe}_2\text{SiO}_4$), por exemplo, ligaram-se com cátions de ferro e magnésio. Neste caso os tetraedros de silício são unidos por fracas e instáveis ligações (ligações iônicas), feitas por cátions bivalentes Fe^{+2} e Mg^{+2} , estes, que pela disponibilidade no ambiente de formação e pelo menor tamanho (raio iônico) em relação a outros cátions, se ajustam melhor no empacotamento das estruturas formadoras dos nesossilicatos.

Nos inossilicatos, os tetraedros ligados compartilham dois ou três oxigênios, formam cadeias “infinitas”, que são ligadas (ligações iônicas) umas às outras por cátions bivalentes. São classificados em inossilicatos de cadeias simples e de cadeias duplas, no primeiro caso, a razão Si:O é de 1:3, com dois oxigênio “não compartilhados”, esta classe é

representada pelo grupo dos piroxênios. No segundo caso, a razão Si:O é de 4:11, equivale a duas lâminas do inossilicato simples e são representadas pelo grupo dos anfibólios.

Nos filossilicatos, os tetraedros compartilham três oxigênios com os tetraedros vizinhos, formando estruturas planares dispostas em folhas, como as micas, por exemplo. A razão Si:O é de 2:5, e apenas 1 oxigênio não está compartilhado. As folhas são unidas por cátions, que se ligam aos O^{-2} dos ápices dos tetraedros formando a estrutura. Essas ligações são do tipo Van der Waals, e são extremamente frágeis, representam as clivagens paralelas às camadas, como nas biotitas e muscovitas, por exemplo.

Os tectossilicatos apresentam estruturas tridimensionais de sílica com razão Si:O de 1:2 como no caso do quartzo (SiO_2), por exemplo. Cada tetraedro compartilha os quatro oxigênios que estão nas vértices, gerando uma estrutura de composição unitária muito estável (fortemente unida por meio de ligações, em parte, covalentes). Os tectossilicatos, devido ao caráter tridimensional, são de difícil representação, para melhor compreender imaginam-se as cadeias de filossilicatos “infinitamente” umas sobre as outras.

A substituição isomórfica, isto é, a substituição no interior da estrutura do tetraedro, de Si por Al, pode ocorrer no âmbito de 25 a 50% dos silicatos. Nos tectossilicatos ocorre a substituição de um íon tetravalente de silício (Si^{+4}) por um íon trivalente de alumínio (Al^{+3}), fazendo aparecer uma carga elétrica livre, de grandeza suficiente para ligar cátions monovalentes, como o sódio (Na^+) e o potássio (K^+), por meio de ligações iônicas, o que reduz a estabilidade desse tipo de tectossilicato. Como exemplo, pode-se citar o grupo dos feldspatos (albita – $NaAlSi_3O_8$ – dentre outros).

Paton (1978) comenta que uma das mais importantes propriedades na determinação da relativa resistência dos minerais à alteração intempérica é a força com que os átomos ou íons se ligam aos seus vizinhos, que nos silicatos, é determinado pelas ligações cátions-oxigênio. O autor comenta que ligações entre átomos requerem grande quantidade de energia, e que quanto mais energia envolvida na ligação, mais resistente será o mineral às alterações provocadas pelo intemperismo.

Para isso, Paton (op. cit.) enfatiza ligações envolvendo os principais cátions constituintes dos minerais da crosta terrestre (Na, K, Ca, Mg, Fe, Al e Si) e afirma que as ligações mais fortes são realizadas com o alumínio (elemento trivalente) e o silício (elemento tetravalente), pois mais energia é envolvida nas ligações destes com o oxigênio. Os outros elementos são monovalentes e bivalentes, tendo uma menor energia envolvida nas ligações com oxigênio. Os tetraedros dos silicatos são extremamente resistentes, pois

são formados por ligações entre silício e oxigênio, ou alumínio e oxigênio (em caso de substituição isomórfica em tetraedros do Si por Al em alguns silicatos).

Isso quer dizer que quando as ligações entre os tetraedros, em alguma parte da estrutura do mineral, forem realizadas por cátions Fe, Mg, Ca, Na e K, estes minerais serão, de certa forma, frágeis. A presença de um dos cátions acima na estrutura do mineral oferece instabilidade a alteração do mineral como um todo (a maior instabilidade do K desestabiliza o K-feldespato, por exemplo), e quando está ligação for feita por Al e Si, terá menor velocidade no intemperismo. É importante lembrar que estes sete elementos mais o oxigênio, constituem mais de 90% dos elementos presentes na crosta terrestre.

Em se tratando da energia envolvida na formação de um mineral/silicato como um todo, Paton (op. cit.) estabelece para as classes de silicatos uma sequência que confirma a maior resistência dos tectossilicatos sem substituição isomórfica (quartzo – SiO_2) e a menor resistência à alteração dos nesossilicatos (olivina - $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$) (ver TAB. 1), lembrando que no primeiro envolvem apenas ligações entre Si^{+4} e O^{-2} , e no segundo envolvem ligações entre os tetraedros de silício com Fe^{+2} e Mg^{+2} , obviamente considerando a afirmação de que quanto maior a energia envolvida na formação da estrutura do mineral, maior será sua resistência à alteração.

TABELA 1
Energia de Formação das Estruturas dos Silicatos

Classe	Total – Energia de Ligação (kg cal/mol)
Nesossilicato - Olivina	78 500
Inossilicato de Cadeia Simples – Piroxênio	104 366
Inossilicato de Cadeia Dupla – Anfibólio	113 823
Filossilicato – Mica	124 920
Tectossilicato – Quartzo	155 500

Fonte: PATON, 1978 (modificado).

Moniz (1972), ao comentar sobre a decomposição de nesossilicatos, afirma que a instabilidade da olivina é decorrente da alta relação entre cátions bivalentes/silício (muitos cátions com baixa carga). O autor afirma também que a estrutura da olivina se expõe com facilidade ao ataque químico externo, devido principalmente aos cátions não estarem

protegidos pelos tetraedros de silício, no caso dos íons de Fe^{+2} , facilmente se oxidam em Fe^{+3} , e os íons de Mg^{+2} tendem a se combinar com hidroxilas.

O mesmo autor comenta que a decomposição nos inossilicatos também ocorre de forma rápida devido à disposição das cadeias, que são ligadas por cátions metálicos. Marshall (1964, *apud* MONIZ, 1972) destaca que os inossilicatos de cadeia simples (piroxênios) se alteram mais facilmente que os de cadeia dupla (anfibólios), pois a relação de cátions bivalentes/silício, é de 1:1 nos piroxênios, e de 7:8 nos anfibólios.

Em relação à decomposição nos filossilicatos, a biotita se altera mais rapidamente do que a muscovita e as duas razões principais dessa menor resistência é a presença de Fe^{+2} e Mg^{+2} na biotita, o primeiro se oxida facilmente em Fe^{+3} , o que destrói a neutralidade elétrica da estrutura do mineral, e o segundo tende a se combinar facilmente com hidroxilas (MONIZ, 1972).

Os tectossilicatos são os mais estáveis das classes dos silicatos, sendo que esta estabilidade é representada principalmente pelo quartzo. Em relação aos feldspatos, Moniz (op. cit.) afirma que os potássicos são mais resistentes à decomposição do que os sódicos, que por sua vez, são mais estáveis do que os cálcicos.

Como visto, a resistência da rocha ao intemperismo está associada em grande parte à maior ou menor instabilidade dos minerais componentes. Por exemplo, um dos fatores que explicam a alta resistência do quartzito é o fato de ser uma rocha muito rica em quartzo, um tectossilicato altamente rico em silício. Já os filitos, são rochas metamórficas de grande variedade em sua composição, muitas constituídas predominantemente por sericita (variedade de muscovita) e cloritas, que são minerais filossilicatos com significativa riqueza em Al, K, Fe e Mg. Ao observar o tipo de silicato e a composição química dos minerais formadores dos filitos, nota-se sua maior instabilidade frente ao intemperismo em relação ao quartzito.

Ao observar que porções do relevo cuja litoestrutura são compostas por filitos e estão rebaixadas em relação a compartimentos de relevos compostas por quartzitos, confirma-se, de certa forma, o maior intemperismo e erosão sobre os filitos. Através deste simples exemplo e das considerações apresentados nos parágrafos anteriores, pode-se argumentar sobre a influência indireta e até mesmo direta das rochas nos processos erosivos.

2.5.3 A ação antrópica e a erosão acelerada: uma questão de uso do solo e manejo inadequados.

Estudos sobre a erosão dos solos numa perspectiva ambiental não devem ser realizados apenas sobre o ponto de vista dos elementos da natureza, mas também, sobre o ponto de vista da ocupação espacial da sociedade e de sua intervenção na dinâmica natural. Mendonça e Guerra (2004) mostram que a erosão dos solos tem causas relacionadas à própria natureza, a partir dos fatores controladores como chuva, características topográficas, propriedades dos solos, cobertura vegetal, mas também está associada à ação do homem, que na maioria das vezes, tende a acelerar os processos erosivos.

Drew (1994) afirma que o mais negativo dos efeitos da intervenção do homem sobre o solo, consiste em criar condições para a aceleração e desencadeamento do processo erosivo.

Uma Erosão catastrófica do solo é mais comum em ambientes de equilíbrio delicado (semi-áridos, montanhosos, sobretudo) onde o solo é facilmente erodível. No entanto, a degradação física e química do solo está muito mais generalizada, mesmo a agricultura mais cuidadosamente empreendida fará aumentar as perdas de cinco a cinquenta vezes, em relação as terras dotadas de cobertura vegetal natural. Ao promover a erosão o homem está efetivamente encurtando a duração geomorfológica e acelerando muito um processo natural (DREW, 1994, p. 50).

O autor reconhece que a erosão é um importante mecanismo natural de dissecação e modelagem do relevo, podendo ocorrer com ou sem a intervenção humana, mas ao mesmo tempo atribui à ação do homem e sua ocupação espacial um papel crucial na intensificação desse processo. Pruski (2009) comenta que a ação do homem gera a erosão acelerada, que constitui fenômeno de grande importância em razão da rapidez com que se processa e pelo fato de acarretar grandes prejuízos não só para agropecuária, mas também para diversas outras atividades econômicas e ao meio ambiente.

Tricart (1977) corrobora com essa ideia, quando afirma que a degradação antrópica se acrescenta às causas naturais, intensificando a instabilidade e tornando a degradação mais fácil, nesse caso, a brusca ativação, provocada pela degradação antrópica, provoca efeitos que induzem mudanças ao sistema natural. A erosão dos solos, intensificada pela retirada da cobertura vegetal, por exemplo, transporta rapidamente seus sedimentos para os fundos de vales, assoreando rios, mudando a forma dos canais fluviais, induzindo mudanças no ciclo da água no interior de uma bacia hidrográfica, o que ocasiona o

aumento de enchentes em épocas de cheias e alarga o tempo da vazante em épocas de estiagem.

O desmatamento e superexploração da vegetação, o superpastoreio e o manejo agrícola inadequado estão entre as principais ações humanas causadoras da degradação dos solos (Araújo, Almeida e Guerra, 2005). A erosão em nível de degradação está associada com usos indiscriminados do solo, desprovidos de ordenação e mecanismos de controle, que seriam capazes de reduzir significativamente os prejuízos causados pela transformação espacial gerada pela ocupação humana.

Mafra (1999) comenta que os fatores que conduzem à degradação das terras por erosão têm suas origens em problemas na organização da sociedade (de ordem social, política e econômica), os quais determinam o uso e o manejo das terras a que estão submetidos. Isso quer dizer que a sociedade, a partir de seu desenvolvimento histórico e de suas decisões políticas, de certa forma, determina as taxas de erosão desencadeadas em seus territórios.

O modelo agrícola predominante no país (baseado em uso de energia fóssil, de agroquímicos, na mecanização intensiva e que tem como principal preocupação a produtividade, em sua dimensão econômica) induz ao manejo inadequado do solo e promove a intensificação de processos erosivos pela exposição do solo ao sol e à chuva, com destruição de seus agregados, formação de camadas compactadas, decréscimo de permeabilidade e infiltração e, em consequência, aumento da erosão (HERNANI *et al.*, 2002, p. 49).

As ações políticas de ocupação e de desenvolvimento do território, muitas vezes, visaram à produção e ao desenvolvimento econômico sem a devida preocupação com as limitações particulares de cada ambiente natural.

Foi na busca pela redução da expansão da degradação antrópica das terras, que emergiu a necessidade de planificação de uso do solo, que tem como objeto a organização do espaço físico de modo que a utilização da terra seja compatível com suas potencialidades, visando fundamentalmente a utilização racional das terras e a conservação do meio ambiente. Dentro dessa temática, vê-se incorporada a questão da erosão, quando se trata da planificação, tanto voltada ao uso da terra para fins agrícolas, como a planificação ambiental (MAFRA, 1999).

MAFRA (op. cit.) coloca que o conceito de planificação é justificado pela necessidade de utilizar o solo como recurso natural de forma a atender sua capacidade de uso. Lepsch *et al.* (1991) afirmam que a capacidade de uso diz respeito à adaptação das

terras às várias modalidades de utilização agrosilvipastoril, e está diretamente ligada às possibilidades e limitações que elas apresentam. Os mesmos autores destacam que, para se estabelecer o melhor uso da terra, exige-se um conjunto de interpretações do próprio solo e do meio onde ele se desenvolve. Interpretações estas, feitas a partir de certo número de informações preexistentes, que têm que ser fornecidas por levantamentos do meio físico e ambiental da área indicada para uso.

Ordenar e planificar o uso do solo torna-se fundamental na contenção do processo erosivo. Muitas áreas não sustentam o uso de atividades econômicas que exijam, por exemplo, a alteração da cobertura vegetal original. Sobre esse assunto, Tricart (1977) comenta que em ambientes que já apresentam forte instabilidade, devido a condições ambientais específicas, medidas com vistas à conservação devem evitar a compatibilização entre atividades antrópicas e a preservação, pois são meios nos quais a morfodinâmica (erosão e movimentos de massa, por exemplo) já predomina, e por ventura, uma mínima alteração poderá desencadear rápidos e intensos processos de degradação, comprometendo não só a área alterada, mas todo o sistema ambiental. Em um ambiente que dispõe de tal instabilidade é coerente que a planificação aponte para um uso do solo destinado à preservação, no contrário, a retirada da cobertura vegetal certamente desencadeará grandes perdas de solo com grandes prejuízos para o meio ambiente.

Mas, certamente, o maior problema em relação à questão da erosão, diz respeito ao uso agropecuário do solo. De acordo com Hernani *et al.* (2002), as perdas anuais de solo em áreas ocupadas por lavouras (anuais e perenes) e pastagens (naturais e plantadas) no Brasil são em torno de 822,7 milhões de toneladas, sendo considerado, como um forte fator que contribui para esse dado, o manejo inadequado do solo.

Entre as práticas inadequadas, cita-se o desmatamento indiscriminado, o sobreuso da terra além da aptidão recomendada, a ausência de planejamento e práticas conservacionistas e, enfim, o preparo de solo inadequado. O preparo intensivo do solo com grades de discos tem sido uma das principais causas da degradação das terras nos ambientes subtropicais e tropicais brasileiros. Seus efeitos são sentidos, principalmente, pela redução rápida dos teores de matéria orgânica e as suas conseqüências sobre a perda de capacidade produtiva do solo (HERNANI *et al.*, 2002, p. 50).

O desgaste do solo em áreas de cultivo, causado pela erosão acelerada, é muito grande, mas pode ser perfeitamente controlado com o uso de algumas técnicas e manejo adequados, utilizadas para aumentar a resistência do solo ou diminuir as forças do processo

erosivo. Essas técnicas em conjunto são denominadas de práticas conservacionistas, como exemplo, tem-se o reflorestamento de áreas mais suscetíveis a erosão; plantas de cobertura, visando à proteção do solo contra os efeitos da chuva; plantio em faixas, visando à interceptação das enxurradas, a contenção do solo e o aumento da infiltração; o plantio direto, que além de proteger o solo contra os efeitos da chuva, melhora sua estrutura física, a partir da incorporação da matéria orgânica; o melhoramento da qualidade dos solos (adubação e calagem); o terraceamento, que entre os seus vários objetivos visa à redução da velocidade da enxurrada e o aumento da infiltração (BERTONI e LOMBARDINI NETO, 2008).

O controle da erosão parte inicialmente pelo reconhecimento de que o mau uso influi sobre as propriedades e a natureza do solo, tornando-o mais susceptível aos processos erosivos, e que, tecnicamente a adoção de sistemas de manejo eficientes leva a menor degradação e a maior conservação dos solos. Lembrando que, estrategicamente, as práticas de conservação do solo devem ser aplicadas após o conhecimento integrado das potencialidades e limitações do ambiente, pensadas dentro da perspectiva da capacidade de uso das terras (MAFRA, 1999; SALOMÃO, 1999).

Na execução de estudos integrados do meio ambiente, os Sistemas de Informações Geográficas tem-se revelado bastante eficiente no entendimento das potencialidades e limitações do ambiente frente aos diversos usos do solo e da vulnerabilidade aos processos erosivos acelerados.

2.6 A importância dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na integração de dados ambientais.

Para melhor compreender a expressão Sistema de Informação Geográfica, cabe aqui destacar as idéias de Bonham-Carter (1994), que, de forma clara e objetiva, esclarece os significados das palavras da sigla GIS (*Geographic Information System*) ou SIG dentro do contexto do geoprocessamento. O autor coloca que a palavra “geográfica” implica que a localização dos fenômenos são conhecidos na superfície terrestre, ou pode ser calculada, sobre a perspectiva da rede de coordenadas geográficas, daí vem o termo georreferenciado; a palavra “informação” pressupõe que os dados estão organizados para produzir conhecimento útil, podendo ser através de mapas, gráficos, tabelas, dentre outros; já a palavra “sistema” significa, para o autor, que um SIG é composto de vários componentes inter-relacionados, em que cada componente exerce funções distintas no contexto total.

Bonham-Carter (op. cit.) afirma que um SIG consiste em um pacote de programas de computador com uma interface de usuário que dá acesso a funções específicas. Mas, segundo o mesmo autor, a sigla GIS tem que significar muito mais do que um tipo de programa de computador, deve expressar o caráter de ciência da gestão e análise da informação geográfica.

Nessa linha, Cowen (1990) coloca que um SIG deve ser definido como um sistema de apoio à decisão, envolvendo a integração de dados espacialmente referenciados e sempre num contexto de resolução de problemas. Os Sistemas de Informações Geográficas ultrapassam a mera confecção de mapas, estão centrados nas análises de dados espaciais, com o objetivo de produzir informação nova a partir de dados existentes. Outro ponto importante é a capacidade do SIG de analisar os fenômenos espaciais a partir de uma visão sistêmica, baseado sobretudo na integração, o que permite também uma análise da expansão, contração ou evolução de determinados acontecimentos ao longo da superfície da terra.

Entre as análises espaciais realizadas pelos SIG's estão as de cunho ambiental, calcadas principalmente na busca pela resolução e entendimento dos complexos problemas ambientais. Tais problemas, sejam eles de ordem urbana ou rural, natural ou social, exigem que sua investigação seja conduzida baseada na integração de inúmeros conhecimentos, de diversos setores, exigindo uma alta capacidade de processamento de dados. É importante reconhecer que análises conjuntas do ambiente físico natural e sócioeconômico são feitas, por exemplo, no âmbito da ciência geográfica, há algum tempo, mesmo antes do surgimento das avançadas técnicas computacionais, como por exemplo, a técnica de sobreposição de mapas, executada a partir de ferramentas da cartografia tradicional, a qual, apesar de promover resultados satisfatórios, tem sua capacidade, inegavelmente, limitada diante de muitos dados, além do expressivo tempo gasto para sua confecção.

Os SIG's, em comparação com técnicas tradicionais de integração de dados, apresentam grande capacidade e velocidade de processamento, e com sua aplicação, as informações armazenadas poderão ser atualizadas com maior rapidez e facilidade, apoiando tomada de decisões sobre os limites e potencialidades de uso dos recursos naturais. Os SIGs, como estrutura de processamento eletrônico, oferecem mecanismos para manipular simultaneamente vários dados, promovem ações que vão desde a captura, a consulta, a reclassificação e a visualização, até a combinação (integração através de diversos algoritmos) das variáveis para análise ambiental (RAFFO, 2009).

Nessa perspectiva, Xavier-da-Silva (2001) admite que os Sistemas Geográficos de Informação, como são chamados pelo autor, podem ser vistos como modelos digitais do “ambiente”, considerando os fatores físicos, bióticos e sócioeconômicos que configuram a realidade ambiental. Por consequência os SIG’s

permitem a avaliação de situações ambientais, com uma precisão adequada e com economia apreciável do esforço humano na coleta e reorganização dos dados. A possibilidade de contato entre a mente dos pesquisadores e os dados abundantes, junto com a capacidade do sistema para a reorganização dos dados de acordo com diferentes objetivos dos pesquisadores, constituem uma abertura real em direção às investigações ambientais sérias, desde que baseadas em documentação concreta e confiável (os dados armazenados), e em critérios eficientes e explícitos (a aplicação de algoritmos realmente adequados aos dados e aos objetivos visados) (XAVIER-DA-SILVA, 2001, p. 44).

A complexidade inerente aos sistemas ambientais, ditada pela convergência de espaços, de tempos e de elementos, favoreceu o uso das ferramentas de geoprocessamento. A enorme quantidade de dados a serem investigados, ao lado da necessária visão de conjunto exigida numa coerente análise ambiental, são compatíveis com a capacidade de análise e síntese oferecidas pelos SIG’s.

Em uma comparação entre a metodologia tradicional de investigação ambiental, e as novas possibilidades para investigação do meio ambiente, geradas a partir do desenvolvimento das técnicas computacionais, Xavier-da-Silva (2001) admite que para o caso das primeiras, a investigação se dá por Inspeção Pontual e Generalização (IPG), baseia-se na inspeção de locais identificados como representativos e distribuídos pela área espacial sob análise, sendo que, a partir da interpretação de dados feitos pelos pesquisadores ocorre uma extrapolação e generalização territorial das ocorrências ou fenômenos estudados, mapeamentos pedológicos, geológicos, entre outros, têm sido assim produzidos. A partir dos softwares de Geoprocessamento é possível produzir uma Varredura e Integração Locacional (VAIL), baseada na conjugação de numerosos dados de diferentes naturezas em um procedimento de integração locacional, além de oferecer uma varredura minuciosa da área geográfica a ser analisada, e contida na base de dados do SIG.

Durante a tarefa de análise espacial, enquanto “a IPG depende diretamente das capacidades de percepção espacial e extrapolação do pesquisador a VAIL depende fundamentalmente da existência de uma base geocodificada e do uso criterioso de algoritmos classificadores disponíveis” (XAVIER-DA-SILVA 2001, p. 59). O autor continua afirmado que

na IPG, o pesquisador, verificando ocorrências (no terreno ou em registros indiretos, como fotos, mapas ou em telas de monitores), pode cansar-se e deixar, eventualmente de inspecionar locais relevantes. Na VAIL, com o uso de recursos computacionais, essa possibilidade é inexistente. Apoiada na resolução (física e lógica, isto é, territorial e taxonômica) adotada na base de dados geocodificada, uma varredura completa da área geográfica pode ser executada. Lacunas na análise espacial desejada somente existirão em função da qualidade da base de dados e não como subproduto do procedimento adotado (XAVIER-DA-SILVA op. cit.).

Como visto, para o bom desempenho das análises ambientais integradas em um SIG, é fundamental que a base de dados esteja dentro de um coerente padrão científico, o que está de fato, associado à competência e seriedade da equipe de pesquisadores. Com um bom banco de dados, as operações de processamento de dados espaciais dos SIG's podem apresentar resultados excepcionalmente precisos, o que fará uma diferença considerável em ações a serem feitas posteriormente.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

3.1 Localização

A microbacia hidrográfica do Córrego do Coxo encontra-se localizada no Alto Curso do Itapicuru-Mirim, um dos mais importantes rios da Bacia do Itapicuru. A área localiza-se há aproximadamente 7 Km ao leste do centro da cidade de Jacobina, município localizado no Centro-Norte do Estado da Bahia. A pesquisa limita-se a uma área de 11,8 Km², com altitudes variando entre 1070 metros no extremo SW a 450 metros no extremo S, estando totalmente encaixada na “Serra de Jacobina”. Seus extremos Norte/Sul vão desde a cabeceira do Córrego do Coxo, ao nordeste da sede do município de Jacobina, até a confluência deste com o Rio Itapicuru-Mirim, às proximidades da BR-324. Têm-se, como limites Leste-Oeste, os divisores de águas da microbacia.

A FIG. 4 apresenta a microbacia no contexto da Serra de Jacobina (recorte da porção Sul da Serra) e sua localização dentro da área hidrográfica do Itapicuru, bacia totalmente encaixada no território baiano.

Informações ambientais sobre a Microbacia do Coxo são escassas, sempre dizem respeito a conjuntos espaciais maiores e em escalas menores, dificilmente compatíveis com os estudos em uma microbacia. Dados e informações de natureza física serão abordados, a seguir, no contexto da Serra de Jacobina e as informações de natureza humana foram geralmente adquiridas no contexto do município de Jacobina. Sabe-se que informações de escala regional guardam semelhanças e são muito importantes para a compreensão de acontecimentos em escala local.

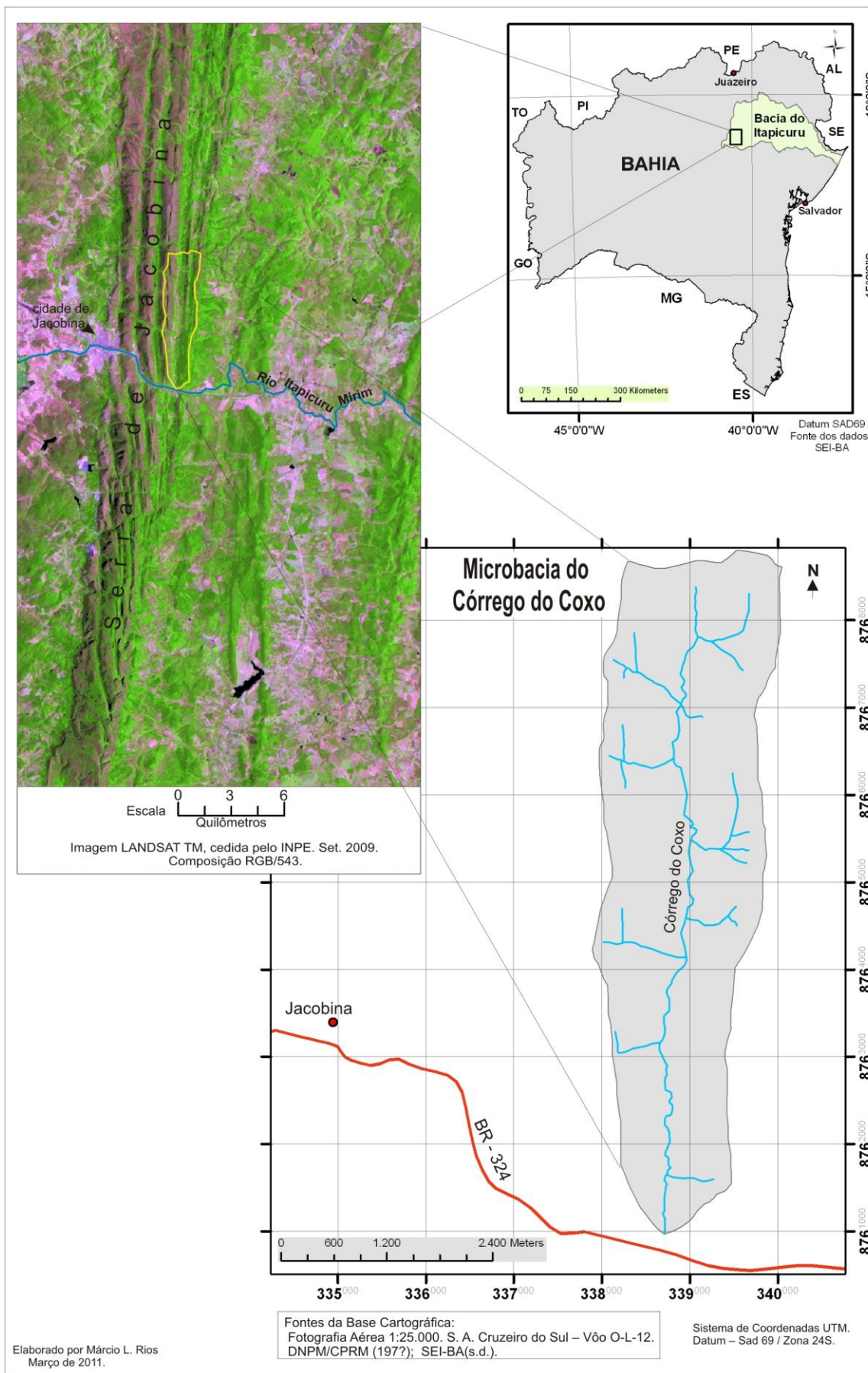


FIGURA 4 – Mapa de localização da Microbacia do Córrego do Coxo na Bahia

3.2 Geologia e Geomorfologia.

O recorte representado pela área hidrográfica do Córrego do Coxo reflete, em parte, as características do contexto maior representado pela Serra de Jacobina. A microbacia abarca pequenas porções das duas principais estratigrafias formadoras da serra, o Complexo Itapicuru e o Grupo Jacobina, além de rochas intrusivas básicas e ultramafitos (serpentinitos). Para compreensão de algumas características geológicas e geomorfológicas da microbacia em estudo foi fundamental a releitura do trabalho de Couto *et al.* (1978) no âmbito do “Projeto Serra de Jacobina”, trabalho este, que contribuiu enormemente para a evolução do conhecimento de toda a serra, abordando os aspectos estratigráficos, geomorfológicos, estruturais, geoquímicos e petrogenéticos.

A Serra de Jacobina constitui uma unidade geomorfológica isolada, limitada por falhas nos flancos leste e oeste, consiste num conjunto de cristas e vales norte-sul de aproximadamente 200 km de extensão, largura variando de 8 a 14 km, com picos atingindo altitudes da ordem de 1300 metros, com amplitude altimétrica entre os talwegues e os interflúvios chegando a atingir 800 metros (MISI e SILVA, 1998).

O Complexo Itapicuru (Pré-Cambriano Médio a Inferior) é representado na área pela Formação Cruz das Almas, que segundo Leo *et al.* (1964) trata-se de uma formação configurada por uma camada com pelo menos 2100 metros de xistos pelíticos, quartzitos micáceos e conglomerados secundários.

O Complexo Itapicuru distribui-se espacialmente por grande parte da Serra de Jacobina, de norte a sul, caracterizando sua porção oriental, segundo Couto *et al.* (1978), compreende filitos/filonitos (mais representativo no complexo e são rochas hospedeiras da maioria dos depósitos de manganês da área), xistos a sericita-muscovita, clorita e biotita, sillexitos, metabasitos, metaultrabasitos, itabiritos, metassiltitos e quartzitos, às vezes com lentes de metaconglomerados com afinidades geográficas e litoestruturais bastante intrincadas, metamorfisadas em baixo grau. Ainda de acordo com os autores citados, nessa unidade litoestratigráfica é marcante o controle exercido pelos falhamentos, principalmente os longitudinais, cujo papel desempenhado pela ação tectônica de compressão influenciou na configuração da atual morfologia, mas influenciou significativamente na transformação, por deformação, dos tipos litológicos e estruturais originais

O Grupo Jacobina (Pré-Cambriano Médio a Inferior) estratigraficamente superior ao Complexo Itapicuru, é representado, na microbacia em estudo, pela Formação Rio do Ouro que domina toda a porção oeste da área. Segundo Leo *et al.* (1964), esta Formação

corresponde a aproximadamente 2000 a 2300 metros de quartzito quase puro com granulação fina a média. Para Couto *et al.* (1978) são ortoquartzitos puros.

Misi e Silva (1998) apresentam uma síntese dos estudos de Melo e Molinari desenvolvidos em 1989 acerca da gênese da Formação Rio do Ouro, afirmando que o ambiente deposicional dos materiais que viriam a formar os quartzitos seria de transição entre o fluvial e o marinho, sendo que as marcas de ondas assimétricas revelam um ambiente marinho raso. Segundo Couto *et al.* (1978), as rochas da Formação Rio do Ouro, apresentam orientações estruturais norte-sul, com foliações ou estratificações mergulhando para leste.

Entre a Formação Rio do Ouro e o Complexo Itapicuru, ocupando exclusivamente os vales entalhados longitudinalmente, ocorrem rochas ultramáficas, notadamente intrusões ao longo de falhamentos regionais com posicionamento ligeiramente discordante da foliação das encaixantes. São basicamente serpentina-talco-cloritito, clorita talcito, antigorita-clorita-tremolita-serpentinó, talco-clorita-xisto e enstatita-piroxenito e também estão andaluzita e cianita-xistos (Pré-Cambriano Médio a Inferior). Devido ao intemperismo diferencial é notável sobre a serra, o contato entre os quartzitos/ortoquartzitos do Grupo Jacobina e as faixas de andaluzita e/ou cianita-xistos, com linearidade paralela às foliações regionais e constantes por longas distâncias, desenvolvendo assim pequenos e estreitos vales suspensos (Couto *et al.*, 1978).

Também ocorrem na Serra de Jacobina, vales transversais, que foram desenvolvidos sobre rochas intrusivas básicas intermediárias (Pré-Cambriano Médio), que ocuparam espaços abertos por falhamentos. Para os autores citados o

“evento distensional atuante, na fase tectônica tardia, provavelmente pós-transamazônico, produziu sistemas de fraturas, preferencialmente ortogonais e diagonais aos lineamentos estruturais norte-sul da Serra de Jacobina e setores adjacentes. As séries de falhamentos E-W, NE-SW, NW-SE, mostram rejeitos direcionais-inclinados, com pequena movimentação lateral-direita. Ocupando frequentemente os espaços abertos pelos referidos falhamentos ocorrem rochas intrusivas básicas a intermediárias na forma de enxame de diques, cujo posicionamento é posterior à fase dinâmica que afetou regionalmente as rochas metassedimentares do Grupo Jacobina” (COUTO *et al.*, 1978, p 71).

A FIG. 5 apresenta uma fotografia aérea de um trecho da Serra de Jacobina, exibindo ao norte, um dos vários diques transversais de rochas básicas a intermediárias e os respectivos vales formados. A fotografia destaca especialmente a presença dos quartzitos e ortoquartzitos do Grupo Jacobina (Formação Rio do Ouro).

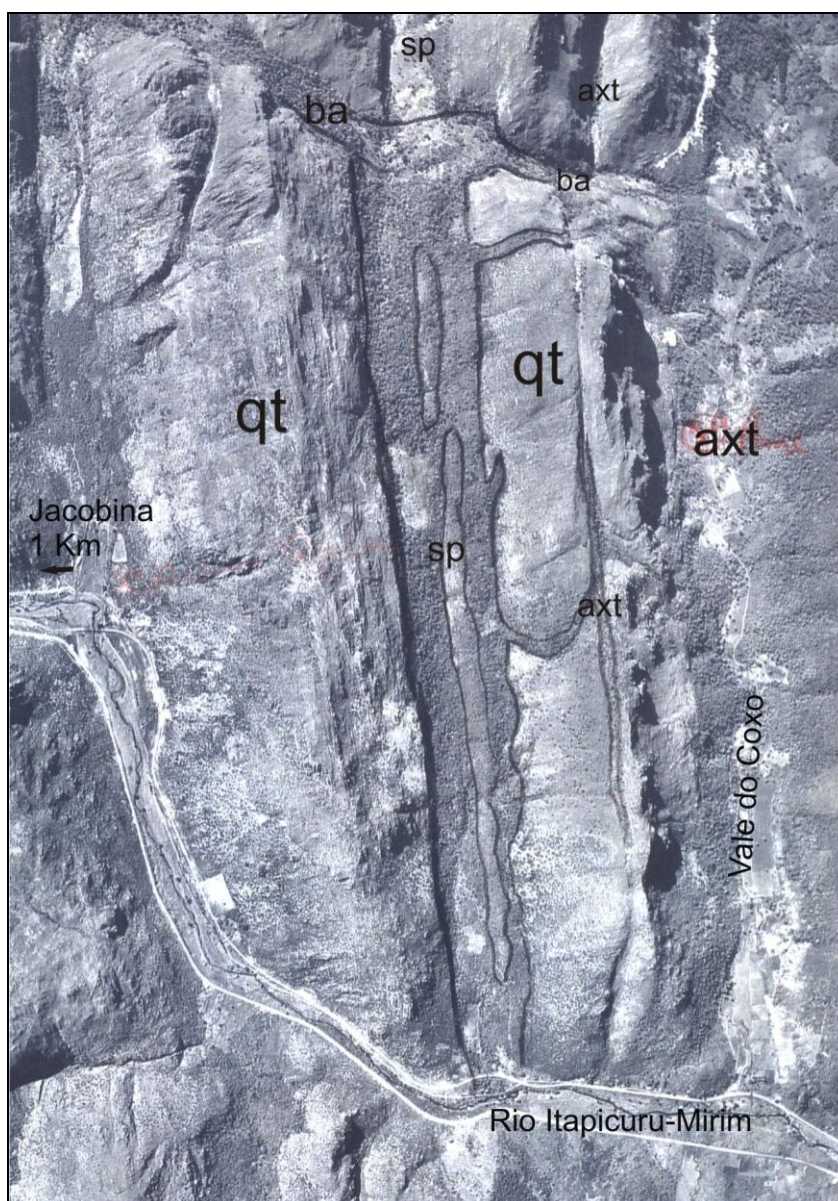


FIGURA 5 - Aerofoto em escala 1:25.000, trecho próximo à cidade de Jacobina. Litologias representativas da Serra de Jacobina: axt-andaluzita-xisto; sp-serpentinitos; qt-quartzitos e ortoquartzitos; ba – rochas intrusivas básicas a intermediárias.

Fonte: DNPM/CPRM. Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul – Vôo O-L-12, 197?.

O Vale do Coxo situa-se exatamente entre os interflúvios representados pelo Grupo Jacobina, mais especificamente a Formação Rio do Ouro e o Complexo Itapicuru ou, mais especificamente, pela Formação Cruz das Almas, a oeste e leste respectivamente. Entre as duas unidades estratigráficas, encontra-se a chamada Falha da Maravilha, que “marca o limite leste da unidade (Grupo Jacobina) onde a Formação Rio do Ouro entra em contato com a sequência vulcanossedimentar do Complexo Itapicuru” (Couto *et al.*, 1978 p. 85). De direção N-S, esta falha atravessa todo o vale, coincidindo por longos trechos com o

canal principal da microbacia. Souza (1942) já confirmava que o Vale do Coxo era representado por uma falha de eixo 16° N-E, paralelo ao eixo da Serra de Jacobina.

Couto *et al.* (1978) observaram a existência de intensa catáclase e milonitização dos quartzitos Rio do Ouro além de rochas básicas e metaultrabásicas entre a formação Rio do Ouro e o Complexo Itapicuru, e também o caráter linear do contato, verificando importantes evidências que confirmam a Falha da Maravilha.

Isso quer dizer que o fundo do Vale do Coxo (N-S) mostra significativa influência do controle estrutural, representado pela existência da Falha da Maravilha, e pela alteração geoquímica dada pelos serpentinitos, xistos e filitos, que de fato confirmam a maior alteração intempérica e desnudação diferencial em relação aos quartzitos.

Leo *et al.* (1964), ao comentar sobre o Vale do Coxo, referindo-se como o contato stratigráfico superior da Formação Rio do Ouro com a Formação Cruz das Almas, confirmam a ação tectônica seguida de erosão diferencial, colocando que o quartzito (Rio do Ouro) passa abruptamente para xistos pelíticos (Formação Cruz das Almas), afirmando que as camadas próximas deste contato estão quase verticais, e, devido à profunda erosão do xisto, o contato forma uma escarpa quartzítica proeminente na paisagem.

3.3 Clima, Cobertura Vegetal e Solos.

Do ponto de vista climático, a Serra de Jacobina representa uma ilha de umidade em meio ao vasto semiárido predominante no centro e norte do Estado da Bahia. Gonçalves (1976, *apud* COUTO *et al.*, 1978) comenta que variações climáticas ríspidas são verificadas, em consequência dos contrastes bruscos entre a topografia montanhosa da Serra de Jacobina e o relevo aplainado das regiões adjacentes. Segundo o mesmo autor, a área da serra encontra-se quase que inteiramente nos domínios de clima tropical semi-úmido, correspondentes a totais pluviométricos anuais entre 750 e 1.000 mm, e com temperaturas médias de menos de 20°C até mais de 26°C.

Segundo BAHIA (1995), o trimestre mais chuvoso se verifica no verão e início do outono, nos meses de janeiro, fevereiro e março, sendo março o de maior precipitação. Já o trimestre mais seco, compreendendo os meses de agosto, setembro e outubro, sendo setembro o mês mais seco, mesmo assim, excedendo 30mm de chuva. Em estudo sobre o regime fluviométrico do sistema hidrográfico do Alto Itapicuru (correspondente em grande parte a área da Serra de Jacobina), BAHIA (*op. cit.*) verificou que as maiores contribuições para o volume de água está ao longo da serra, isso devido aos maiores índices

pluviométricos associados às características dos solos e vegetação (que ajudam na retenção de água), resultando em vazões específicas maiores, e na manutenção de um maior fluxo de água na rede de drenagem durante um maior período de tempo, ocorrendo eventualmente intermitências no escoamento em intervalos de tempos mais curtos do que verificados em outras porções da bacia. Para os postos fluviométricos compreendidos na região do Alto Itapicuru, considerou-se como período de seca, para o cálculo das vazões de estiagem, o intervalo de julho a setembro. É importante lembrar que o regime fluviométrico reflete a pluviosidade da região.

Em relação à ‘ilha de umidade’ representada pela serra na paisagem regional, Tricart *et al.* (1958) apontam a área como uma espécie de “oásis” climático (pluviometria acrescida pela orografia) e afirmam que a altitude e o relevo íngreme influem decisivamente no regime de chuvas da região, pois as massas de ar vindas do leste ascendem nas escarpas formando as chamadas chuvas orográficas. Os autores também chamam atenção para a vegetação mais densa da área serrana, o que denuncia uma zona mais úmida no meio da caatinga.

De acordo com a classificação climática de Köppen, a área da serra enquadra-se na categoria/grupo A: tropical quente e chuvoso em que a temperatura de todos os meses é superior a 18°C e a precipitação anual excede a 750 mm (clima megatérmico). Mais especificamente no tipo Aw’: o mês mais seco tem precipitação inferior a 60mm, tem inverno seco, e o período chuvoso geralmente se atrasa para o outono (verão-outono).

A Serra de Jacobina está situada numa região de ecótono, que constitui uma área onde coexistem características fitofisionômicas e florísticas de mais de uma formação vegetal, ou seja, uma zona de transição, onde as condições naturais de solo, clima e relevo favorecem o seu aparecimento. O ecótono é chamado de floresta estacional/caatinga arbórea/refúgio ecológico montano (BAHIA, 1995).

De forma mais específica e localizada, as áreas de vegetação mais densa são representadas pela floresta estacional semidecidual. Segundo IBGE (1992), o conceito ecológico desse tipo de vegetação está condicionado pela dupla estacionalidade climática, uma tropical com época de intensas chuvas e outra de estiagem. A floresta estacional semidecidual ocorre nas baixas vertentes e nos vales longitudinais e transversais da serra, onde os solos se mostram mais desenvolvidos, associados a litologias de xistos e rochas básicas. De acordo com BAHIA (1995), caracteriza-se por vegetação arbórea densa com árvores perenifoliadas e caducifólias de grande porte, com até 20 metros de altura.

As áreas de vegetação mais esparsa são representadas pelos refúgios ecológicos montanos, conhecidos também como áreas de "campo rupestre" e "vegetação relíquia", o refúgio é caracterizado como uma vegetação floristicamente diferente, apresentando uma fitofisionomia contrastante com a flora dominante da região ecológica, ou mesmo do tipo de vegetação. Ocorrem em áreas das altas encostas e topos da Serra de Jacobina, onde normalmente a altitude é superior a 800 metros, em neossolos litólicos distróficos sobre rochas quartzíticas. A vegetação é formada por plantas saxícolas instaladas junto com pequenos arbustos e árvores nas fendas das rochas que afloram nas serras. Sua florística singular permite a formação de verdadeiros jardins de altitudes. As plantas apresentam-se, em geral, com formas raquíticas e tortuosas. As gramíneas ocorrem em touceiras. No estrato arbóreo não foi observada a formação de matas, sendo que as árvores ocorrem de forma esparsa (BAHIA, op. cit.).

De acordo com o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Itapicuru (BAHIA, op. cit.) existem ao longo da serra e proximidades, quatro tipos de solos que foram mapeados em escala de 1:250.000 (é usada a antiga classificação de solos – anterior a 1999), são: Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos; Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos; Podzólicos Vermelho-Amarelos Eutróficos; e Solos Litólicos Distróficos.

Os Latossolos do tipo Vermelho-Amarelo Distrófico em sua grande maioria estão localizados em relevo plano, em áreas circunvizinhas à Serra de Jacobina. Os Podzólicos do tipo Vermelho-Amarelo Eutrófico, geralmente, são de fertilidade natural média a alta, possuem grande potencial agrícola quando devidamente utilizados, sendo necessária aplicação de práticas de conservação de solos em áreas onde o relevo é mais acidentado, como nos arredores da serra. Os Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos e Vermelho-Amarelos Álicos apresentam perfis bem diferenciados, são geralmente profundos a muito profundos, raramente ocorrem solos rasos, sendo que, para o aproveitamento racional, esses solos necessitam de práticas de conservação de solos. Os Solos Litólicos Distróficos integram classes de solos pouco desenvolvidos, rasos e geralmente são de textura arenosa ou média, pedregosos e/ou rochosos, muito suscetíveis à erosão, e ocorrem principalmente nas encostas íngremes e nos topos da serra, associados aos quartzitos. A pouca utilização agrícola destes solos decorre de vários fatores restritivos, como a alta pedregosidade e rochosidade, pequena profundidade, alta suscetibilidade à erosão e relevo frequentemente bem movimentado (BAHIA, op. cit.).

3.4 Principais Atividades (Uso da Terra)

É importante considerar que o povoamento do município de Jacobina esteve associado ao ciclo da mineração dos séculos XVII e XVIII (AZEVEDO, 1993), e que em todos os momentos de sua história a atividade extrativa mineral exerceu grande importância na economia e na ocupação dos espaços do município. Fonseca e Silva (1993) comentam que o crescimento de Jacobina foi condicionado pela exploração das minas de ouro do século XVIII, firmando-se como centro minerador, entroncamento e local de descanso das boiadas oriundas do Vale do São Francisco para o Recôncavo Baiano.

Apesar de outras ocorrências minerais, como o manganês, o quartzo, a ametista, o cromo, e de rochas economicamente importantes como mármore, calcário e arenito, nenhuma dessas, causou mais impacto no município do que a exploração do ouro. Desde os tempos dos garimpos rudimentares, passando pelo período de atuação da Mineração Morro Velho nas décadas de 1980 e 1990, até a atual exploração pela Empresa Yamana Gold, o município de Jacobina esteve sempre entre os maiores produtores de ouro da Bahia.

Jacobina tem hoje, na base da sua economia, a agropecuária, com a criação de gado de corte e leiteiro, além da lavoura, onde se cultiva sisal, feijão, milho, mandioca, mamona e banana, em 98% da área plantada, segundo dados da pesquisa agrícola municipal do IBGE em 2008. Uma das principais fontes de renda do município é o comércio da cidade de Jacobina, impulsionado por uma população no município de mais de 79.000 habitantes segundo estimativa do IBGE para 2009 (sendo 68% urbana) e por diversos municípios circunvizinhos que se articulam com a cidade em busca de mercadorias e serviços mais complexos e diversificados. Tal condição coloca a cidade de Jacobina como um centro regional articulador de 16 municípios - microrregião de Jacobina, segundo a divisão do Estado da Bahia em Microrregiões Homogêneas realizada pelo IBGE.

Assim como o município de Jacobina, a ocupação da área hidrográfica do Córrego do Coxo originou-se da atividade extrativa mineral, que embora atualmente desativada, marcou significativamente a paisagem da microbacia. A exploração de ametista (Mina de Ametista do Coxo) e o garimpo de ouro (Garimpo Coxo de Dentro) durante muitos anos representaram as principais atividades econômicas e os mecanismos impulsionadores da ocupação do Coxo. A microbacia é uma área inteiramente rural, com baixa ocupação humana (população em 2009 de aproximadamente 104 habitantes, segundo dados da Diretoria Regional de Saúde de Jacobina), distribuída por unidades residenciais esparsas.

Atualmente a principal atividade econômica é a agropecuária, organizada em pequenas propriedades. Uma estrada vicinal que atravessa toda área no sentido norte/sul (extensão com pouco mais de 8 Km), representa o único acesso ao interior da microbacia e o único caminho para o escoamento da pequena produção existente.

A beleza cênica da microbacia, a disponibilidade de água de boa qualidade nos córregos e a proximidade da cidade de Jacobina, favorecem a implantação da atividade turística. Esta vem sendo paulatinamente implantada por cidadãos urbanos, que adquiriram lotes e implementaram áreas de repouso e lazer. Visualiza-se uma ocupação irregular das margens e a construção indevida de pequenas barragens que modificam a dinâmica fluvial do córrego. Nesse aspecto, é importante destacar a reduzida estrutura das instalações, construídas sem nenhum tipo de planejamento e fiscalização por parte do poder público.

4. METODOLOGIA

Busca-se neste trabalho o levantamento de informações detalhadas sobre o ponto de vista espacial, adotando a escala 1:25.000 como básica para a exibição final. Para tanto a disponibilidade de informações para a microbacia em estudo nesse tipo de escala é extremamente escasso, o que tornou necessário intenso trabalho de campo e análise/criação, correlação/interpretação, ampliação/ajuste de diversos dados e informações para viabilizar o tipo de estudo integrado e detalhado que este trabalho propõe.

Sendo assim, algumas metodologias específicas foram usadas para a confecção de Modelo Digital de Elevação, digitalização de mapa geológico, confecção de mapa de unidades de relevo, classificação e mapeamento dos solos, confecção de mapa de cobertura vegetal e atual uso do solo, e por fim, a integração dos dados com uso de técnicas de geoprocessamento.

4.1 Confecção de modelo digital de elevação (MDE) e digitação do mapa litológico.

Os trabalhos foram iniciados a partir da observação, no software Arcgis 9.2 das curvas de nível (equidistância de 10 metros) de toda a Serra de Jacobina, e após a identificação da área da microbacia do Córrego do Coxo foi feito um recorte representativo para individualização dessa área. Em seguida foi confeccionado um *Modelo Digital de Elevação* – MDE com interpolador TIN (Triangulated Irregular Network) capaz de representar satisfatoriamente em 3D as variações do relevo. Essa tarefa foi essencial para interpretação da Hipsometria, delimitação da microbacia e o reconhecimento dos principais sistemas de drenagens e interflúvios (foi realizada através do MDE tipo *Face Elevation*). Nesse ponto, Mendonça (1999) afirma que a variação altimétrica do relevo da área é importante para análise de processos relativos à dinâmica de uso e ocupação do solo e da formação de microambientes, permitindo uma melhor identificação e interpretação da configuração geomorfológica. Ao mesmo tempo foi produzido um MDE tipo *Face Slope* para interpretação dos conjuntos de declividades das vertentes. Foram adotadas as classes de declividade proposta pela Embrapa (1979), 0 – 3 %; 3 – 8 %; 8 – 20 %; 20 – 45 %; 45 – 75 %; > 75 %.

O segundo passo foi a captura dos dados de litologia, realizada a partir do scaneamento, georreferenciamento e digitalização de parte (correspondente à área da microbacia) do mapa geológico do “Projeto Serra de Jacobina”, sendo assegurada a mesma legenda do mapa original.

A sobreposição entre o MDE e o mapa geológico revelou informações importantes sobre a evolução e configuração das formas de relevo da área.

4.2 Confeccção de mapa de unidades de relevo e da rede de drenagem.

Na sequência foi realizada a interpretação com estereoscópio de espelho e lentes de aumento das fotografias aéreas pancromáticas de escala 1:25 000 do Vôo O-L-12/ Cruzeiro do Sul, realizado na década de 1970 e utilizado pelo Projeto Serra da Jacobina (COUTO *et al.*, 1978). Este trabalho de fotointerpretação seguiu metodologia proposta por Anderson (1982 *apud* LOCH, 2001), que organiza uma sequência com os seguintes estágios: detecção, que é a visibilidade direta e geral da foto, dos elementos maiores e mais fáceis de identificação; reconhecimento e identificação, fazendo uso de lupa e estereoscópio, onde se levou em consideração a forma, sombra, tamanho, tonalidade, declividade e posição dos objetos visualizados. Essa etapa foi importante para se perceber a íntima relação entre as formas do relevo e a estrutura litológica, para perceber o controle estrutural exercido sobre a rede de drenagem, a relação entre relevo, geologia e cobertura vegetal, o que de fato, permitiu uma análise da compartimentação geomorfológica geral da bacia, dentre outros aspectos percebidos.

Seguindo o processo de fotointerpretação, foi feito o delineamento, a dedução e a classificação. Isso foi realizado a partir da sobreposição com papel vegetal ao par estereoscópio de fotografias, sendo confeccionado um croqui (esboço de mapa de feições do relevo) com tipologias representando a rede de drenagem e as diversas feições do relevo (topos, vertentes e fundos de vale) encontradas e transferidas para o papel vegetal. Nessa etapa foi realizada a interpretação e confeccção de um mapa em apenas um pequeno trecho da área (área teste), a qual serviu de base para a primeira visita ao campo (fazendo uso de estereoscópio de bolso e GPS de navegação), com intuito de confirmar *in loco* as tipologias reconhecidas e classificadas na fotografia. A partir desse momento a fotointerpretação e a produção do mapa de unidades do relevo, no gabinete, foram feitas considerando toda a bacia, seguindo a mesma lógica executada na confeccção da área teste (primeiro esboço), diferindo que, neste segundo momento, as deduções dos objetos eram mais confiáveis. Por

fim a realização de mais um trabalho de campo foi fundamental para a conclusão dessa etapa.

Esses procedimentos foram finalizados com o que Anderson (1982 *apud* LOCH, 2001) chamou de idealização, ou seja, a maneira ideal de representar no mapa as feições interpretadas, de indiscutível importância para a legibilidade do trabalho, consistindo na confecção de legendas e informações sobre as feições geomorfológicas extraídas da fotografia aérea.

O mapa (esboço) feito no papel vegetal, foi scaneado e georreferenciado, em seguida foi feita a digitalização dos polígonos representando as distintas unidades do relevo, e também a digitalização da rede de drenagem. Este mapa digital foi associado com as já existentes curvas de nível e com o mapa de declividades das vertentes (dados morfométricos), gerando importantes informações sobre a dinâmica da microbacia.

4.3 Confecção de mapa da cobertura vegetal e uso do solo.

Esta atividade foi realizada a partir da interpretação visual da Imagem do Satélite ALOS - Sensor Prism, banda pancromática com resolução espacial de 2,5 m (aquisição via Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), capturada no dia 30 de maio de 2010. Em seguida, foi feita a digitalização de polígonos representativos dos tipos de cobertura vegetal identificados na imagem e comparados com a legenda do mapa de cobertura vegetal da Bahia (SFC – Superintendência de Políticas Florestais, Conservação e Biodiversidade / SEMARH – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - escala 1:100.000 e com informações do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Itapicuru (BAHIA, 1995). Nessa tarefa foi importante o auxílio de fotografias aéreas de escala 1:25.000 do Vôo O-L-12/ Cruzeiro do Sul realizado na década de 1970, cuja interpretação, baseada na textura, tonalidade e densidade da cobertura vegetal foi comparada com a imagem de satélite atualizada. Os polígonos representativos sobre o uso do solo foram elaborados a partir da digitalização sobre a imagem ALOS, auxiliada com informações adquiridas no campo com GPS de navegação para confirmação e validação das tipologias classificadas na interpretação.

4.4 Caracterização, classificação e mapeamento dos solos.

O próximo passo foi o levantamento pedológico semidetalhado⁶ da microbacia. Segundo Flores *et al.* (2007), os levantamentos de solos objetivam a identificação, a caracterização e o enquadramento das unidades de mapeamento em um sistema de classificação e também sua delimitação para obtenção de mapas. Utilizando-se de metodologia para levantamento pedológico semidetalhado da Embrapa (1995), foi estabelecido que, para esse tipo de levantamento, as informações básicas estivessem em escalas variando de 1:50.000 a 1:10.000 e com curvas de nível a intervalos entre 10 e 20 metros, e fotografias aéreas em escalas mais detalhadas que 1:50.000.

Segundo Embrapa (1995), a frequência de amostragem de solo para mapeamento é função direta da heterogeneidade da área e da facilidade de correlação entre tipos de solos e superfícies geomórficas. Com o intuito de definir os melhores locais para a abertura de trincheiras para o levantamento pedológico da microbacia, foi realizado, no ambiente SIG, o cruzamento do mapa de classes de declividades das vertentes e do mapa litológico⁷, tendo como resultado um mapa-síntese, exibindo manchas distintas, associando diferentes litologias em situações de baixa, média e alta declividade (Mapa base para as Unidades de Mapeamento dos Solos da Microbacia do Córrego do Coxo).

Esses dados somados com as informações do mapa de unidades de relevo, de classes altimétricas e a observação das fotografias aéreas serviram de base para a compreensão da heterogeneidade da área e auxiliaram na determinação dos pontos onde foram retiradas amostras de solos. Essa escolha levou em consideração o relevo e o material de origem, dois importantes fatores de formação dos solos, e considerou também a existência de paisagens vegetais distintas (possivelmente em diferentes tipos de solos) na fotografia aérea, lembrando que os solos influenciam significativamente na vegetação.

⁶ Cada tipo de levantamento pedológico corresponde a um tipo de mapa pedológico. Os levantamentos diferenciam-se, principalmente, quanto aos objetivos a que se destinam e quanto à extensão das áreas abrangidas por eles, variando com isso, quanto à escala cartográfica. São reconhecidos os tipos: Exploratório – apropriado para estudos que necessitam de informações generalizadas do solo, normalmente sobre áreas de grandes extensões territoriais, são aceitáveis em escalas de publicação menores que 1:750.000; Reconhecimento – são executados para fins de avaliação qualitativa e semiquantitativa do solo, visando à estimativa de potencial de uso agrícola e não-agrícola, são confeccionados em escalas variando de 1:50.000 a 1:750.000; Semidetalhado – são apropriados para projetos de colonização, loteamentos rurais, estudos prévios para construção civil, estudos integrados de microbacias e outros, sendo apresentados em escalas preferencialmente menores que 1:50.000; Detalhado – apresentados em escalas igual ou menores que 1:20.000; Ultradetalhado indicado para estudos específicos e localizados – confeccionado em escalas igual ou menores que 1:5.000 (EMBRAPA, 1995).

⁷ Por ser considerada uma microbacia com apenas uma tipologia climática - Aw' na classificação de Koppen ou clima tropical semi-úmido BAHIA (1995) e Gonçalves (1976, *apud* COUTO *et al.* 1978) - foi destacado o fator geológico e o fator topográfico como responsáveis pela variação nos tipos de solos.

Após a definição de áreas homogêneas e da escolha de pontos representativos dos tipos de solos da microbacia, foram iniciadas atividades de campo visando a abertura de trincheiras para a caracterização morfológica de perfis, segundo SANTOS *et al.* (2005).

A caracterização morfológica seguiu o preenchimento de uma “Ficha de Descrição de Solos” para o registro de informações gerais da área na qual foi aberta a trincheira (geologia encontrada na base do perfil, declividade, uso do solo, vegetação, relevo...) e anotações quanto às características visualizadas nos horizontes (cor, textura, estrutura, dimensões dos horizontes, consistência, cerosidade, raízes...) e interpretadas no local. Na descrição geral, foi incluída a localização e altitude extraída com uso de GPS de navegação e para declividade da encosta foram utilizadas mangueira com água, duas estacas e fita métrica (cálculo da inclinação).

Em seguida foram coletadas amostras (2 Kg.) para cada um dos horizontes descritos (A e B e eventualmente C) que foram encaminhadas para análise de laboratório. As análises de granulometria (areia grossa, média e fina, silte, argila, e argila dispersa em água) foram realizadas seguindo o “Manual de Métodos de Análise de Solo” (EMBRAPA, 1997), no Laboratório de Geomorfologia do Instituto de Geociências da UFMG. A análise química (K, Ca, Mg, Na, Al e H) para cálculo do ‘valor S’, ‘V%’ e ‘CTC’, teor de matéria orgânica e pH, foi realizada pelo Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas - Embrapa Mandioca e Fruticultura da cidade de Cruz das Almas–BA.

Com os dados morfológicos, físicos e químicos de cada perfil, foi feita minuciosa interpretação, e utilizando-se do novo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos – SiBCS, foi realizada a identificação dos tipos de horizontes A e tipos de B, com posterior classificação de acordo com a “Chave para a Identificação das Classes de Solos” (Embrapa, 2006). As unidades taxonômicas que foram estabelecidas neste trabalho, seguiram conceitos e definições até o 4º nível categórico⁸, chamados de “subgrupos”.

Ranzani (1969) afirma que uma unidade de solo se apresenta disposta segundo a possibilidade de repetição das condições que lhes são próprias. Dessa forma, após determinar o tipo de solo de um perfil (por exemplo, NEOSSOLO LITÓLICO Distroúmbrico fragmentário), pôde-se generalizar (generalização cartográfica) de acordo com a mesma classe de declividade e mesma litologia encontradas neste perfil.

⁸ Os níveis categóricos aplicados para o SiBCS são seis: 1º nível – Ordens; 2º nível – Subordens; 3º nível – Grandes grupos; 4º nível – Subgrupos; 5º nível – Famílias; 6º nível – Séries (Embrapa, 2006).

Para validação das distintas manchas de solos mapeadas, foi realizada observação/comparação entre o mapa de solo recém confeccionado e o mapa de cobertura vegetal, a imagem de satélite Alos e as fotografias aéreas da microbacia.

4.5 A integração dos dados em SIG – Análise de Multicritérios.

Nesse momento do trabalho foi possível a reunião de todos os dados coletados e tratados metodologicamente em etapas anteriores. As informações sobre o relevo (declividade), solos, litologia, cobertura vegetal e uso do solo foram conjugadas a partir do uso de técnicas de geoprocessamento, que permitiu uma análise espacial integrada da Microbacia do Córrego do Coxo.

É importante destacar que nos modelos de análise espacial em Sistemas de Informação Geografia, os dados cartográficos são armazenados na forma de planos de informação georreferenciados. Os planos de informação podem ser conjugados e/ou integrados em formato vetorial ou matricial, mas, segundo Moura (2007), há fortes tendências para o predomínio das operações em modelos no formato matricial (raster).

A vantagem de adoção do sistema matricial está na necessidade de modelar o dado desde a sua representação inicial, até o seu cruzamento com outros dados. A aplicação de processos de consultas, cruzamentos e ponderações de variáveis requerem o conhecimento das características específicas do dado, o seu modo de coleta, assim como a adoção de modelos de análise. Assim, a proposta é a de representação de variáveis em planos de informação armazenados na forma de matrizes (MOURA, 2007, p. 2900).

As operações de integração por planos de informação no sistema matricial são ilustradas por Xavier-da-Silva (2001) na FIG. 6, correspondente ao que o autor chama de matriz tridimensional $A_{i,j,k}$, na qual existe um primeiro plano ou referencial geográfico, onde a latitude (i) e a longitude (j) definem a localização de qualquer ponto associado à base de dados, e uma terceira coordenada (fileiras -k-) que é definidora da posição dos atributos dos planos de informação envolvidos na análise, por exemplo, cambissolos, pastagens e declividade de 3 a 8%, relacionados respectivamente aos planos de informação de solos, uso da terra e declividade, os quais estão localizados na mesma coordenada geográfica, portanto passíveis de integração.

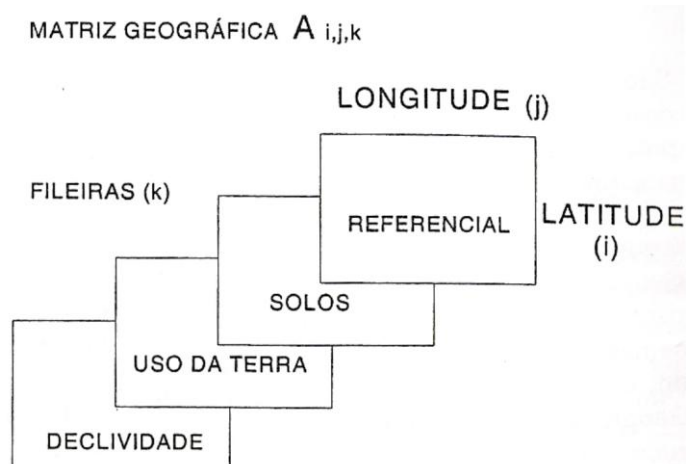


FIGURA 6 – Estrutura de dados por planos de informação em uma matriz tridimensional $A_{i,j,k}$.
Fonte: XAVIER-DA-SILVA, 2001, p. 67.

De acordo com Moura (2007), uma operação importante no trabalho de integração dos dados é a escolha da resolução dos planos de informação e, conseqüentemente, a resolução espacial das análises geradas.

Para ser possível o cruzamento de dados os planos de informação deverão todos apresentar a mesma resolução de armazenamento, ainda que suas elaborações tenham sido realizadas em outras resoluções. A definição da resolução é a escolha do tamanho do pixel na composição dos mapas em formato matricial e do número de linhas e colunas na matriz de representação (Moura, 2007 p. 2901).

Nos casos em que os planos de informação apresentem fontes de dados diferentes e escalas diferentes, a referida autora comenta que o procedimento indicado é a adoção da pior resolução entre as praticadas, o que significa a maior dimensão de pixel, pois não é recomendado reduzir a resolução e melhorar a representação de um dado cuja fonte era de pior qualidade. Se, por exemplo, na sobreposição de três planos de informação distintos, com escalas diferentes, 1:50.000 (pixel de 10 metros⁹), 1:25.000 (pixel de 5 metros) e 1:10.000 (pixel de 2 metros), sendo nesse caso o resultado final da análise válido para pixel de 10 metros ou escala 1:50.000. Neste trabalho foi usada a escala 1:25.000 como base para integração dos dados e para representação final dos mapas.

Uma representação matricial em linhas e colunas, com a dimensão do pixel definindo a resolução é apresentada de forma ilustrativa na FIG. 7.

⁹ Este valor é baseado na acerácea visual, isto é, o menor elemento que se consegue representar, sendo estabelecido 0,2mm da escala mapa (MOURA, 2009).

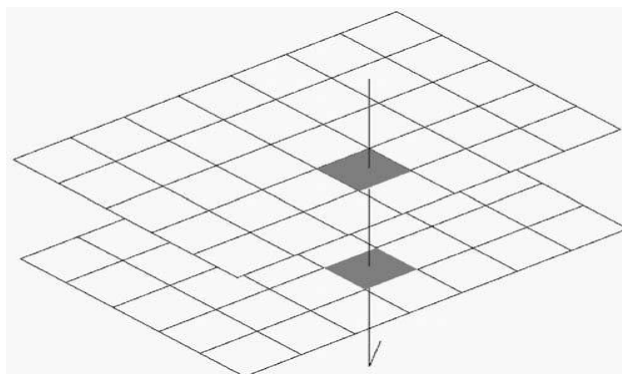


FIGURA 7 - Coincidência espacial - sobreposição de planos de informação de mesma resolução.
Fonte: MOURA, 2003, p. 70.

Existem diversas estruturas lógicas de análise e integração de dados ambientais em SIG, neste trabalho foi feito uso da Análise de Multicritérios. Esse procedimento é aplicado quando mapas são analisados em conjunto, através de uma combinação de “*pesos*” aos temas ou planos de informação (litologia, solos, declividade, cobertura vegetal e uso do solo), e “*notas*” as classes ou componentes de legenda de cada plano de informação (Para litologia, por exemplo, atribuíram-se notas aos ortoquartzitos, quartzitos a conglomeráticos, serpentinitos, xistos, dioritos/gabros/diabásios, filitos e aluviões), segundo o julgamento de sua influência na vulnerabilidade à erosão no interior de uma microbacia. O resultado forneceu qualificações diferenciadas (distintos graus de vulnerabilidade) aos recortes espaciais (compartimentos morfopedológicos).

A álgebra de mapas¹⁰ usada na análise de multicritério é a média ponderada, que segundo Xavier-da-Silva (2001) é usada para obtenção de estimativas de possibilidades de ocorrências de entidades e eventos ambientais, determinados pela atuação convergente de parâmetros e características ambientais consideradas na análise, e ancoradas em critérios julgados e definidos inicialmente.

Meirelles, Moreira e Camara (2007) apresentam a fórmula da qual a média ponderada é obtida:

$$S = \sum N_{ij} P_i / \sum P_i$$

¹⁰ Indica o conjunto de procedimentos de análise espacial em Geoprocessamento que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas. Esta visão concebe a análise espacial como um conjunto de operações matemáticas sobre mapas, em analogia aos ambientes de álgebra e estatística tradicional. A Álgebra de Mapas compõe uma linguagem especializada para realizar operações que têm tanto um sentido matemático quanto cartográfico e espacial (BARBOSA *et al.* 1998, p. 2).

Onde S é o valor obtido para um objeto espacial, que pode ser um polígono, P_i é o peso fornecido ao i -ésimo mapa de entrada de acordo com sua importância no fenômeno estudado, e N_{ij} é a nota fornecida para classe j -ésima do mapa i .

Em síntese, a Análise de Multicritérios é uma técnica de análise espacial (álgebra de mapas) que envolve a média ponderada, e cujo procedimento, segundo Moura (2007), baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação (P.I.) e na definição do grau de pertinência¹¹ de cada plano de informação e de cada uma de suas classes para a construção do resultado final.

A FIG. 8 ilustra as bases para combinação de matrizes a partir da atribuição de pesos aos planos de informação e de notas às legendas.

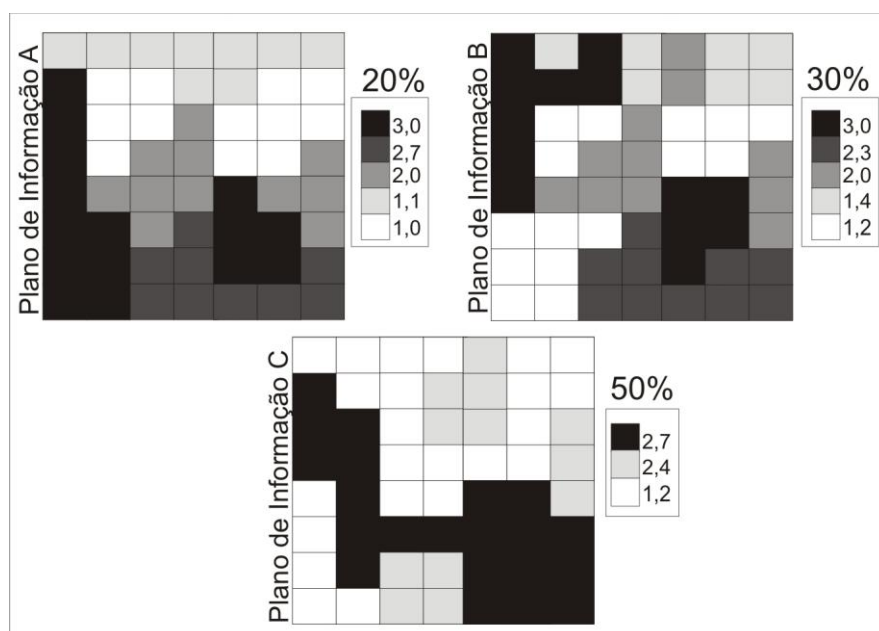


FIGURA 8 - Construção dos mapas na forma de matrizes e atribuição de pesos para as camadas e notas para os componentes de legenda. Adaptado de MOURA, 2009, p. 6.

Para melhor compreender a FIG. 8, considera-se como objetivo de análise, por exemplo, a criação de um mapa síntese de vulnerabilidade natural em compartimentos morfopedológicos, onde três camadas de informações diferentes (A - litologia, B - declividade e C - solos) devem ser combinadas. Para tanto, estabelece-se o peso para cada plano de informação (PI) e as notas aos itens de legenda, de acordo com a hierarquia de

¹¹ Grau de Pertinência - Um elemento poderá pertencer a um conjunto com grau de pertinência que varia em um determinado intervalo [0,1] em que o valor 0 indica uma completa exclusão, e o valor 1 representa completa pertinência, sendo que os valores deste intervalo representam graus intermediários de pertinência do objeto com relação ao conjunto (BARROS e BASSANEZI, 2006).

atuação das variáveis sobre o fenômeno estudado. Neste exemplo, 20% foi para o PI ‘litologia’, 30% para o PI ‘declividade’ e 50% para o PI ‘solos’. Em seguida, dão-se notas aos itens de legenda, por exemplo, no plano de informação A - litologia, atribuiu-se nota 1,0 para quartzito (como o tipo de rocha que menos contribui para o fenômeno), 1,1 para granito, 2,0 para xistos, 2,7 para serpentinitos, e nota 3,0 para sedimentos inconsolidados, nesse caso para um intervalo entre 1,0 e 3,0, que é adotado nesse trabalho (o intervalo entre 0 e 10 é comum em trabalhos que envolvem análise de multicritérios).

A sobreposição/integração dessas matrizes (mapas), sendo realizada a partir da aplicação da média ponderada, raciocina-se da seguinte forma, em relação, por exemplo, ao primeiro pixel no canto superior esquerdo em cada uma das três matrizes da FIG. 8:

$$\text{Valor da Célula} = \frac{(1,1 \times 20) + (3,0 \times 30) + (1,2 \times 50)}{100} \quad \text{Valor da Célula} = 1,72$$

O emprego dessa álgebra de mapas “cria um espaço classificatório, ordinal, que pode ser também entendido como uma escala de intervalo. Esse processo pode também ser utilizado em escala nominal, desde que os eventos sejam hierarquizados segundo algum critério de valor” (MOURA, 2007, p. 2902). Nesse sentido as expressões “muito alta vulnerabilidade”, “alta vulnerabilidade”, “média...”, “baixa...” e “muito baixa...” foram utilizadas nesse trabalho.

Um dos problemas encontrados em um processo de análise que envolve múltiplos critérios é a forma como se deve quantificar a importância relativa de cada critério, considerando que cada um possui grau de importância distinto no fenômeno. Como visto, a definição da importância relativa de cada critério é feita normalmente atribuindo um determinado peso. Para Bonham-Carter (1994) e Moura (2007), os pesos podem ser determinados por “knowledge-driven”, isto é, por consulta a especialistas dos fenômenos enfocados na análise ou por “data-driven”, isto é, pelo conhecimento prévio de situações semelhantes.

A consulta a especialistas se tornou um dos procedimentos mais utilizados para o estabelecimento do grau de pertinência. Um dos métodos é o “Delphi” que se baseia na consulta a um grupo de especialistas a respeito do fenômeno a ser analisado. Deve ser solicitada uma hierarquia de variáveis em ordem de importância para a ocorrência do fato a ser estudado, os especialistas também devem opinar sobre o grau de pertinência, de 0 a 10 ou qualquer outro intervalo, de cada classe da variável. Com as respostas do grupo, realiza-

se a seleção da média e a indicação do predomínio nas manifestações, lembrando que o grupo recebe o resultado da consulta geral e cada um é solicitado a rever suas posições, que pode ser confirmada ou ser alterada (MOURA, 2007). A ideia é que o Delphi possa representar uma consolidação do julgamento intuitivo do grupo, entendendo que para uma análise complexa a posição de um coletivo de especialistas é melhor do que a opinião de um só. Trata-se da busca de maximização de consenso.

O “data-driven” baseia-se em apoio de campo ou no conhecimento sobre a área e o fenômeno, de modo que são escolhidas amostras territoriais nas quais se conhece bem o resultado, sendo a atribuição de seus pesos definidos pelo comportamento de várias amostras distribuídas no território (MOURA, 2007).

Para Bonham-Carter (1994), o data-driven pode ser realizado com base na atribuição de pesos a partir de evidências ou indícios encontrados e comprovados em campo ou na análise de dados já existentes.

Neste trabalho, as notas para os atributos de legenda foram baseadas inicialmente em notas já estabelecidas segundo critérios de Crepani *et al.* (2001; 2008). Para a determinação do grau de vulnerabilidade, estes autores se fundamentaram nos conceitos de meios morfodinâmicos estáveis, intergrades e fortemente instáveis, preconizados por Tricart (1977) e já comentados no capítulo 2. Nesse caso, o intervalo dos valores está entre 1,0 e 3,0, em que as notas próximas ao valor 1,0 representam uma condição de estabilidade (menor vulnerabilidade) predominando a pedogênese; valores próximos a 3,0 representam uma condição de instabilidade (maior vulnerabilidade), isto é, em condições de predomínio de morfogênese; e as notas próximas a 2,0 uma condição intermediária.

Segundo Crepani *et al.* (2001; 2008), para o estabelecimento da vulnerabilidade à erosão deve-se levar em consideração fatores como a geologia, os solos, o relevo e a cobertura vegetal e uso do solo. A contribuição da geologia para a análise em questão diz respeito às informações relativas à história da evolução geológica do ambiente, ao grau de coesão das rochas e principalmente à resistência aos processos intempéricos; os solos são avaliados em primeiro lugar segundo o seu grau de desenvolvimento ou de maturidade, em seguida são importantes a profundidade, presença de camadas impermeáveis, textura e estrutura; em relação ao relevo foi considerado o fator declividade, que guarda relação direta com a velocidade das massas de água em movimento responsáveis pelo escoamento superficial e conseqüentemente pela capacidade de retirar e transportar materiais; para o tema vegetação e o uso do solo, foi considerado a densidade de cobertura do terreno, a

partir de informações retiradas de documentação existente e da interpretação das imagens de satélite.

Existem diversos trabalhos que utilizam como base os procedimentos de Crepani *et al.* (2001; 2008) para estudos de vulnerabilidade à erosão, entre eles estão, por exemplo, Pinheiro (2003); Costa *et al.* (2006); Menezes *et al.* (2007); e Oliveira *et al.* (2009).

A TAB. 2 está apresentando as notas que foram estabelecidas para confecção do modelo de vulnerabilidade à erosão da Microbacia do Córrego do Coxo. É importante enfatizar que as notas referentes aos tipos de solos foram atribuídas após o levantamento pedológico proposto por este trabalho. Essas notas são apresentadas no capítulo de resultados, intitulado “Vulnerabilidade à erosão em compartimentos morfopedológicos na Microbacia do Córrego do Coxo”.

TABELA 2

Notas estabelecidas às classes dos planos de informação: litologia, declividade e uso do solo/cobertura vegetal.

Geologia	Nota	Vulnerabilidade
Quartzitos e ortoquartzitos puros	1,0	muito baixa
Quartzitos a conglomeráticos	1,2	muito baixa
Xistos	2,0	Média
Filitos/filonitos	2,1	Média
Dioritos/gabros/diabásios	2,5	Alta
Serpentinitos	2,5	Alta
Aluviões	3,0	muito alta
Declividade		
0 – 3%	1,0	muito baixa
3 – 8%	1,5	Baixa
8 - 20%	2,0	Média
20 – 45%	2,5	Alta
45 – 75%	3,0	muito alta
> 75	3,0	muito alta
Uso do Solo/Cobertura Vegetal		
Floresta estacional semidecidual	1,4	baixa
Ecótono	2,0	média
Refugio ecológico montano	2,3	média
Pastagem	2,5	alta
Pastagem/cultivo anual	2,8	muito alta
Cultura anual s/ técnica conservacionista	3,0	muito alta
Estrada	3,0	muito alta

Fonte – Extraídos de CREPANI *et al.* (2001; 2008).

As notas para o tema solo não seguiram a proposta de Crepani et al. (2001; 2008), pois, esses autores apenas consideram o 1º nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos – SiBCS, e esse trabalho propõe um maior nível de detalhe para a classificação dos solos, atingindo as classes do 4º nível categórico. No levantamento pedológico foram adquiridas informações relevantes como a profundidade, textura, estrutura e teor de matéria orgânica, que apesar de comentadas por Crepani *et al.* (2001; 2008) como fatores influentes na vulnerabilidade, não são considerados em relação as notas para o 1º nível categórico (Neossolos e Cambissolos), e sim apenas o grau de maturidade dos solos. Portanto, por exemplo, a nota para Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico foi distinta do Neossolo Litólico Distrófico fragmentário em função das quatro características acima mencionadas.

Também em função das características do local e da escala de trabalho, os pesos foram sendo ajustados de acordo com informações adquiridas no campo e inseridas no banco de dados do SIG. Foram registradas com GPS de navegação algumas marcas de processos erosivos como voçorocas, ravinas e sinais de erosão laminar (atividade de campo), que serviram de base para a calibração ou ajuste da modelagem gerada, mediante identificação e correção das relações construídas entre as variáveis mapeadas.

Sobre essa questão (Moura, 2007, p. 2899) reforça que

o risco da subjetividade pode ser reduzido com processos de ajuste ou calibração, quando são avaliados os parâmetros envolvidos. Uma vez calibrado, o modelo deve passar por processo de verificação, através de sua aplicação a uma situação conhecida, o que é chamado de ‘validação’.

A FIG. 9 representa esquematicamente os procedimentos de construção e calibração do modelo de vulnerabilidade à erosão aplicados na Microbacia em estudo.

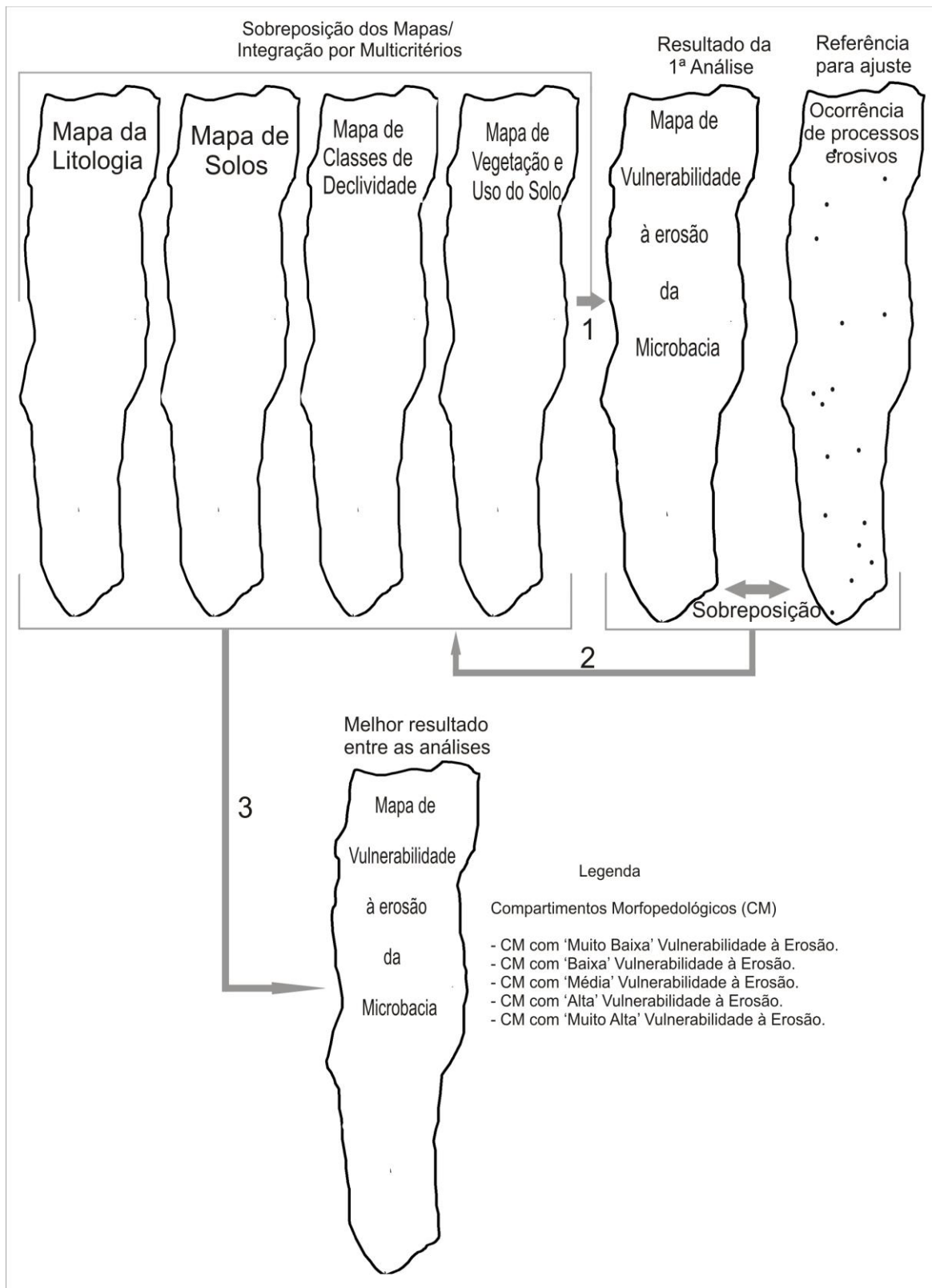


FIGURA 9 – Esquema ilustrando a confecção do Mapa de Vulnerabilidade à Erosão da Microbacia do Córrego do Coxo. 1 = confecção do 1º modelo de análise; 2 = calibração do modelo, isto é, ajustar os compartimentos com alta vulnerabilidade à erosão aos pontos de ocorrência de processos erosivos, com base numa sucessão de tentativas (alterações nos pesos para cada plano de informação); 3 = modelo com maior compatibilidade entre os pontos de ocorrência de processos erosivos e os compartimentos com alta vulnerabilidade.

Os pesos dos ‘planos de informação’ foram ajustados de acordo com uma sucessão de tentativas (12 modelos/testes com 12 distintas distribuições de pesos, apresentados na TAB. 3), onde cada um foi sobreposto à superfície de pontos de ocorrência do processo erosivo. Foi verificado que o ‘Modelo 10’ (TAB. 3), obteve a melhor coincidência espacial entre o conjunto de pontos e os pixels representativos dos compartimentos com alta e muito alta vulnerabilidade à erosão.

TABELA 3
Testes para ponderação dos planos de informação no modelo de vulnerabilidade à erosão na Microbacia do Córrego do Coxo.

Modelo	Litologia	Solos	Declividade	Vegetação e Uso
1	25%	25%	25%	25%
2	20%	25%	25%	30%
3	20%	20%	25%	35%
4	15%	25%	25%	35%
5	15%	20%	30%	35%
6	15%	20%	25%	40%
7	15%	15%	20%	50%
8	10%	25%	35%	35%
9	10%	25%	25%	40%
10	10%	20%	30%	40%
11	10%	15%	25%	50%
12	10%	20%	20%	50%

A tarefa de definição dos pesos com base na experiência de um ou mais profissionais e na observação de campo como fatores determinantes, encontram fundamento, por exemplo, nos chamados procedimentos heurísticos. Segundo Moreira *et al.* (2001), os procedimentos heurísticos são amplamente aceitos como base para sistemas especialistas, e em situações onde a teoria e os modelos empíricos de comportamento dos dados não estão bem estabelecidos.

A heurística é um método baseado em regras derivadas da experiência, portanto, segundo Bonham-Carter (1994), se constitui como um método empírico, no qual pesa a opinião de especialistas. Para MOURA (2009, p. 15), a heurística é “um método intuitivo de tentativas para abordar um problema e chegar a uma solução final mediante aproximações sucessivas”, trata-se, portanto, de uma forma “de contemplar a visão qualitativa na combinação de variáveis que respondem por um determinado fenômeno”.

Marcelino e Formagio (2004), ao comentar sobre o método heurístico para mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamentos, destacam que o especialista pode

julgar o tipo e o grau de risco, com base em levantamentos de campo e em mapas das características geoambientais do terreno. No desenvolvimento deste trabalho, foi necessário o uso de procedimentos heurísticos, na medida em que a atribuição de pesos e notas para construção do modelo de vulnerabilidade à erosão foi baseada inicialmente nas ponderações estabelecidas por Crepani *et al.* (2001; 2008), mas ajustadas com base nos levantamentos de campo.

A partir da integração realizada, foram geradas, como resultado, unidades territoriais (manchas) que foram chamadas de compartimentos morfopedológicos (C.M.), sendo que suas distinções retratam os diferentes graus de vulnerabilidade à erosão. De acordo com a álgebra adotada os resultados encontrados corresponderam a valores que variavam entre 1,0 e 3,0 e, que foram assim organizados:

- Entre os valores 1,0 e 1,25 - C.M. de muito baixa vulnerabilidade à erosão ('estável').
- Entre os valores 1,26 e 1,75 - C.M. de baixa vulnerabilidade à erosão (intermediário a 'estável').
- Entre os valores 1,76 e 2,25 - C.M. de média vulnerabilidade à erosão (intermediário).
- Entre os valores 2,26 e 2,75 - C.M. de alta vulnerabilidade à erosão (intermediário a instável).
- Entre os valores 2,76 e 3,0 - C.M. de muito alta vulnerabilidade à erosão (muito instável).

Por fim, a FIG. 10 sintetiza esquematicamente os procedimentos gerais adotados no desenvolvimento deste trabalho.

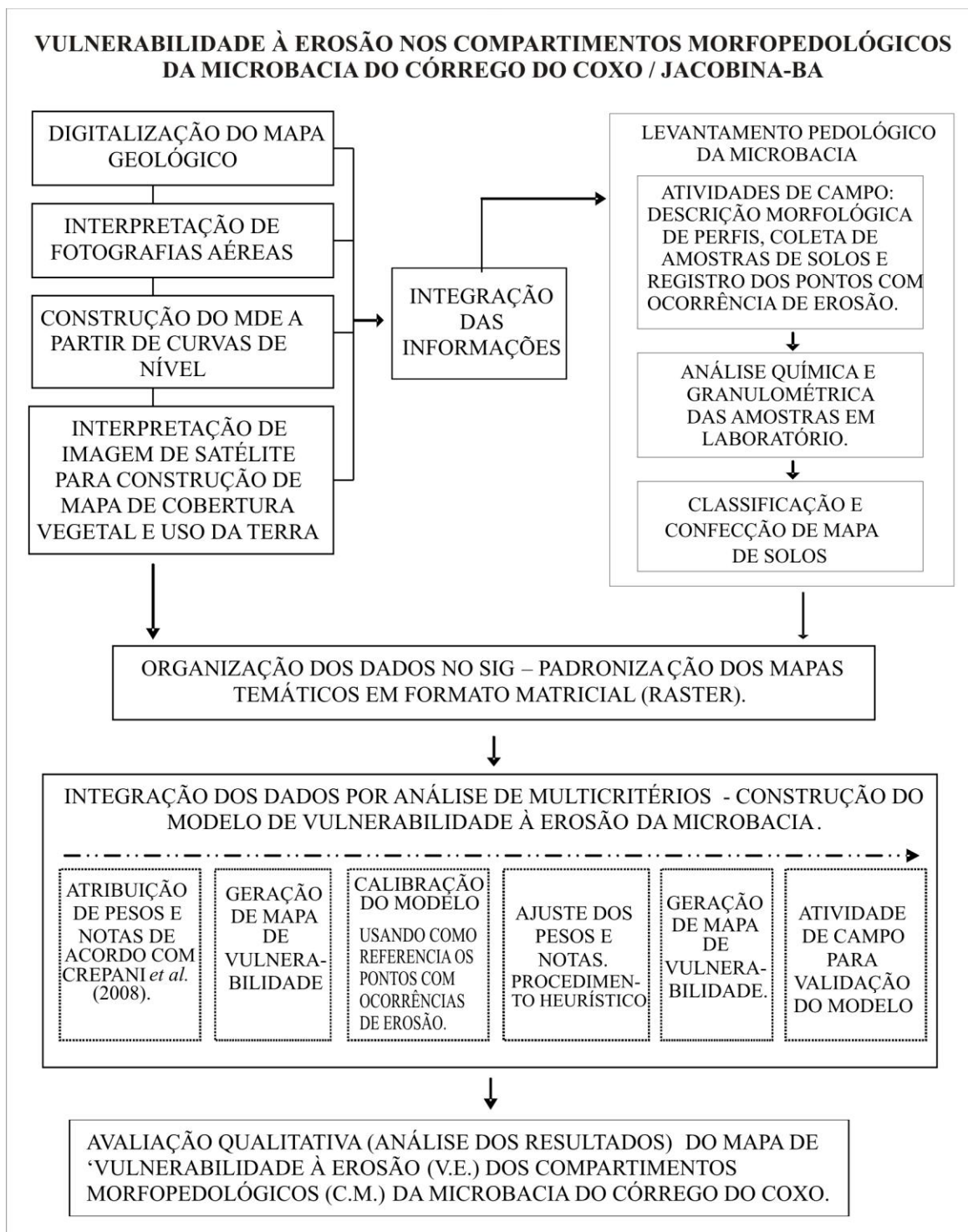


FIGURA 10 – Roteiro metodológico geral.

5. LEVANTAMENTO PEDOLÓGICO SEMIDETALHADO DA MICROBACIA DO CÓRREGO DO COXO.

O levantamento pedológico contempla um estudo dos aspectos principais de perfis de solos, compreendendo desde a descrição morfológica, interpretação de dados analíticos (químicos e físicos) até a caracterização do ambiente no qual está inserido o perfil, e envolve essencialmente a classificação taxonômica e espacialização, isto é, o mapeamento da ocorrência dos solos (Flores *et al.*, 2007). Para a Embrapa (1995), o levantamento pedológico identifica solos, prevê e delinea suas áreas nos mapas, que passam a ser reconhecidos como unidades naturais, estas por sua vez, estabelecem o vínculo entre a realidade física dos solos na natureza e o conceito mental de classe taxonômica num sistema de classificação.

Foi realizado um levantamento pedológico do tipo semidetalhado, cujo objetivo foi obter informações básicas para estudo integrado da Microbacia do Córrego do Coxo, com intuito de verificar a vulnerabilidade dos solos à erosão. Nessa perspectiva, foi confeccionado um mapa de solos da microbacia em escala de 1:25.000, orientado por critérios da Embrapa (1995).

É importante destacar que o conhecimento da natureza e da variação espacial dos solos dentro de uma microbacia é muito importante para a avaliação do potencial e das limitações da área, constituindo uma verdadeira base de dados georreferenciados para diversos estudos, incluindo planejamento de uso, manejo e conservação de solos e dos recursos hídricos.

O tipo de levantamento pedológico realizado foi capaz de produzir informações relevantes a respeito dos solos da Microbacia do Córrego do Coxo, como a CTC/atividade da argila, relação silte/argila, profundidade do *solum*, grau de flocculação e tipo de horizonte B diagnóstico, que são importantes para conhecimento do grau de desenvolvimento dos perfis pedológicos, além do tipo de horizonte A diagnóstico, textura, estrutura, conteúdo de matéria orgânica, entre outras informações, que em conjunto foram importantes para compreensão do grau de vulnerabilidade à erosão de cada unidade taxonômica.

A partir da análise morfológica, granulométrica e química de 17 perfis, foram identificadas 11 classes de solos, considerando o 4º nível categórico do SiBCS, todas

fazendo parte da Ordem dos Neossolos e dos Cambissolos. O mapa de solos da Microbacia do Córrego do Coxo, apresentado na FIG. 11, representa essas classes a partir de distintas unidades de mapeamento acompanhadas da simbologia estabelecida pela Embrapa (2006).

É importante lembrar que as informações das análises químicas e físicas, assim como as fotos dos perfis estão organizadas ao longo do capítulo 5, mas as informações a respeito da descrição morfológica dos perfis em campo estão nas fichas de descrição no APÊNDICE A.

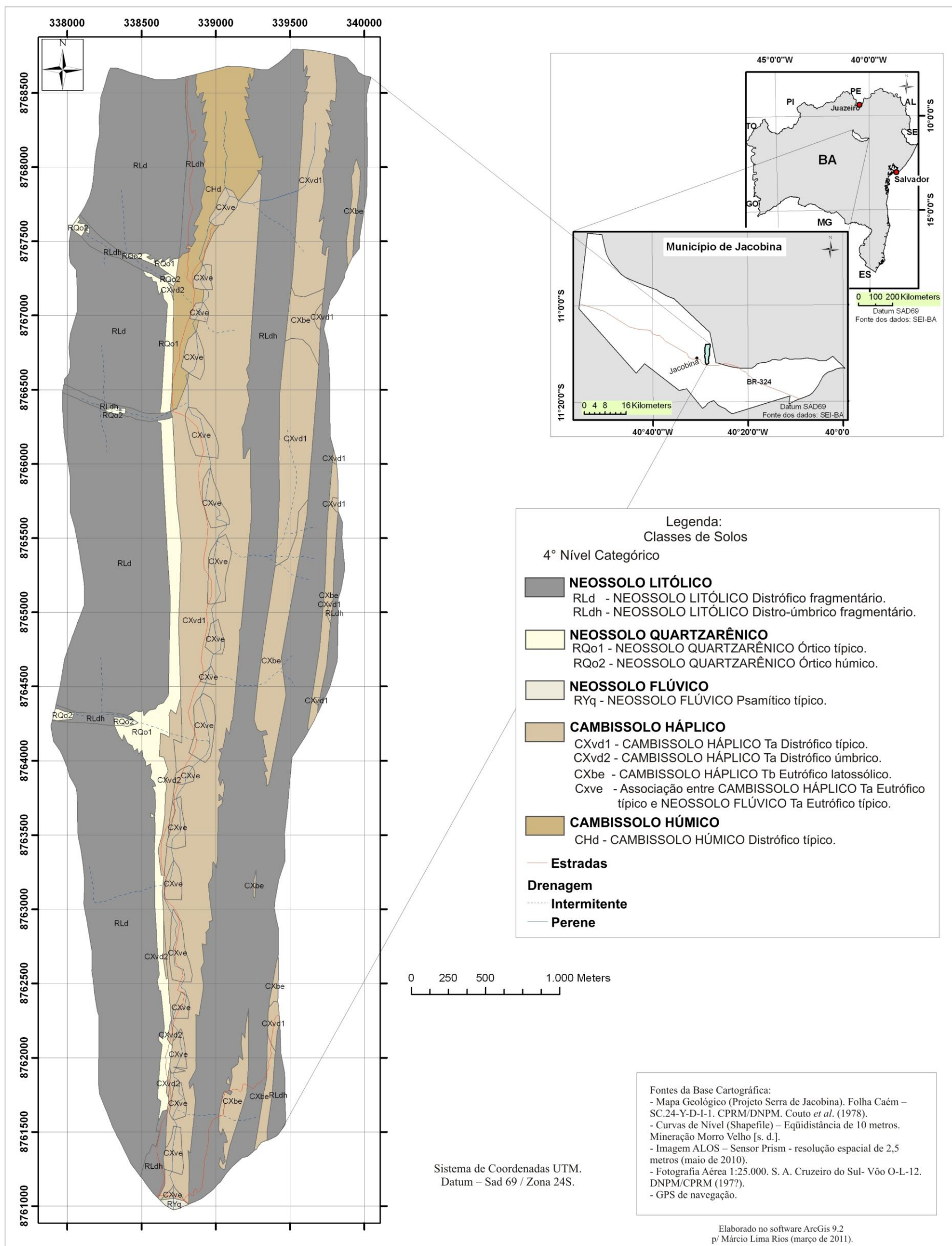


Figura 11 - Mapa de Solos da Microbasia do Córrego do Coxo.

5.1 Neossolos

Os Neossolos de forma geral são solos pouco evoluídos, onde a baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos não permitiram modificações expressivas no material originário, assim como não permitiram o desenvolvimento de um horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA, 2008). A exceção dos Neossolos Regolíticos, foram diagnosticados e classificados na Microbacia do Córrego do Coxo as outras três classes (do segundo nível categórico) de Neossolos: Litólicos, Quartzarênicos e Flúvicos.

5.1.1 Neossolos Litólicos (RL)

Os Neossolos Litólicos na Microbacia do Córrego do Coxo guardam grande influência da declividade das formas do relevo. Este fator, interfere na gênese dos solos, pois reduz o tempo de exposição dos materiais intemperizados a atuação dos processos pedogenéticos, já que há intensa remoção desses materiais (erosão natural), o que limita o desenvolvimento e a profundidade desses solos. Sua espessura não ultrapassa 50 cm, sendo assentados diretamente sobre a rocha matriz ou sobre cascalhos, calhaus e matacões, não apresentando qualquer tipo de horizonte B.

Foram mapeados na área NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário – RLd e NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário – RLdh. O primeiro, RLd, perfil 15 (FIG. 12), tem seus dados sintetizados na TAB. 4.

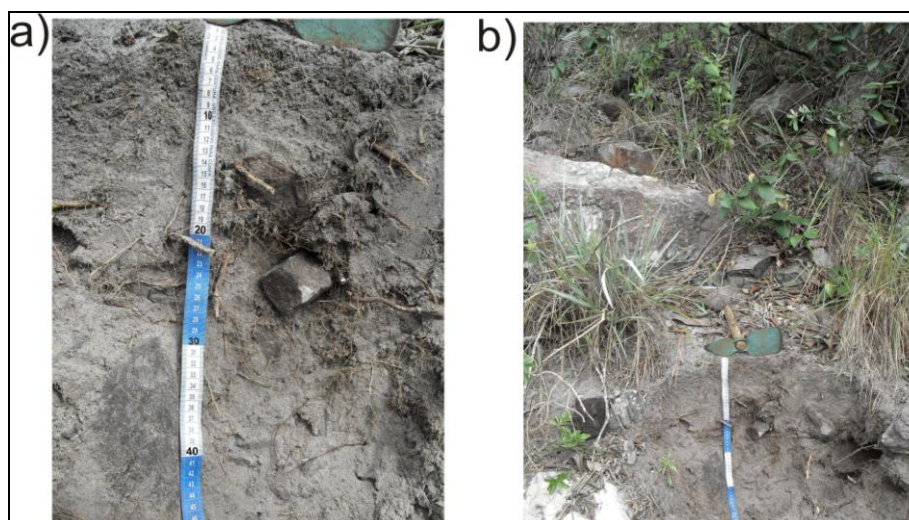


FIGURA 12 - Perfil 15 (P-15) - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário - RLh. a. - visão do perfil; b. - visão geral da trincheira aberta no terço médio da encosta, observar alta pedregosidade e rochosidade na superfície.

Este solo foi desenvolvido a partir do produto do intemperismo dos ortoquartzitos do Grupo Jacobina e predomina na paisagem da porção oeste da microbacia, sendo um tipo de solo que está nas altas encostas, conjugado espacialmente com grandes porções de afloramentos rochosos (classe de rochosidade – muito rochosa) nas áreas com as maiores declividades (acima dos 45%).

TABELA 4

Análises granulométricas e químicas do perfil 15 (P-15) representativo da unidade de mapeamento RLd - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário, na Microbacia do Córrego do Coxo – Jacobina/BA.

Id.	Hori- zonte	Pro- fund. cm	Composição Granulométrica – TFSA ¹						ADA ²	G.F. ³	Relação Sil/Arg.	Textura
			A.Gr.	A.Md.	A.Fi.	A.Tot.	Silte	Argila				
P-15	A	0 - 20	24,1	856,4	7,3	887,8	81,6	30,0	6,0	80,0	2,7	Areia

Id.	Hori- Zonte	pH em água	Ca	Mg	K	Na	Valor S ⁴	Al	H	CTC ⁵	Valor V ⁶	m% ⁷	Mat. Org.	C Org.
P-15	A	4,4	0,30	0,20	0,04	0,05	0,59	1,20	6,28	8,07	7	67	2,7	15,73

1: A. Gr - Areia Grossa 2–0,50mm; A. Md - Areia Média 0,50–0,25mm; A. Fi - Total Areia Fina 0,25 -0,05 mm; A.Tot - Areia Total. **2:** Argila dispersa em água. **3:** Grau de floculação. **4:** Soma de bases. **5:** CTC - Capacidade de troca de cátions T=S+(Al+H). **6:** Saturação por bases V%=100xS/T. **7:** Saturação por alumínio m%=100xAl/(S+Al).

A unidade RLd é fortemente influenciada pela litologia e pelo relevo, começando pela sua textura com mais de 850 g/kg de areia e apenas 30 g/kg de argila, sendo um solo com cor bastante clara (10YR, 7/1 quando seco, cinzento claro), baixa saturação por bases (distrófico¹²), e com baixíssima soma de bases (em torno de 0,59 cmol_c/dm³), aspectos esses, diretamente associados a alta riqueza de quartzo (SiO₂) presentes nos ortoquartzitos puros da Formação Rio do Ouro e a praticamente inexistência de minerais ferromagnesianos.

Pelo fato desses Neossolos estarem situados em altas encostas com forte declividade, ocorre uma grande tendência para movimentação de material encosta abaixo, resultando em perfis pouco espessos, com aproximadamente 20 cm de profundidade, observando que o contato lítico se faz sobre rocha extremamente fragmentada (contato lítico fragmentário). O horizonte A é fraco, com baixo teor de carbono orgânico e estruturalmente não dispõe de agregados, tendo consistência solta, com predomínio de areias médias, de fácil mobilidade. Em relação à cobertura vegetal, dominam os refúgios

¹² Termo aplicado quando a saturação por bases (V%) for inferior a 50%. Quando V% for superior a 50% o termo usado é eutrófico (EMBRAPA, 2006).

ecológicos montanos, constituindo a vegetação mais esparsa e de menor porte de toda microbacia.

O Neossolo Litólico Distro-úmbrico fragmentário – RLdh é formado a partir do produto do intemperismo de andaluzita-xistos (P-01) com forte influência de ortoquartzitos/quartzitos no Grupo Jacobina e Complexo Itapicuru, intemperismo de rochas intrusivas básicas a intermediárias (P-06) em estreitas faixas transversais na porção oeste da microbacia, de filitos (P-16) na porção norte, e ainda quartzitos a conglomerados (P-14), que domina em grande parte da porção leste. São apresentados na FIG. 13.



FIGURA 13 – Perfis de NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário – Unidade de Mapeamento RLdh. a) P-01; b) P-06; c) P-16; d) P14.

Esse solo, de forma geral, está distribuído por locais de altas declividades, principalmente em superfície montanhosa e escarpada, domina em grande parte da área

estudada, estando associado a uma vegetação de ecótono de floresta estacional/caatinga arbórea/refúgio ecológico montano.

Nos quatro perfis analisados, a proporção de calhaus e matacões na massa do solo foi considerada alta (muito pedregosa) com destaque para materiais rico em quartzo, o que comprova a forte presença na formação desses perfis, de materiais quartzíticos/ortoquartzíticos movimentados do terço superior da encosta.

São solos com textura média, variando de franco-argilo-arenosa a franco-argilosa, acentuadamente a bem drenados, com estrutura moderada a forte em blocos subangulares e granulares. A TAB. 5 apresenta dados granulométricos e químicos dos quatro perfis estudados, onde, apesar da semelhança que os colocam na mesma unidade taxonômica, percebe-se pequenas diferenças, em função de sua situação no relevo, mas principalmente, pela distinta geologia subjacente aos perfis.

TABELA 5

Análises granulométricas e químicas dos perfis 1 (P-01), 6 (P-06), 14 (P-14) e 16 (P-16) representativos da unidade de mapeamento RLdh - NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário, na Microbacia do Córrego do Coxo – Jacobina/BA.

Id.	Hori- zonte.	Pro- fund. cm	Composição Granulométrica – TFSA ¹						ADA ²	G.F. ³	Relação Sil/Arg.	Textura
			A. Gr.	A.Md.	A.Fi.	A.Tot.	Silte	Argila				
P-01	A1	0 – 30	23,4	516,4	15,3	555,0	218,0	227,0	118,0	48,0	1,0	Franco-argilo-arenosa
	A2	- 45	11,2	442,7	25,6	479,5	229,5	291,0	208,0	28,5	0,8	
P-06	A	0-18	27,5	356,5	16,3	400,2	369,8	230,0	103,0	55,2	1,6	Franca
P-14	A	0 - 20	59,2	452,6	10,7	522,5	205,6	272,0	59,0	78,3	0,8	Franco-argilo-arenosa
P-16	A1	0-30	21,4	398,3	9,6	429,2	293,8	277,0	120,0	56,7	1,1	Franco-argilosa
	A2	- 40	20,9	368,8	12,8	402,5	319,5	278,0	138,0	50,4	1,1	

Id.	Hori- zonte.	pH em água	Ca	Mg	K	Na	Valor S ⁴	Al	H	CTC ⁵	Valor V ⁶	m% ⁷	Mat. Org.	C Org.
P-01	A1	4,7	0,90	0,90	0,11	0,07	1,98	1,90	8,77	12,65	16	49	2,9	17,11
	A2	4,6	0,40	0,50	0,05	0,07	1,02	2,10	8,02	11,14	9	67	2,0	11,89
P-06	A	5,4	4,90	1,90	0,13	0,09	7,02	0,30	11,36	18,68	38	4	6,8	39,37
P-14	A	4,4	0,60	0,70	0,13	0,05	1,48	2,90	13,27	17,65	8	66	5,1	29,53
P-16	A1	4,7	1,80	0,80	0,11	0,09	2,80	2,50	14,44	19,74	14	47	6,3	36,37
	A2	4,9	0,40	0,20	0,04	0,07	0,71	1,30	8,16	10,17	7	65	3,8	22,03

1: A. Gr - Areia Grossa 2–0,50mm; A. Md - Areia Média 0,50–0,25mm; A. Fi - Total Areia Fina 0,25 -0,05 mm; A.Tot - Areia Total. **2:** Argila dispersa em água. **3:** Grau de floculação. **4:** Soma de bases. **5:** CTC - Capacidade de troca de cátions T=S+(Al+H). **6:** Saturação por bases V%=100xS/T. **7:** Saturação por alumínio m%=100xAl/(S+Al).

De acordo com os dados da TAB. 5, são solos fortemente ácidos, com alta saturação por alumínio, a exceção do perfil 06, nesse caso, evidenciando a influência química da rocha de origem na elevação do pH, assim como na maior soma de bases ou “valor S” (diabásios, gabros e dioritos não-diferenciados, isto é, rochas ricas em minerais máficos e em elementos como Ca e Mg), em comparação com a influência dos xistos e filitos dos perfis P-01 e P16, ricos no alumino-silicato (andaluzita) e quartzitos/conglomerados ricos em quartzo no P-14.

Foram classificados como distro-úmbricos pelo fato de serem distróficos e ma associação com horizonte A proeminente. Possuem contato lítico inferior a 45 cm de profundidade em rocha extremamente fragmentada (fragmentário). Essas características foram encontradas nos quatro perfis analisados.

É importante frisar que os Neossolos Litólicos de forma geral, de acordo com Oliveira (2008), por serem muito rasos, apresentam fortes limitações para o uso e alto risco de erosão, pois o substrato dificulta ou impede a penetração do sistema radicular, bem como a água de percolação tem seu fluxo interrompido ou diminuído, expondo estes solos aos efeitos do escoamento superficial.

5.1.2 Neossolos Quartzarênicos (RQ)

Os Neossolos Quartzarênicos são solos que apresentam textura areia franca ou areia em todos os horizontes (sequência A-C), são essencialmente quartzosos com profundidade bastante variável, mas sempre acima de 50 cm (EMBRAPA, 2006).

O NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico (RQo1) está presente na paisagem da porção leste da microbacia, distribuído espacialmente em declividades elevadas (geralmente acima dos 30% de declive) nas baixas vertentes e foi desenvolvido a partir do produto do intemperismo de ortoquartzitos puros da Formação Rio do Ouro. A FIG. 14 apresenta o perfil 02 e a paisagem dominante associada a esse tipo de solo.

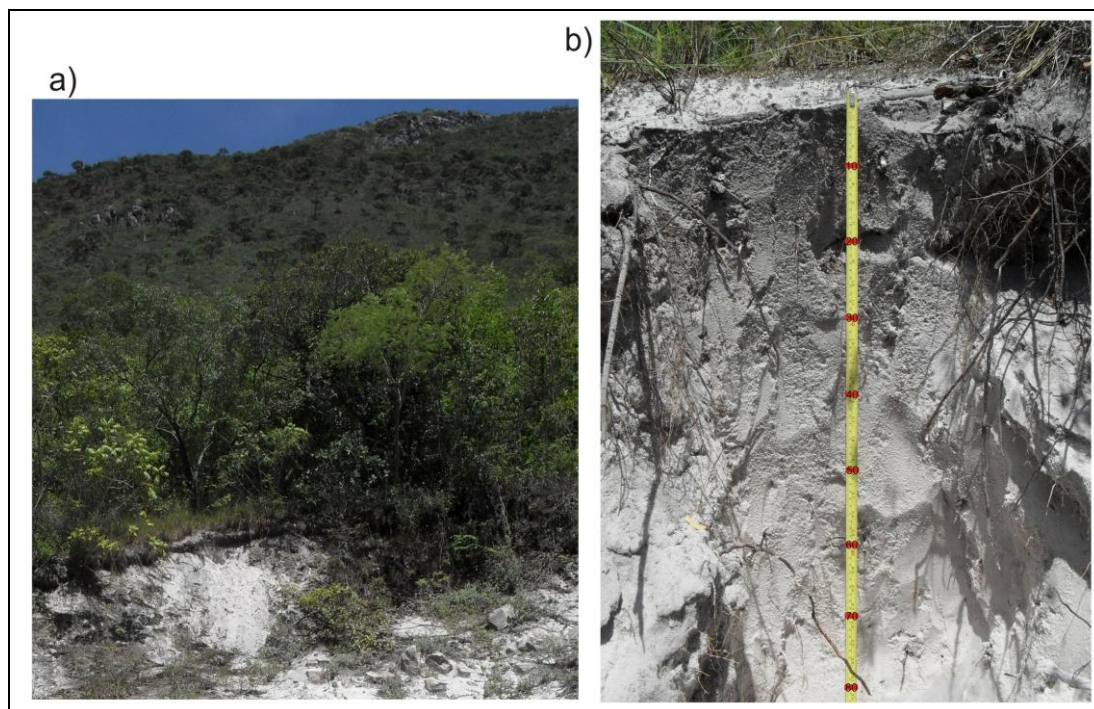


FIGURA 14 – Perfil 2 (P-02) - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico-RQo1. a – localização do perfil no terço inferior da encosta; b – visão detalhada do P-02.

O perfil exibe um solo muito profundo, com cores claras (cinzento claro no horizonte A e branco no C) sendo que, de acordo com a análise granulométrica (TAB. 6) possui mais de 930 g/kg de areia tanto no horizonte A quanto no C. Do ponto de vista químico (TAB. 6), apresenta baixo conteúdo de bases (Ca, K, Mg e Na – inferior a 1 cmol_c/kg), baixíssima capacidade de troca de cátions - CTC (3,92 cmol_c/kg no horizonte A, o mais baixo encontrado na microbacia), é fortemente ácido, e o conteúdo de carbono orgânico é considerado muito baixo para os padrões da área (< 5 g/kg).

TABELA 6

Análises granulométricas e químicas do perfil 2 (P-02) representativo da unidade de mapeamento RQo1 - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, e o perfil 5 (P-05) representativo da unidade RQo2 - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico húmico, na Microbacia do Córrego do Coxo – Jacobina/BA.

Id.	Horizonte	Profundidade (cm)	Composição Granulométrica – TFSA ¹						ADA ²	G.F. ³	Relação Sil/Arg.	Textura
			A.Gr.	A.Md.	A.Fi.	A.Tot.	Silte	Argila				
P-02	A	0 - 26	66,4	859,7	7,7	933,7	59,3	7,0	-	-	8,5	Areia
	C	- 150 ⁺	33,4	892,7	12,5	938,6	58,5	3,0	-	-	19,5	Areia
P-05	A	0 - 40	116,6	655,8	9,5	781,9	92,1	126	63,0	43,8	1,3	Areia-franca
	C	- 135 ⁺	93,4	696,6	10,3	798,7	93,3	108	62,0	44,1	1,1	Areia-franca

Id.	Hori- Zonte	pH em água	Ca	Mg	K	Na	Valor S ⁴	Al	H	CTC ⁵	Valor V ⁶	m% ⁷	Mat. Org.	C Org.
P-02	A	4,6	0,70	0,20	0,03	0,02	0,95	0,40	2,57	3,92	24	30	0,8	4,86
	C	5,6	0,10	0,04	0,00	0,01	0,15	0,00	0,11	0,26	58	0	0,1	0,36
P-05	A	4,6	0,30	0,20	0,06	0,03	0,59	2,60	9,61	12,80	5	82	3,3	18,97
	C	4,9	0,20	0,10	0,02	0,03	0,35	2,40	7,06	9,81	4	87	2,3	13,50

1: A. Gr - Areia Grossa 2–0,50mm; A. Md - Areia Média 0,50–0,25mm; A. Fi - Total Areia Fina 0,25 -0,05 mm; A.Tot - Areia Total. **2:** Argila dispersa em água. **3:** Grau de floculação. **4:** Soma de bases. **5:** CTC - Capacidade de troca de cátions T=S+(Al+H). **6:** Saturação por bases V%=100xS/T. **7:** Saturação por alumínio m%=100xAl/(S+Al).

É um solo excessivamente drenado com pequena capacidade de retenção de água e disponibilidade desta para as plantas, é significativamente profundo, ultrapassando os 150 cm, é coberto por vegetação de médio porte, basicamente arbustos esparsos. Apesar da alta porosidade e alta capacidade de infiltração, que reduz o volume de água para enxurrada, o horizonte A fraco, sem unidades estruturais e com consistência solta e muito friável confere alta suscetibilidade a erosão para estes solos.

O NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico húmico, correspondente a Unidade de Mapeamento RQo2 (FIG. 15) e domina nas porções de relevo forte ondulado no fundo dos vales transversais, que cortam a Formação Rio do Ouro. Foi desenvolvido sobre materiais coluviais recobrimdo rochas básicas intensamente dissecadas, se constituindo basicamente de sedimentos arenosos depositados próximos às margens dos pequenos córregos. Difere do anterior (RQo1) por ter um horizonte A húmico com maior teor de carbono orgânico e cores mais escuras.



FIGURA 15 - Perfil 05 (P-05) - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico húmico – RQo2.

São solos relativamente profundos com transição difusa entre os horizontes A-C, apresentando forte aspecto de homogeneidade por mais de 1 metro de profundidade, no que diz respeito à cor (10YR, 2/1- preto, quando úmido), textura (variando de 780 a 800 g/kg de areia entre o horizonte A e C) estrutura e consistência. As diferenças entre o horizonte superficial e o subsuperficial estão nos atributos químicos, tendo pequena variação nos dados de pH, soma de bases e CTC, e diferenças no teor de carbono orgânico e na quantidade e características das raízes, mais abundantes no horizonte superficial.

Como os Neossolos Quartzarênicos são, em geral, de baixa fertilidade natural, os poucos nutrientes que existem estão concentrados na matéria orgânica que também eleva a retenção de umidade (Embrapa, 2006), nesse sentido é razoável justificar a existência de uma vegetação mais densa e de porte mais elevado cobrindo a unidade de mapeamento RQo2, em comparação com RQo1.

5.1.3 Neossolos Flúvicos (RY)

São solos derivados de sedimentos aluviais, dispendo de caráter flúvico, isto é, materiais formados em sedimentos fluviais, marinhos ou lacustres relativamente recentes, apresentando distribuição irregular do conteúdo de carbono em profundidade e a existência de camadas estratificadas em 25% ou mais do volume dentro de 200 cm a partir da superfície do solo. Esses solos apresentam discreta alteração pedogenética, o que se reflete na presença de horizontes (em geral A e C) pouco diferenciados entre si (Oliveira, 2008).

Foi mapeado na microbacia duas classes dessa subordem de solo, o NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico típico - RYq e o NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico – RYve (TAB. 7). A primeira possui como característica a textura arenosa (areia e areia franca) em todos os horizontes dentro de 120 cm de profundidade e está localizado, nas proximidades da confluência do Córrego do Coxo com o Rio Itapicuru-Mirim no extremo sul da área em estudo, onde se desenvolveu sobre depósitos aluviais quaternários na planície de inundação. A FIG. 16 apresenta o perfil (P-08) onde foi realizado a descrição morfológica e a coleta de amostras para análise em laboratório.



FIGURA 16 - Perfil 08 (P-08) - NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico típico – RYq.

De acordo com os dados na TAB. 7, este solo dispõe de textura areia com apenas 51 g/kg de argila, não possui unidades estruturais (grãos simples), detém menos de 6 g/kg de carbono orgânico constituindo um horizonte A fraco. São solos moderadamente ácidos com 64% de saturação por bases. Correia (2005) comenta que os elevados teores de areia nesses solos não permitem utilizar a elevada saturação de bases como referência de fertilidade, pois nessa textura, esse valor não permite exprimir a riqueza em nutrientes desse solo.

TABELA 7

Análises granulométricas e químicas do perfil 8 (P-08) representativo da unidade de mapeamento RYq - NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico típico, e o perfil 9 (P-09) representativo do NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico, na Microbacia do Córrego do Coxo – Jacobina/BA.

Id.	Horizonte	Profundidade (cm)	Composição Granulométrica – TFSA ¹						ADA ²	G.F. ³	Relação Sil/Arg.	Textura
			A.Gr.	A.Md.	A.Fi.	A.Tot.	Silte	Argila				
P-08	A	0 – 20	4,3	852,1	15,2	871,6	77,4	51,0	-	-	1,5	Areia
	C1	- 62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Areia
	C2	- 83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Areia
	C3	- 120 ⁺	68,5	846,3	5,8	920,5	48,5	31,0	-	-	1,6	Areia
P-09	A	0 – 44	10,6	446,7	28,3	485,5	286,5	228,0	63,0	72,4	1,3	Franco-argilo-arenosa
	C1	- 62	39,0	724,2	25,9	789,0	151,0	60,0	36,0	40,0	2,5	Areia-franca

Id.	Hori- Zonte	pH em água	Ca	Mg	K	Na	Valor S ⁴	Al	H	CTC ⁵	Valor V ⁶	m% ⁷	Mat. Org.	C Org.
P-08	A	6,2	2,00	1,20	0,10	0,05	3,35	0,20	1,67	5,22	64	6	1,0	5,88
P-09	A	5,3	3,40	2,00	0,20	0,06	5,66	0,20	5,30	11,16	51	3	3,0	17,65
	C1	5,7	1,90	1,60	0,04	0,03	3,57	0,20	3,30	7,07	50	5	1,1	6,30

1: A. Gr - Areia Grossa 2–0,50mm; A. Md - Areia Média 0,50–0,25mm; A. Fi - Total Areia Fina 0,25 -0,05 mm; A.Tot - Areia Total. **2:** Argila dispersa em água. **3:** Grau de floculação. **4:** Soma de bases. **5:** CTC - Capacidade de troca de cátions T=S+(Al+H). **6:** Saturação por bases V%=100xS/T. **7:** Saturação por alumínio m%=100xAl/(S+Al).

Este solo é bastante influenciado pela natureza dos sedimentos fluviais depositados, as areias ali existentes são em grande parte o produto de intensos processos denudacionais que ocorreram a montante (porção sul do Grupo Jacobina - com litologia predominantemente quartzítica), cujo resultado nessa área, mais baixa e plana, foi a deposição e acumulação de materiais com granulometria rica em areia.

A outra classe de Neossolos mapeada na área, o NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico (FIG. 17), localizado no fundo do vale há pouco mais de uma dezena de metros das margens do Córrego do Coxo, é encontrado sempre em declividades inferiores a 3%.

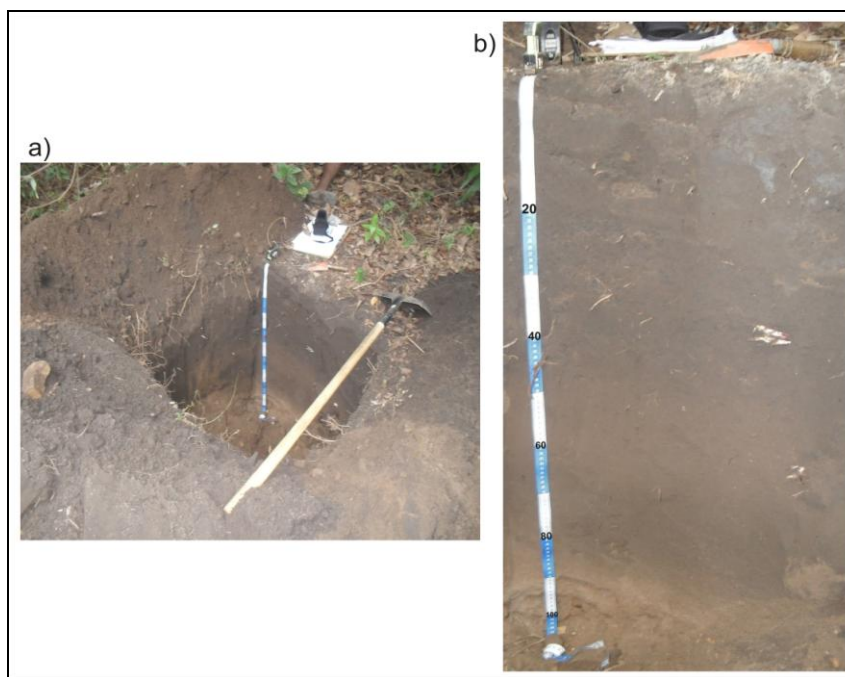


FIGURA 17 - Perfil 09 (P-09) - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico. a - trincheira aberta, aproximadamente 20 metros do Córrego do Coxo; b – visão do perfil.

Está mapeado na área em associação com CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico (Unidade de Mapeamento CXve) que será comentado mais adiante.

Os dados na TAB. 7 indicam para P-09, pH acima de 5 com baixa saturação por alumínio, argila de alta atividade e com 50% de saturação por bases no horizonte A e na primeira camada do horizonte C, sendo considerado de boa fertilidade natural. Este solo possui um horizonte A proeminente com significativo conteúdo de carbono orgânico (17,65 g/Kg), que é expressado pela coloração muito escura deste horizonte. Acrescenta-se a esta propriedade, o fato de ser moderadamente estruturado em blocos subangulares a granulares, com consistência friável e ligeiramente pegajosa, além de possuir uma textura franco-argilo-arenoso com 485 g/kg de areia e 228 g/kg de argila.

Há diferenças no teor de matéria orgânica, morfológicas e físicas significativas entre o horizonte superficial e as camadas estratificadas subjacentes a este. A camada representada por C1 possui grãos soltos, valor e croma mais altos e textura areia-franca com apenas 6 g/kg de argila e 789 g/kg de areia, o que de fato expressa a constituição do material de origem, isto é, os sedimentos aluviais arenosos.

5.2 Cambissolos

De acordo com Embrapa (2006), os Cambissolos são solos que possuem horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, desde que não satisfaçam requisitos de classificação para as classes de Vertissolos, Cherosolos, Plintossolos e Organossolos.

O conceito central é o estágio pouco avançado do desenvolvimento do solo, isto é, seus materiais constituintes não sofreram pronunciadas alterações físicas e químicas em comparação com solos maduros como os Latossolos (a argila de alta atividade e a alta relação silte/argila podem ser indícios do baixo estágio de intemperismo no solo), mas que apresentam, abaixo do horizonte A, um desenvolvimento da estrutura do solo, com cromas mais altos ou matizes mais vermelhos, cuja alteração do material de origem expressa a quase ausência da estrutura da rocha ou da estratificação dos sedimentos em comparação com horizontes subjacentes. Tais características numa faixa com espessura acima de 10 cm representam o horizonte B “câmbico” ou “incipiente” (Bi), fundamental para classificação dos Cambissolos (LEPSCH, 2002; EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA, 2008).

Devido a diferenças nas condições de formação, as características desses solos variam muito de um local para outro, esta classe inclui desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, com grande variedade de cores e de alta a baixa saturação por bases. A estrutura do Bi pode ser subangular, granular ou prismática,

havendo casos com estrutura em grãos simples ou maciça. Em síntese, os Cambissolos constituem um grupo bastante heterogêneo, podendo ocorrer em diversos ambientes.

Na ordem dos Cambissolos existem três classes no segundo nível categórico (Subordens), são os Húmicos (com horizonte A húmico), os Flúvicos (com caráter flúvico dentro de 120 cm a partir da superfície do solo, ocorrem em terraços fluviais), e os Háplicos (que não se enquadram nas categorias anteriores). Na Microbacia do Córrego do Coxo foram encontrados Cambissolos Háplicos e Húmicos, os quais serão comentados a seguir.

5.2.1 Cambissolo Háplico (CX)

CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Distróficos (CXvd) são os mais representativos desse tipo (Ordem) de solo na microbacia, estão distribuídos de norte a sul, numa faixa central entre o Grupo Jacobina e o Complexo Itapicuru, e no vale secundário concordante ao vale principal (longitudinal) no contexto geológico-geomorfológico da porção leste. Estão localizados no terço inferior das encostas, em superfície ondulada, forte ondulada e até mesmo montanhosa, notadamente sobre formas convexas. Algumas manchas isoladas deste tipo de solo são encontradas em superfícies planas no topo da serra, atreladas aos xistos do Complexo Itapicuru.

Na baixa encosta, onde esses solos são mais representativos, exibem perfis morfológicamente profundos a muito profundos, bem drenados a acentuadamente drenados, com estrutura moderada em blocos subangulares, com textura franco-arenosa no horizonte A e franco-argilo-arenosa no horizonte B. Tais características são importantes no incremento das taxas de infiltração e na redução do volume das enxurradas durante os eventos chuvosos.

Nas manchas representativas em pequenos trechos no topo da serra, apesar da estrutura ser semelhante à descrita acima, a textura difere significativamente (textura franco-argilosa), principalmente, em função da situação topográfica plana com altimetria elevada, no nível dos quartzitos no Complexo Itapicuru, recebendo reduzida influência de sedimentos quartzosos¹³ em comparação com os Cambissolos Háplicos da baixa encosta e fundo de vale, bastante influenciados por esses sedimentos, provenientes das altas e médias encostas.

¹³ É importante lembrar que as rochas quartzíticas tendem a formar sedimentos mais arenosos, enquanto os xistos tendem a formar materiais mais siltosos e argilosos.

Foram estudados no campo três perfis, que representaram duas variações para o 4º nível categórico nesse tipo de solo. Os perfis 04 e 10 (FIG. 18) foram classificados como CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico atrelados à litologia de andaluzita-xistos, e o perfil 07 como CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, associado à litologia de serpentinitos (FIG. 19).

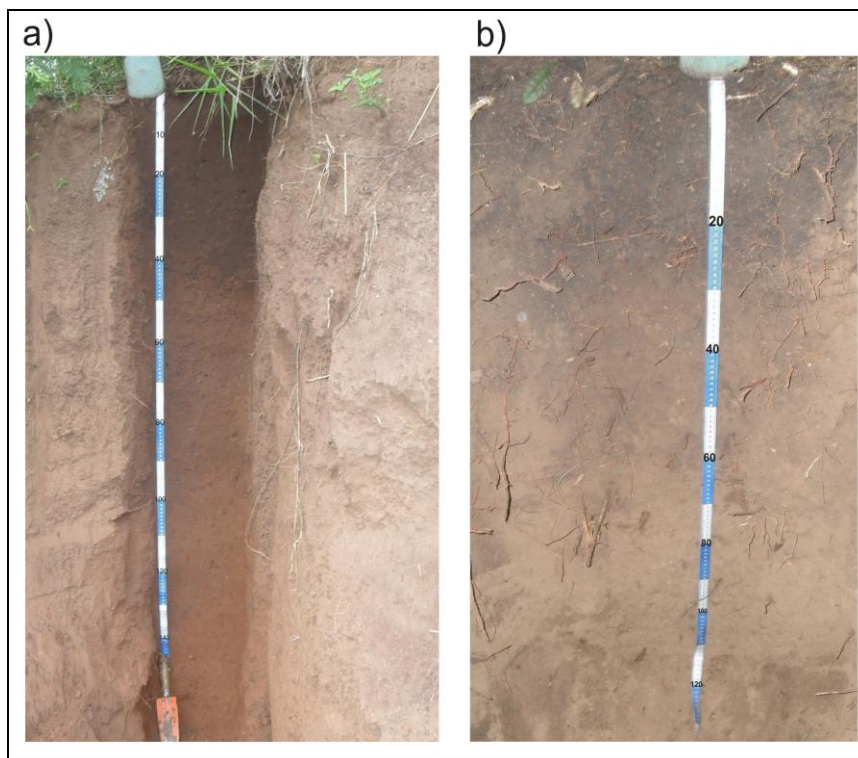


FIGURA 18 – Perfis de CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico, correspondente a Unidade de Mapeamento CXvd1. a) P - 04; b) P - 10.

No primeiro caso, o termo “úmbrico” é aplicado quando o horizonte A é proeminente, bastante escuro, com valor e croma iguais ou abaixo de 3, rico em matéria orgânica, o segundo, apesar de ser significativamente rico em matéria orgânica apresenta valor acima de 5 para a cor do solo quando seco (10 YR 6/1 - cinzento), que o caracteriza como horizonte A moderado, enquadrando-se como “típico” para o 4º nível categórico dos Cambissolos.

Estes solos têm como característica marcante a existência de argilas de alta atividade – Ta¹⁴, os valores encontrados na maior parte dos primeiros 100 cm de profundidade foram acima de 57 cmol_c/dm³ no horizonte A e 33 cmol_c/dm³ para horizonte

¹⁴ De acordo com Embrapa (2006) essa atividade da argila refere-se a um valor calculado pela expressão: CTC x 1.000/g.kg de argila. A atividade de fração de argila é considerada alta (Ta) quando o valor for igual ou superior a 27 cmol_c/dm³. Atividade da fração argila baixa (Tb) quando o valor for inferior a 27 cmol_c/dm³.

Bi1, com saturação por bases (Valor V) abaixo de 50%, constituindo solos distróficos, daí a denominação “Ta Distrófico” para o 3º nível categórico (TAB. 8).



FIGURA 19 - Perfil 07 (P-07) - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico - CXvd2.

Nos três perfis, há evidências para a caracterização de “horizontes B incipientes”, visto que, apesar das argilas serem mais representativas no horizonte B do que no horizonte A, o gradiente textural é baixo para caracterizar um horizonte B textural. Considera-se também que apesar de serem solos com horizonte B espesso, e no caso do solo analisado em P-07, ter uma baixa relação silte/argila (0,7 e 0,5 para B1 e B2, respectivamente) que poderiam aproximar-se das características de um B latossólico, por outro lado, não podem ser assim caracterizados, principalmente por causa da alta atividade da argila ($33,40 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ no B1)¹⁵ encontrada, demonstrando um baixo grau de intemperismo, além do que, também foi registrado nesses solos um baixo grau de floculação, que em síntese, mais o aproxima de um horizonte B incipiente.

¹⁵ De acordo com Embrapa (2006) para caracterização de um horizonte B latossólico tem-se como uma das exigências, que a atividade da argila seja menor que $17 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

TABELA 8

Análises granulométricas e químicas dos perfis 4 (P-04) e 10 (P-10) representativos da unidade de mapeamento CXvd1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico, e do perfil 7 (P-07) representativo da unidade CXvd2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico, na Microbacia do Córrego do Coxo – Jacobina/BA.

Id.	Hori- zonte.	Pro- fund. cm	Composição Granulométrica – TFSA ¹						ADA ²	G.F. ³	Relação Sil/Arg.	Textura
			A. Gr.	A.Md.	A.Fi.	A.Tot.	Silte	Argila				
			g/kg						%			
P-04	A	0 – 42	80,4	536,0	18,6	635,0	196,0	169,0	89,0	47,3	1,2	Franco-arenosa
	Bi1	- 85	62,0	515,9	19,8	597,7	186,3	216,0	122,0	43,5	0,9	Franco-argilo-arenosa
	Bi2	- 150 ⁺	79,2	538,9	21,3	639,4	166,6	194,0	119,0	38,7	0,9	Franco-arenosa
P-10	A	0 - 32	52,9	319,0	29,9	401,8	322,3	276,0	159,0	42,4	1,2	Franco-argilosa
	Bi1	- 80	52,7	307,6	32,2	392,4	318,6	289,0	171,0	40,8	1,1	Franco-argilosa
	Bi2	-115 ⁺	44,0	307,2	31,4	382,5	327,5	290,0	196,0	32,4	1,1	Franco-argilosa
P-07	A	0 - 38	43,9	656,8	23,4	724,1	136,0	140,0	85,0	39,3	1,0	Franco-arenosa
	Bi1	- 90	30,9	599,3	22,0	652,1	148,0	200,0	157,0	21,5	0,7	Franco-argilo-arenosa
	Bi2	- 150 ⁺	38,0	588,8	22,0	648,8	123,2	228,0	195,0	14,5	0,5	Franco-argilo-arenosa

Id.	Hori- Zonte	pH em água	Ca	Mg	K	Na	Valor S ⁴	Al	H	CTC ⁵	Valor V ⁶	M% ⁷	Mat. Org.	C Org.
P-04	A	5,1	3,10	1,60	0,38	0,04	5,12	0,20	6,40	11,72	44	4	2,3	13,32
	Bi1	4,8	1,00	1,10	0,08	0,04	2,22	1,60	8,19	12,01	18	42	1,4	8,40
	Bi2	4,7	0,50	1,10	0,05	0,03	1,68	1,00	3,62	6,30	27	37	0,7	3,78
P-10	A	4,9	0,50	0,60	0,05	0,06	1,21	2,90	11,62	15,73	8	71	5,0	29,17
	Bi1	5,0	0,10	0,20	0,03	0,04	0,37	2,60	7,08	10,05	4	88	2,4	13,75
	Bi2	4,9	0,10	0,10	0,02	0,03	0,25	2,20	5,72	8,17	3	90	1,8	10,20
P-07	A	5,5	2,60	1,50	0,21	0,05	4,36	0,20	4,64	9,20	47	4	2,6	15,13
	Bi1	5,3	0,70	1,00	0,07	0,07	1,84	0,70	4,14	6,68	28	28	1,3	7,68
	Bi2	5,0	0,40	0,40	0,06	0,02	0,88	1,20	3,53	5,61	16	58	0,8	4,80

1: A. Gr - Areia Grossa 2–0,50mm; A. Md - Areia Média 0,50–0,25mm; A. Fi - Total Areia Fina 0,25 -0,05 mm; A.Tot - Areia Total. **2:** Argila dispersa em água. **3:** Grau de floculação. **4:** Soma de bases. **5:** CTC - Capacidade de troca de cátions T=S+(Al+H). **6:** Saturação por bases V%=100xS/T. **7:** Saturação por alumínio m%=100xAl/(S+Al).

Foram encontrados também CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico – CXve, perfil 03 (FIG. 20) e CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico latossólico – Cxbe, perfil 11 (FIG. 21). O primeiro distribui-se por áreas de superfície plana e suave onduladas, localizadas no terço inferior das encostas, muito próximo ao vale fluvial, recobrando áreas de andaluzita-xistos com forte influência de materiais coluviais arenosos depositados; possui características morfológicas muito parecidas com os perfis descritos nos parágrafos anteriores (no mapa de solos, o CXve está associado com NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta

Eutróficos típicos). O Perfil 03 se caracteriza como um solo moderadamente drenado que apesar de ser franco-arenoso, possui horizonte A proeminente, significativamente espesso e bastante escuro (valor e croma baixos) devido ao alto teor de matéria orgânica.

Nos resultados das análises granulométricas de amostras do P-03 (TAB. 9) foram encontradas pequena variação no conteúdo de argila do horizonte A para o Bi1, também no horizonte Bi1 foi encontrada uma elevada relação silte/argila (valores acima de 2), o que, de fato, são características marcantes nos Cambissolos. Nas análises químicas foram encontrados pH compatíveis com solos moderadamente ácidos, com alta CTC, argila de atividade alta - Ta em todo o perfil ($77,14 \text{ cmol/dm}^3$ no horizonte Bi1, por exemplo), com saturação por bases acima de 50%, constituindo solos Eutróficos, de boa fertilidade natural, o que associado ao significativo conteúdo de carbono orgânico e relevo suave ondulado caracterizam solos com alta potencialidade agrícola e baixa a moderada susceptibilidade à erosão.



FIGURA 20 - Perfil 03 (P-03) - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico – CXve.

TABELA 9

Análises granulométricas e químicas do perfil 3 representativo da unidade de mapeamento CXve - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico, e do perfil 11 representativo da unidade CXbe - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico latossólico, na Microbacia do Córrego do Coxo.

Id.	Hori- zonte.	Pro- fund. cm	Composição Granulométrica – TFSA ¹						ADA ²	G.F. ³ %	Relação Sil/Arg.	Textura
			A. Gr.	A. Md.	A. Fi.	A. Tot.	Silte	Argila				
P-03	A	0 - 40	124,8	450,2	21,7	596,7	274,4	129,0	74,0	42,6	2,1	Franco-arenosa
	Bi1	- 70	84,3	447,4	23,2	554,9	319,2	126,0	96,0	23,8	2,5	Franco-arenosa
	Bi2	- 110 ⁺	130,6	500,4	25,6	656,6	237,4	106,0	88,0	17,0	2,2	Franco-arenosa
P-11	A	0 – 30	40,5	370,7	13,8	425,0	223,0	352,0	204,0	42,0	0,6	Franco-argilosa
	Bi1	- 70	55,1	352,1	13,4	420,6	229,4	350,0	229,0	34,6	0,7	Franco-argilosa
	Bi2	- 138 ⁺	32,5	259,5	11,1	303,1	198,9	498,0	327,0	34,3	0,4	Argila

Id.	Hori- Zonte	pH em água	Ca	Mg	K	Na	Valor S ⁴	Al	H	CTC ⁵	Valor V ⁶	m% ⁷	Mat. Org.	C Org. g/kg
P-03	A	5,3	4,80	2,00	0,07	0,06	6,93	0,10	5,62	12,65	55	1	2,9	16,87
	Bi1	5,6	3,90	2,10	0,03	0,06	6,09	0,00	3,63	9,72	63	0	1,5	8,76
	Bi2	5,8	2,10	2,20	0,02	0,20	4,52	0,00	1,98	6,50	70	0	0,7	4,26
P-11	A	5,2	2,70	1,40	0,12	0,04	4,26	0,20	5,08	9,54	45	4	2,5	14,29
	Bi1	5,5	3,50	2,00	0,05	0,03	5,58	0,10	3,20	8,88	63	2	1,7	10,15
	Bi2	5,2	2,30	2,10	0,05	0,05	4,50	0,20	2,55	7,25	62	4	1,1	6,36

1: A. Gr - Areia Grossa 2–0,50mm; A. Md - Areia Média 0,50–0,25mm; A. Fi - Total Areia Fina 0,25 -0,05 mm; A.Tot - Areia Total. **2:** Argila dispersa em água. **3:** Grau de flocculação. **4:** Soma de bases. **5:** CTC - Capacidade de troca de cátions T=S+(Al+H). **6:** Saturação por bases V%=100xS/T. **7:** Saturação por alumínio m%=100xAl/(S+Al).

O CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico latossólico (CXbe) com horizonte A moderado (perfil 11 - FIG. 21), ocupa áreas de substrato andaluzita-xistos do Complexo Itapicuru, distribuídas sobre as altas encostas em declividades superiores a 20%. É um solo que possui características morfológicas bem distintas dos outros Cambissolos da área, sendo profundo e bem drenado, com estrutura forte em blocos subangulares e com consistência extremamente dura quando seco e firme quando úmido.

O solo CXbe tem um bom desenvolvimento de cor (5 YR 4/6, vermelho-amarelo no sub-horizonte Bi1), possui textura franco-argilosa nos horizontes A e Bi1 e textura argila no Bi2, tem o maior teor de argila entre os perfis estudados na microbacia, detêm a menor relação silte/argila entre os estudados, e a atividade da argila é também a menor (25,37 no Bi1 e 14,56 cmol_c/dm³ no Bi2), mas acima de 17 cmol_c/dm³, que é o máximo exigido para a classificação de um horizonte B latossólico. Tais características evidenciam o solo com maior estágio de desenvolvimento em comparação com todos os outros analisados.



FIGURA 21 - Perfil 11 (P-11) - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico latossólico - CXbe.

Este solo possui 45% de saturação por bases no horizonte A, o que coloca este horizonte como distrófico, mas para distinção entre as classes de solos é considerada a saturação por bases dos primeiros 100 cm do horizonte B, que está acima de 60% nos sub-horizontes Bi1 e Bi2, sendo considerado como eutrófico. Em síntese, trata-se de um Cambissolo com argila de baixa atividade com horizonte B eutrófico e com características morfológicas similares a um B latossólico.

5.2.2 Cambissolo Húmico (CH)

São solos com horizonte B incipiente e que se diferenciam dos outros Cambissolos principalmente pela existência do horizonte A húmico¹⁶. Foi mapeado na área o CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico – CHd (perfis 12 e 17 - FIG. 22). Esse solo foi resultante do intemperismo de filitos, e está localizado em altitudes superiores a 610 metros no alto da microbacia, no terço inferior das encostas e com grande variação na declividade, desde superfícies onduladas (P-12) a forte onduladas (P-17). Para esses solos, a vegetação primária é a floresta estacional semidecidual.

¹⁶ “É um horizonte mineral superficial, com valor e croma (cor do solo úmido) igual ou inferior a 4 e saturação por bases (V%) inferior a 65%, apresentado espessura e conteúdo de carbono orgânico (C-org) dentro de limites específicos...” (Embrapa, 2006, p. 47).

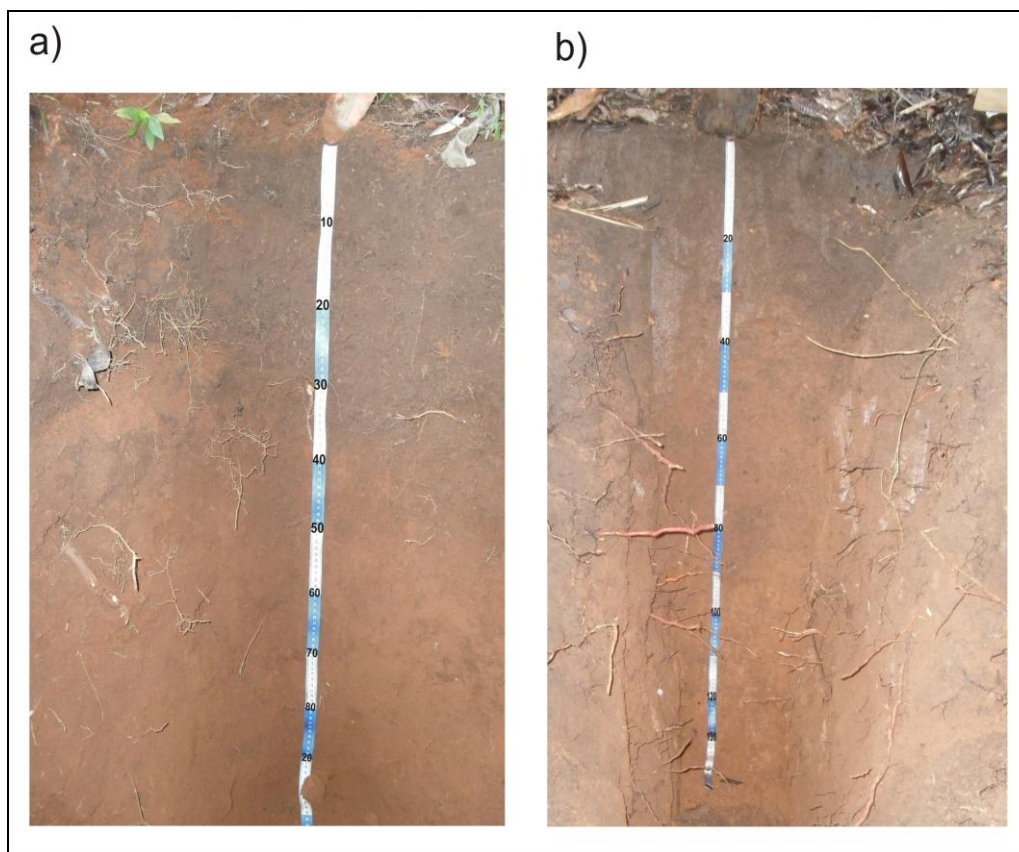


FIGURA 22 – Perfis de CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico-CHd. a) Perfil 12; b) Perfil 17.

Nos dois perfis analisados (TAB. 10), o horizonte A é significativamente espesso, com 35 cm no P-12 e 32 cm no P-17, e muito rico em carbono orgânico, com valores de 32,65 e 33,25 g/kg respectivamente, apresentando cores com valor e croma inferiores a 4. Além de ser o Cambissolo mais rico em matéria orgânica, apresenta alta saturação por alumínio no horizonte Bi, sendo fortemente ácido, com pH igual ou inferior a 5 em todas as amostras analisadas ao longo dos perfis, além de possuir baixíssimos valores de soma de bases e de saturação por bases (principalmente nos horizontes Bi).

TABELA 10

Análises granulométricas e químicas dos perfis 12 (P-12) e 17 (P-17) representativos da unidade de mapeamento CHd - CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico, na Microbacia do Córrego do Coxo – Jacobina/BA.

Id.	Hori- zonte.	Pro- fund. cm	Composição Granulométrica – TFSA ¹						ADA ²	G.F. ³ %	Relação Sil/Arg.	Textura
			A. Gr.	A.Md	A.Fi	A.Tot. g/kg	Silte	Argila				
	A	0 - 35	17,4	424,2	24,3	465,8	299,2	235,0	112,0	52,3	1,3	Franca
P-12	Bi1	- 75	9,8	373,0	32,0	414,8	308,2	277,0	125,0	54,9	1,1	Franco- argilosa
	Bi2	- 100 ⁺	8,6	307,9	24,0	340,5	354,5	305,0	173,0	43,3	1,2	Franco- argilosa

	A	0 - 32	15,7	248,4	32,6	296,7	370,4	333,0	185,0	44,4	1,1		Franco-argilosa
P-17	Bi1	- 90	15,0	242,9	27,6	285,4	345,6	369,0	255,0	30,9	0,9		Franco-argilosa
	Bi2	- 133 ⁺	10,0	200,4	38,7	249,0	296,1	453,0	370,0	18,3	0,7		Argila

Id.	Hori-Zonte	pH em água	Ca	Mg	K	Na	Valor S ⁴	Al	H	CTC ⁵	Valor V ⁶	m% ⁷	Mat. Org.	C Org.	
			-----				cmol _c /dm ³	-----				-----	%	-----	g/kg
	A	4,9	1,40	0,90	0,41	0,07	2,78	1,80	13,60	18,18	15	39	5,6	32,65	
P-12	Bi1	5,0	0,10	0,10	0,04	0,03	0,27	1,30	8,38	9,95	3	83	3,5	20,41	
	Bi2	5,0	0,20	0,20	0,02	0,04	0,46	1,00	6,70	8,16	6	68	2,8	16,03	

P-17	A	4,4	0,50	0,30	0,16	0,06	1,02	3,20	12,42	16,64	6	76	5,7	33,25
	Bi1	4,6	0,20	0,30	0,07	0,06	0,63	2,30	6,61	9,54	7	78	2,7	15,73
	Bi2	4,8	0,20	0,10	0,29	0,07	0,66	2,20	2,97	5,83	11	77	1,0	6,00

1: A. Gr - Areia Grossa 2–0,50mm; A. Md - Areia Média 0,50–0,25mm; A. Fi - Total Areia Fina 0,25 -0,05 mm; A.Tot - Areia Total. **2:** Argila dispersa em água. **3:** Grau de floculação. **4:** Soma de bases. **5:** CTC - Capacidade de troca de cátions T=S+(Al+H). **6:** Saturação por bases V%=100xS/T. **7:** Saturação por alumínio m%=100xAl/(S+Al).

Do ponto de vista granulométrico e estrutural, o P-17, representa um perfil bem drenado, com textura predominantemente franco-argilosa e estrutura forte e granular no horizonte A, forte e em blocos subangulares no Horizonte Bi. Já P-12, localizado próximo ao vale fluvial e em menor declividade que o anterior, possui um horizonte A com textura franca, solo moderadamente drenado, com mesma característica estrutural no horizonte A, mas com menor grau de desenvolvimento das estruturas (estrutura moderada) em blocos subangulares no horizonte Bi.

De forma geral, Neossolos e Cambissolos são considerados solos jovens, pouco intemperizados, comuns em áreas montanhosas como na microbacia em estudo. A influência do relevo é marcante, tanto nos solos da alta encosta refletido na reduzida profundidade dos solos, como nos solos da baixa encosta, refletido na presença de materiais coluviais grosseiros (provenientes do intemperismo e erosão de quartzitos – cascalho, seixos e alto teor de areia nas análises granulométricas) em meio a solos cuja litologia subjacente é representada por xistos ou serpentinitos ou filitos, que apresentam com tendência para formação de materiais siltosos e argilosos. Na microbacia, há uma forte atuação da morfogênese e uma fraca atuação da pedogênese, o que de fato, é coerente com áreas recobertas por solos imaturos e em estágio intermediário de evolução.

6. VULNERABILIDADE À EROSÃO EM COMPARTIMENTOS MORFOPEDOLÓGICOS NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO COXO.

6.1 A distribuição dos litotipos na microbacia: base para o entendimento dos compartimentos morfopedológicos.

Uma abordagem a partir da litologia e morfologia atual ajuda a compreender os conjuntos de compartimentos morfopedológicos distribuídos pela microbacia estudada. A comparação realizada entre o mapa Litológico extraído do Projeto Serra de Jacobina de Couto *et al.* (1978) (FIG. 23) e o mapa de Unidades de Relevô (FIG. 24) gerados pela fotointerpretação confirmam que as características estruturais e litológicas determinaram fortemente a morfologia do relevô no que diz respeito aos vales, topos e as fortes declividades das encostas (FIG. 25) verificadas na microbacia.

- Os ortoquartzitos e quartzitos correspondentes às formas residuais.

Os ortoquartzitos puros da Formação Rio do Ouro dominam 32,5% da área e são as rochas mais estáveis diante dos processos físicos e químicos responsáveis pelo intemperismo, seguidas pelos quartzitos finos a conglomeráticos do Complexo Itapicuru presentes em 23% da microbacia. Os ortoquartzitos apresentam-se, segundo Couto *et al.* (1978), bastante puros (mostram grãos de quartzo límpidos e brilhantes, variando de subarredondados a subangulares), em cores branco-acinzentados e esverdeados, granulações finas a médias, bem recristalizados e endurecidos. Já os quartzitos do Complexo Itapicuru são em geral brancos, em alguns pontos esverdeados, sendo predominantemente finos e micáceos com lentes localizadas de metaconglomerados.

São, em geral, rochas fortemente ácidas, muito ricas em quartzo, este, que é um tectossilicato, como já comentado no capítulo 2, constitui o grupo de silicato mais estável diante das alterações intempéricas, principalmente quando formado por apenas silício e oxigênio (com forte energia de ligação) como é o caso dos quartzos.

Essa resistência geoquímica dos ortoquartzitos e quartzitos são visíveis em toda paisagem da Serra de Jacobina e particularmente na Microbacia do Córrego do Coxo, sobre essas litologias estão as mais altas cotas altimétricas, e os elevados graus de inclinação das superfícies escarpadas e montanhosas da unidade de relevô 1 e grande parte da unidade de relevô 2, correspondentes aos topos de serra e altas encostas, respectivamente. Essas

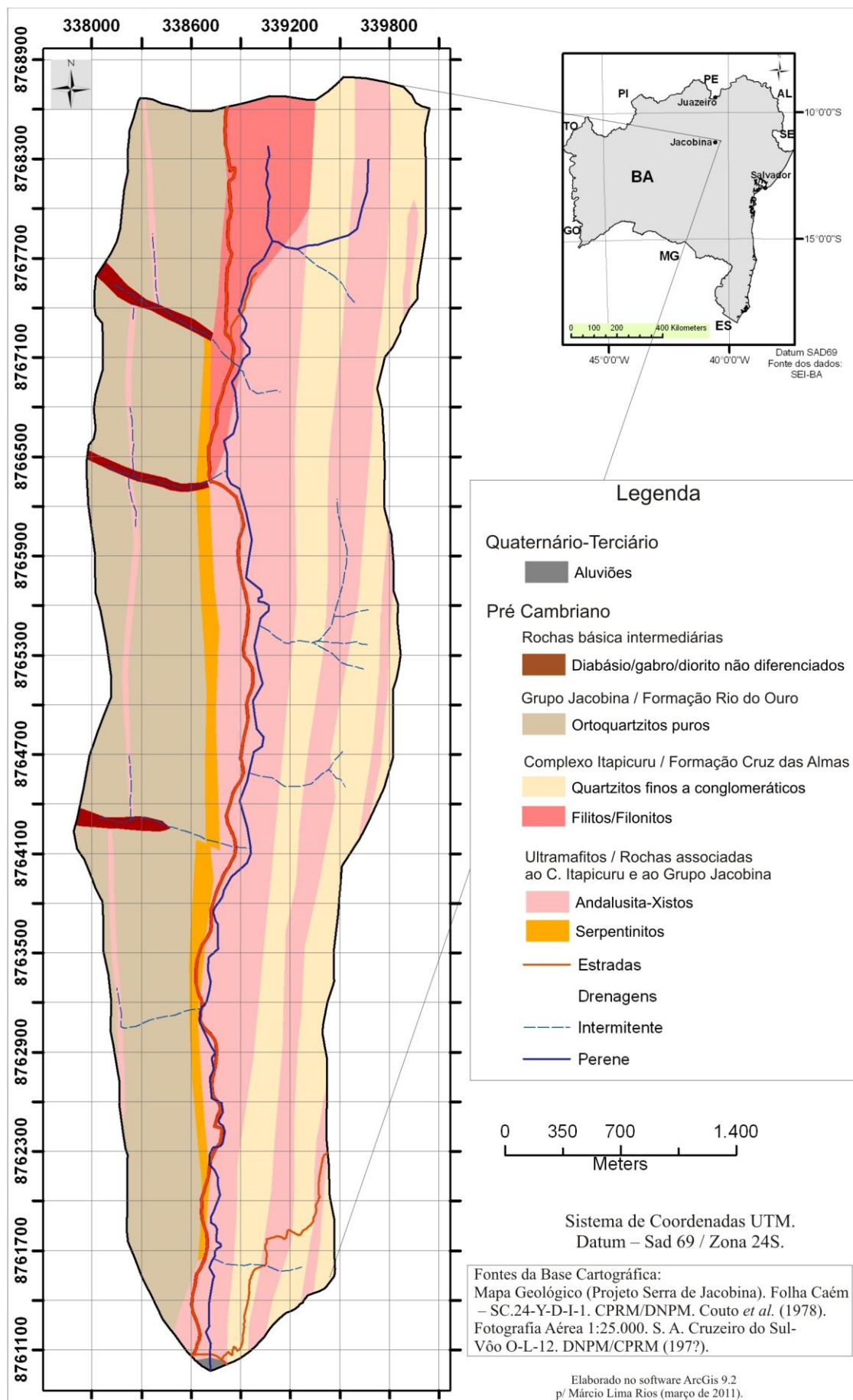


FIGURA 23 - Mapa Litológico da Microbacia do Córrego do Coxo.

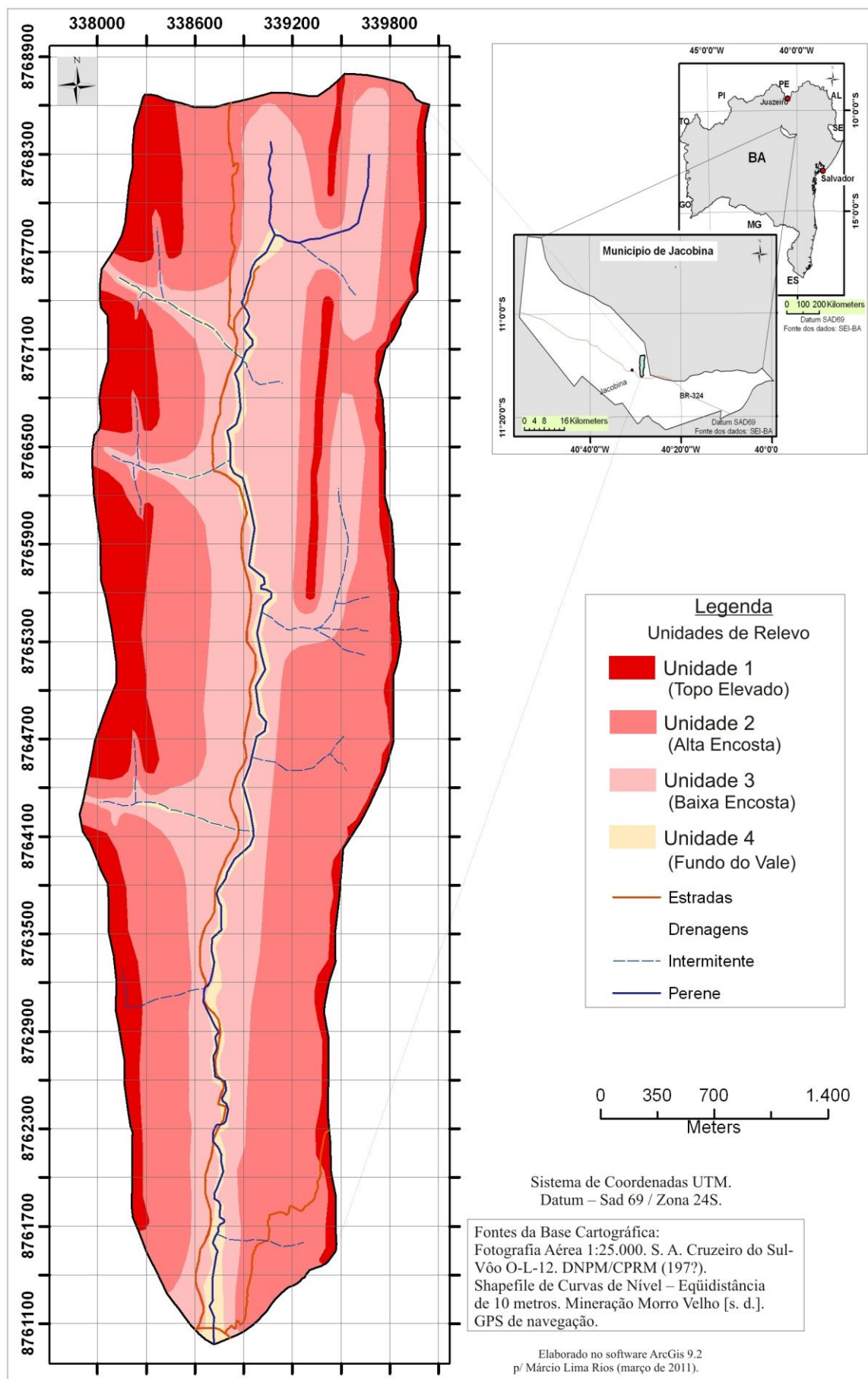


FIGURA 24 – Mapa de Unidades de Relevô da Microbacia do Córrego do Coxo.

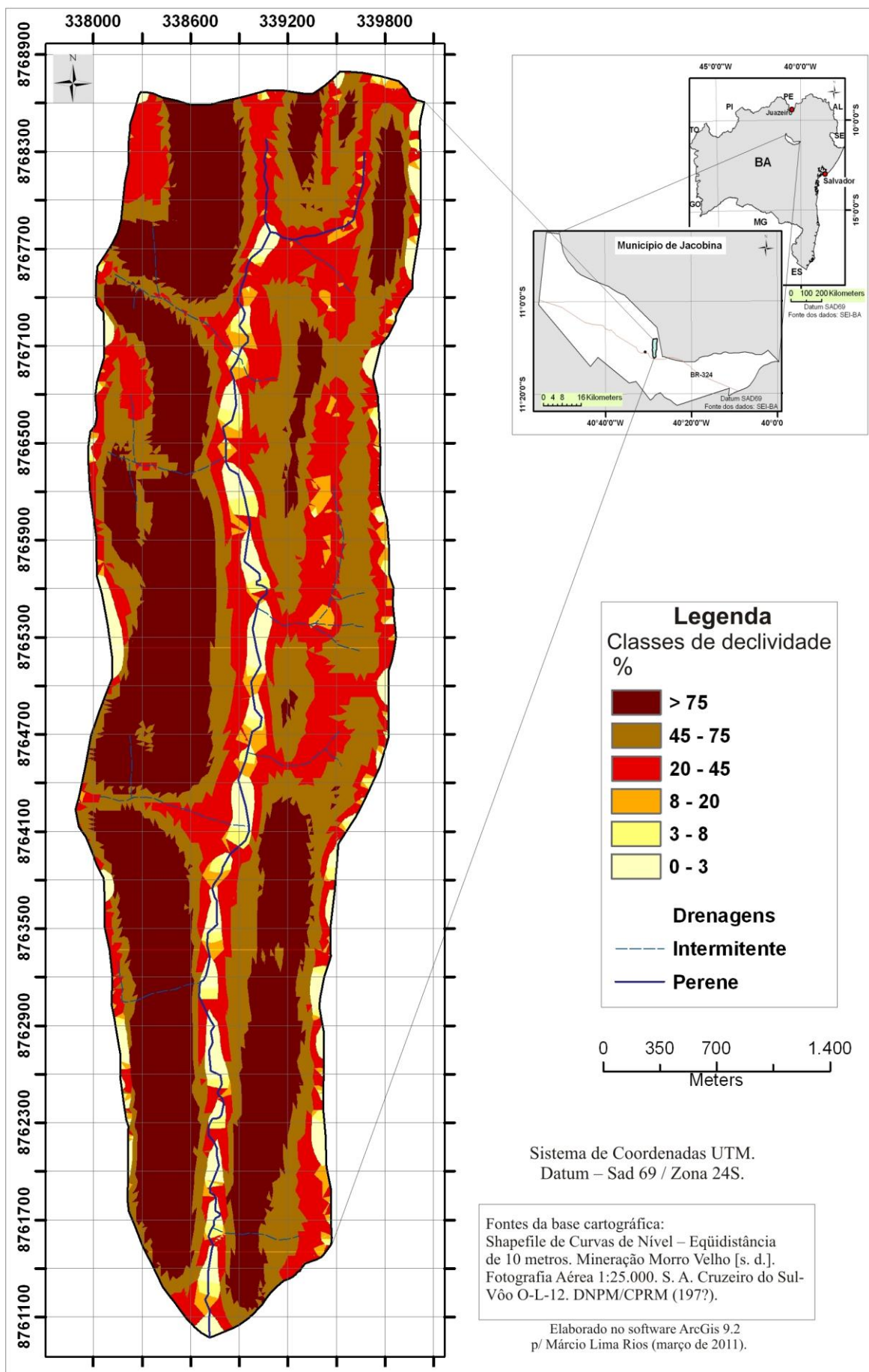


FIGURA 25 – Mapa de Classes de Declividade da Microbacia do Córrego do Coxo.

formações correspondem a feições residuais, resultantes de intensos processos denudacionais que atuam na área, segundo Couto *et al.* (1978), desde o Pré-Cambriano Médio a Inferior. As fortes declividades são fundamentalmente derivadas das grandes diferenças na intensidade de dissecação que existe entre os quartzitos e ortoquartzitos e as demais litologias da microbacia.

- Xistos, filitos/filonitos e serpentinitos, formadores dos vales longitudinais e suspensos.

Andaluzita-xistos e/ou cianita-xistos correspondem a 34% da área de estudo e ocorrem como estreitas faixas longitudinais encaixadas entre as rochas quartzíticas da Formação Rio do Ouro e do Complexo Itapicuru. No primeiro caso, ocorrem em forma de faixas inferiores a 50 metros de largura, configurando vales suspensos nos topos das cristas da serra, facilmente visíveis em fotografias aéreas e imagens de satélite. Segundo Leo *et al.* (1964), esses xistos são de quartzo-mica-andaluzita.

Os xistos do Complexo Itapicuru, de acordo com Couto *et al.* (1978), são ricos em andaluzita/cianita associadas e são sempre definidos como tectonitos, isto é, sofreram intenso fraturamento em função da ação tectônica, e encurvamento de porfiroblastos¹⁷. Estes, estando rotacionados, indicam movimentos direcionais nos planos de foliação, resultando num xisto milonítico, representados em faixas longitudinais mais largas, atingindo até cerca de 500 metros de largura. Para Leo *et al.* (1964), esta faixa representa parte da chamada formação Cruz das Almas e são xistos metapelíticos, formados por rochas de granulação fina e escuras com xistosidade distinta, com agrupamentos minerais do tipo quartzo-biotita, quartzo-biotita-andaluzita, quartzo-biotita-andaluzita-estaurolita.

Devido às características mineralógicas com forte influência de filossilicatos (biotita) e nesossilicatos (andaluzita/cianita e estaurolita), dois grupos de silicatos com estruturas moleculares que oferecem baixa resistência aos processos intempéricos, esses minerais também detêm forte presença de Fe e Mg (biotita e estaurolita), que formam ligações químicas mais fáceis de serem alteradas, o que compromete a estrutura do mineral, e conseqüentemente desestabiliza a estrutura da rocha e acelera sua decomposição. As características estruturais desses xistos com intenso fraturamento é também um fator que acelera o intemperismo.

¹⁷ Porfiroblasto – quando uma espécie de mineral pode se destacar no tamanho por pelo menos uma ordem de grandeza em uma rocha metamórfica (Ruberti; Szabó e Machado, 2000).

Os filitos/filonitos ocupam 6% da microbacia estando localizados na porção norte da microbacia. Os filitos correspondem a rochas metamórficas intermediárias de granulação fina e antecedem os xistos na evolução metamórfica de pelitos. Segundo Guerra e Guerra (1997) os filitos, de forma geral, na sua composição mineralógica, possuem silicato de alumínio, um pouco de quartzo e dificilmente feldspato. Os filonitos são rochas que se assemelham mineralógica e estruturalmente ao filito, mas são originados em zonas de falhas e a partir do metamorfismo dinâmico. Ernst (1971) afirma que os filonitos são rochas cataclásticas com feições imprimidas por recristalização.

Os filitos/filonitos encontrados no Vale do Coxo são rochas metassiltíticas e argilosas não diferenciadas em geral vermelhas ferruginosas, facilmente decompostas, exibindo foliação proeminente com mergulhos fortes, quase sempre para o leste. Têm composição geral sericita-quartzo-clorítica (COUTO *et al.*, 1978).

Do ponto de vista geoquímico, tem comportamento semelhante aos xistos diante dos processos intempéricos, pois apesar de conter quartzo, possui forte presença de filossilicatos (sericita – rico em K e Al; e clorita – rico em Fe, Al e Mg) que, como comentado anteriormente, possuem baixa resistência ao intemperismo. Do ponto de vista estrutural, também é extremamente fraturado.

Os serpentinitos correspondem a apenas 3,3% da área, de acordo com Couto *et al.* (1978) são rochas ultramáficas de cores verde escura e verde acinzentada, chegando a amarronzada quando intemperizadas. Apresentam granulação sempre fina, quase afanítica, sendo untosas ao tato, geralmente foliadas/xistificadas e de fácil decomposição. Para os mesmos autores, correspondem a intrusões ao longo de falhamentos regionais longitudinais à serra, com composição básica/ultrabásica e julga-se corresponder a peridotitos e piroxenitos originais, com proporções elevadas de olivinas e piroxênio-augítico, cujas presenças são indicadas pela grande quantidade de serpentina, talco e tremolita nas rochas recristalizadas.

Esses minerais também são de fácil alteração diante dos processos intempéricos, são filossilicatos de magnésio (serpentina e talco) e inossilicatos com presença de Ca e Mg (tremolita) geoquimicamente compondo frágeis ligações na estrutura mineralógica e rápida alteração química.

Observando o mapa de unidades de relevo (FIG. 24), verifica-se que os fundos de vale e as baixas encostas têm como litologia os xistos, filitos e serpentinitos, que por erosão diferencial foram rebaixados em relação aos quartzitos das formas residuais. Essas

litologia também são formadoras dos solos mais profundos, com textura mais fina e com os maiores valores de soma de bases (Valor S) encontrados nos solos da microbacia.

- Rochas intrusivas básicas a intermediárias dos vales transversais.

São rochas ígneas que representam apenas 1,2% da área de estudo, ocupando espaços abertos por falhamentos, e dispostas em forma de diques, cruzando as estruturas quartzíticas (vales transversais). Lembrando que um dos parâmetros para a caracterização composicional das rochas ígneas é o teor de sílica, nas rochas básicas os teores reduzidos de sílica implicam no aumento do teor dos demais componentes, principalmente Mg, Fe e Ca. Couto *et al.* (1978) afirmam que os diques formados na microbacia do Coxo constituem rochas com teor de sílica entre 66 e 45%. Os autores esclarecem que são rochas escuras, maciças, com granulação variável, fina a grosseira, mostrando foliação paralela à direção das fraturas, tratando-se de rochas ígneas de composição diabásio-gabróica a diorítica.

Esses vales transversais são estreitos e direcionados no sentido W-E, formados pelo rebaixamento dos diabásios, gabros e dioritos não diferenciados (três rochas com reduzido teor de sílica, principalmente as duas primeiras), que como observado anteriormente, possuem maior velocidade da alteração geoquímica e física em relação aos ortoquartzitos.

- Depósitos de Sedimentos Quaternários - Aluviões

Os depósitos de aluviões, segundo Couto *et al.* (1978), são produtos do ciclo erosivo de Paraguaçu, descritos por King em 1956. São compostos de areias, cascalhos e argilas siltosas em um fundo de vale morfológicamente mais aberto. Na microbacia estão localizados na confluência do Córrego do Coxo com o Rio Itapicuru-Mirim e representam apenas 0,1% do total da área.

6.2 O Modelo de Vulnerabilidade à Erosão da Microbacia.

Os compartimentos morfopedológicos são unidades de paisagem delimitadas espacialmente e apesar do termo chamar a atenção para as características da litologia, morfologia e pedologia, compreende essencialmente a integração desses fatores ambientais e mais a cobertura do terreno, representada pela vegetação e pelo uso do solo.

Neste trabalho, os compartimentos morfopedológicos estabelecidos para a Microbacia do Córrego do Coxo estão sendo apresentados de acordo à vulnerabilidade ao desencadeamento de processos erosivos. Foram considerados diferentes graus de risco para a ocorrência da erosão, diante da integração, através de álgebra de mapas no ambiente SIG, de quatro temas ambientais (Litologia, Declividade, Uso do Solo/Cobertura Vegetal e Solos) considerados importantes na compreensão da vulnerabilidade desse fenômeno em escala semidetalhada (1:25 000).

Do ponto de vista litológico, considerou-se a estabilidade/instabilidade das rochas (rochas metamórficas em mais de 95% da área em estudo) diante dos processos intempéricos, observados a partir da estrutura e principalmente da composição mineralógica dessas rochas. Os valores (ou notas) atribuídos aos tipos de rochas, para confecção do modelo de vulnerabilidade à erosão, foram apresentados na metodologia deste trabalho. Na microbacia predominam litologias com alta resistência ao intemperismo, aproximadamente 55% da área detêm quartzitos a conglomeráticos (nota 1,2) e ortoquartzitos (nota 1,0), o que, de fato, contribui para reduzir a produção de materiais fragmentados passíveis de movimento, produzindo conseqüentemente menor vulnerabilidade à erosão diante do modelo elaborado neste trabalho. Já os serpentinitos (nota 2,5), xistos (2,0), filitos/filonitos (2,1) e as rochas básicas a intermediárias (2,5) que correspondem a aproximadamente 45% da área, possuem baixa resistência ao intemperismo, contribuindo para aumentar a instabilidade, ou melhor, a vulnerabilidade à erosão. Especificamente no caso dos aluviões (nota 3,0), considerou-se a coesão do material (material solto com altíssima instabilidade e/ou susceptibilidade à erosão).

Do ponto de vista morfológico, a declividade foi considerada como o fator mais importante para determinação da vulnerabilidade à erosão realizada na escala adotada por este trabalho, para tanto foram adotadas como parâmetro as classes de declividade proposta pela Embrapa (1979). A TAB. 11 exhibe as seis classes, sua distribuição espacial relativa na microbacia e sua tendência à vulnerabilidade de acordo Crepani *et al.* (2001; 2008).

TABELA 11

Distribuição espacial das classes de declividades na Microbacia do Córrego do Coxo.

Classes de Declividade (EMBRAPA, 1979).	Descrição do relevo predominante	Distribuição relativa na microbacia.	Vulnerabilidade segundo Crepani <i>et al.</i> (2001).
0 – 3 %	Plano	5,2%	Muito baixa (1,0)
3 – 8 %	Suave ondulado	1,8%	Baixa (1,5)
8 – 20 %	Ondulado	2,5%	Média (2,0)
20 – 45 %	Forte ondulado	23,6%	Alta (2,5)
45 – 75 %	Montanhoso	29,2%	Muito alta (3,0)
> 75 %	Escarpado	37,7%	Muito alta (3,0)

Observa-se na TAB. 11, que praticamente 90% da área está distribuída sobre relevo forte ondulado, montanhoso e escarpado (FIG. 25), na qual a declividade é capaz de potencializar significativamente o escoamento superficial e desencadear fortes processos erosivos. Nessa perspectiva, de acordo com o fator declividade, trata-se de uma microbacia com tendência de alta a muito alta vulnerabilidade à erosão.

A participação da cobertura vegetal no modelo de vulnerabilidade à erosão está diretamente ligada a sua capacidade de proteção da superfície morfopedológica, para tanto a densidade de cobertura passa a ser o parâmetro usado. Os usos do solo são avaliados diante da capacidade de reduzir a proteção do terreno e acelerar os processos erosivos. Os valores, baseados em Crepani *et al.* (2001; 2008), foram apresentados na metodologia deste trabalho.

No mapa de cobertura vegetal e usos do solo (FIG. 26), a microbacia apresenta um quadro em que apenas 20% de sua área encontra-se dentro de polígonos de forte intervenção antrópica, com usos associados principalmente a uma agropecuária tradicional de subsistência em pequenas propriedades, com cultivos anuais mesclados com pastagens. A ocupação é feita principalmente a partir de reduzidas lavouras de feijão, milho, mandioca e pastagens para criação de pequenos rebanhos bovinos. Essas atividades são realizadas nas baixas encostas, próximas ao talvegue do córrego principal, onde as condições de relevo e solo permitem melhor a produção.

A mineração encontra-se atualmente desativada, mas deixou marcas visíveis na paisagem da microbacia, são áreas de extração de areia, extração de ametista e garimpo de ouro, todos associados aos ortoquartzitos da Formação Rio do Ouro.

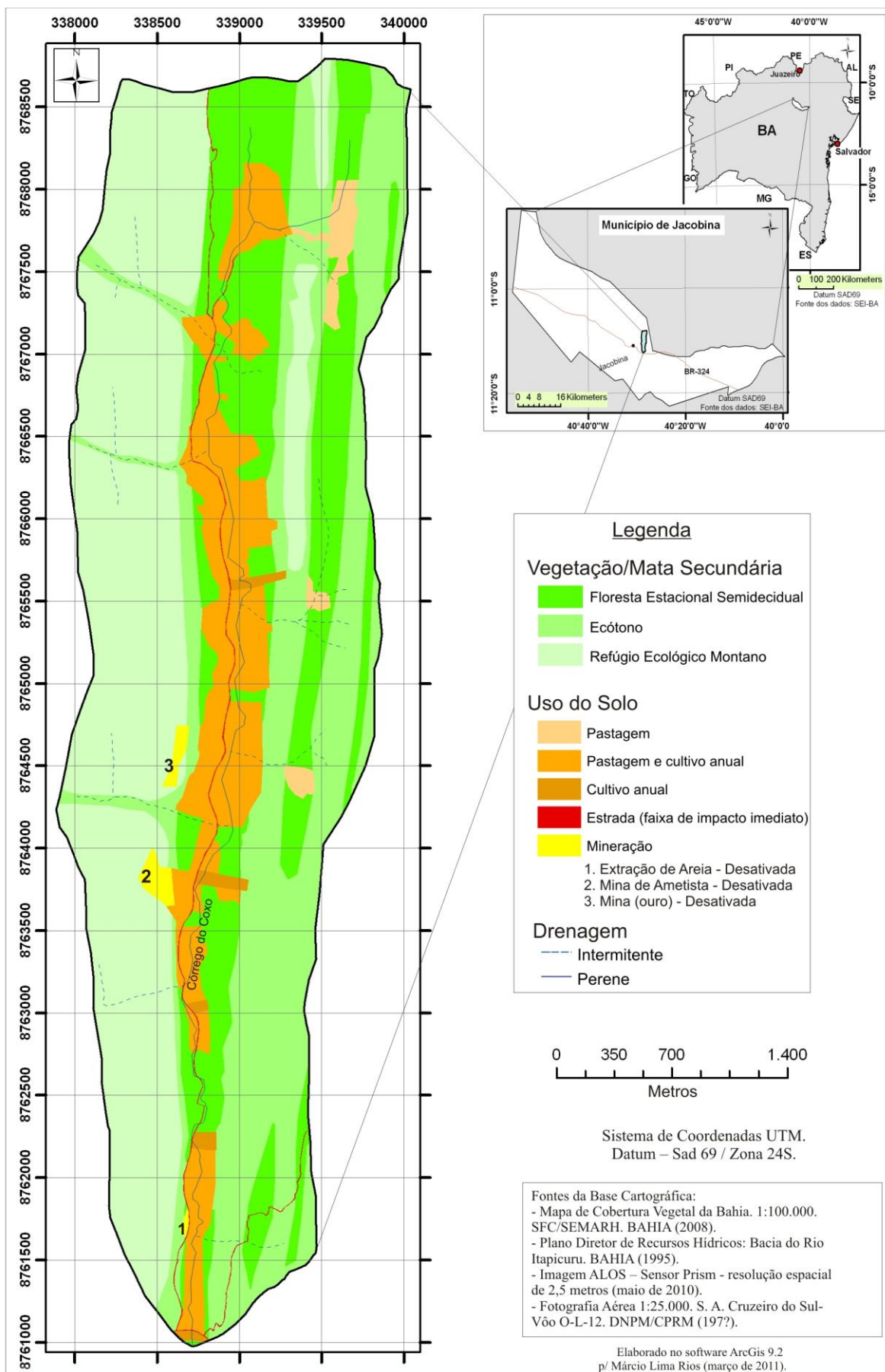


FIGURA 26 - Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo da Microbacia do Córrego do Coxo.

No modelo de vulnerabilidade a erosão proposto, a mineração, os cultivos anuais e as estradas vicinais são geradores de grande instabilidade, pois expõem os solos à ação das chuvas e/ou movimentam grande volume de material, ocasionando alterações bruscas nos solos e relevo, por isso recebendo notas próximas de 3,0. A pastagem é mais eficiente na cobertura do terreno e provoca menor exposição do solo aos mecanismos causadores da erosão, por isso recebeu valor 2,5 de acordo com a escala de vulnerabilidade proposta por Crepani *et al.* (2001; 2008). A classe de uso mais comum é a pastagem com inclusões de pequenos cultivos anuais em diversos pontos da propriedade (essa mescla de agricultura e pecuária é característica marcante na economia das famílias residentes na microbacia). Para essa classe de uso foi estabelecida a nota 2,8, isto é, valor aproximado da média entre pastagem e cultivo anual.

Aproximadamente 80% da área está coberta por mata nativa e/ou mata secundária em avançado estágio de desenvolvimento. A vegetação natural, segundo informações de BAHIA (1995), é constituída por floresta estacional semidecidual com média a alta densidade de cobertura (adquirindo valor 1,7) por refúgio ecológico montano com baixa densidade de cobertura (adquirindo valor 2,3) e por ecótono de floresta estacional/caatinga arbórea/refúgio ecológico montano com densidade de cobertura intermediária, recebendo um valor médio de acordo com as três formações vegetais representadas no ecótono (2,0), sendo seus valores apresentados por Crepani *et al.* (2001; 2008).

O mapa da FIG. 26 mostra que, apesar da ocupação antrópica ser baixa em relação à área total, está concentrada nas baixas encostas e fundo de vale, nas proximidades do Córrego do Coxo, ocupação está, que aumenta os riscos de erosão nas margens do canal fluvial e de assoreamento do córrego, além de colocar em risco o equilíbrio do regime hídrico e a qualidade da água.

Em relação aos solos algumas informações produzidas e apresentadas no capítulo 5 serviram de base para estabelecer os valores considerados no modelo de vulnerabilidade à erosão. Foram consideradas importantes a profundidade, a textura, o teor de matéria orgânica e a estrutura, de cada classe de solo mapeada (TAB. 12).

TABELA 12

Classes de solos mapeadas na Microbacia do Córrego do Coxo e os parâmetros considerados na atribuição das notas/valores de vulnerabilidade à erosão.

Classe de Solo	Profundidade	Textura	M. O. Horz. A	Estrutura
CXvd2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico. (Perfil 7)	Profundo a muito profundo	Franco-arenosa e franco-argilo arenosa	2,61%	Moderada/ granular e blocos subangulares
CXvd1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico. (Perfil 4)	Profundo a muito profundo	Franco-arenosa e franco-argilo arenosa	2,30%	Moderada/ blocos subangulares
CXve - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico. (Perfil 3)	Profundo a muito profundo	Franco-arenosa	2,91%	Moderada/ blocos subangulares
CXbe - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico latossólico. (Perfil 11)	Profundo a muito profundo	Franco-argilosa	2,46%	Forte/ blocos subangulares
CHd - CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico. (Perfil 17)	Profundo a muito profundo	Franco-argilosa	5,73%	Forte/ granular e Forte / blocos subangulares
RYq - NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico típico. (Perfil 8)	Profundo a muito profundo	Areia	1,01%	Sem unidades estruturais
RYve - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico. (Perfil 9)	Profundo a muito profundo	Franco-argilo-arenosa	3,04%	Moderada / granular no Horiz. A
RLd - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário. (Perfil 15)	Raso	Areia	2,71%	Sem unidades estruturais
RLdh - NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário. (Perfil 14)	Raso	Franco-argilo-arenosa	5,09%	Moderada e forte / granular e subangular
RQo2 - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico húmico. (Perfil 5)	Profundo a muito profundo	Areia franca	3,27%	Fraca/granular
RQo1 - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico. (Perfil 2)	Profundo a muito profundo	Areia	0,84%	Sem unidades estruturais.

A análise conjunta dessas informações foi realizada a partir da seguinte ordem interpretativa: A – condição para baixa vulnerabilidade com valores próximos de 1,0 = solo muito profundo; textura franco-argilosa (mais de 20% e menos de 45% de areia e mais de

25% e menos de 40% de argila); conteúdo de matéria orgânica maior ou próximo de 2,5%; forte grau de desenvolvimento das estruturas. B – condição para alta vulnerabilidade, valores próximos de 3,0 = solo raso; textura areia; menos de 2,5% de matéria orgânica; sem unidades estruturais ou fraco grau de desenvolvimentos das estruturas. C – condição intermediária, valores próximo de 2,0.

Os valores foram estabelecidos considerando também que se tratavam de Neossolos e Cambissolos, solos jovens com horizonte A sobre C ou horizonte B incipiente com alto conteúdo de silte, considerados de forma geral, por Crepani *et al.* (2001; 2008), como sendo de alta vulnerabilidade. Para validação dos valores, diversas sequências de notas foram testadas no modelo de vulnerabilidade à erosão da microbacia, sendo a sequência apresentada na TAB. 13 a que gerou melhor resultado.

TABELA 13
Valores utilizados no modelo de vulnerabilidade à erosão na Microbacia do Córrego do Coxo, para as classes do plano de informação ‘solos’.

	Classe de Solo	Nota
CHd	CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico	1,7
CXbe	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico latossólico	2,0
RYve	NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico	2,1*
CXve	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico	
CXvd1	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico	2,4
CXvd2	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico	2,4
RYq	NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico típico	2,8
RLdh	NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário	2,8
RQo2	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico húmico	2,8
RLd	NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário	3,0
RQo1	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico	3,0

* estes solos estão associados em apenas uma Unidade de Mapeamento - Unidade 'CXve'

Os mais altos valores (3,0) foram estabelecidos para os solos RQo1 e RLd, por combinarem fatores que tornam estes solos altamente susceptíveis à erosão, como textura com mais de 90% de areia, sem unidades estruturais, com baixo conteúdo de matéria orgânica no primeiro, e profundidade inferior a 50 cm para o segundo.

Os solos RQo2, RLdh e RYq, receberam o mesmo valor (2,8), um pouco inferior à extrema vulnerabilidade, pois apesar de apresentarem características que os aproximam dos dois primeiros, dispõem de um ou dois fatores que amenizam as tendências de muito

alta vulnerabilidade, como o alto conteúdo de matéria orgânica, estrutura moderada e textura com maior teor de argila, ou no caso de RYq que possui significativa profundidade.

Os Cambissolos mais representativos na microbacia, CXvd1 e CXvd2, receberam valores intermediários (nota 2,4), pois, apesar de serem muito profundos apresentam condições intermediárias de textura, estrutura e percentual de matéria orgânica. Vale ressaltar que os Cambissolos apresentarem alta relação silte/argila (característica comum desse tipo de solo) que proporciona potencialmente maior instabilidade dos agregados à dispersão (condição confirmada pelo baixo grau de floculação encontrado em todas as amostras analisadas), ao mesmo tempo, algumas de suas características proporcionam boa infiltração, como a maior profundidade, estrutura moderada e textura com médias a altas proporções de areia.

O solo CXve está em associação com o RYve, receberam a nota 2,1 no modelo de vulnerabilidade à erosão, são solos muito profundos em baixas declividades, com estrutura moderada, com textura franco-arenosa a franco argilo-arenosa, características essas que, proporcionam alta infiltração e baixo escoamento superficial.

O solo CXbe recebeu valor inferior ao CXvd (nota 2,0), pois apesar desses solos terem conteúdo de matéria orgânica semelhantes, o CXbe dispõe de textura com maior percentual de argila (textura franco-argilosa) que proporciona maior estabilidade dos agregados, assim como, estrutura forte, que estabelece boas taxas de infiltração.

O CHd se destaca por ser o solo menos susceptível da microbacia (nota 1,7), principalmente pelo alto teor de matéria orgânica (5,73% - o mais alto encontrado na microbacia) com textura franco-argilosa combinado com estrutura forte.

Em relação aos pesos dos planos de informação, ficou estabelecido: 10% para Litologia, 20% para Solos, 30 % para Declividade e 40% para Vegetação e Uso do Solo.

Portanto, dentro do modelo proposto, verificou-se a existência de quatro conjuntos de compartimentos de acordo com o mapa da FIG. 27, classificados como: 1- baixa vulnerabilidade à erosão (valores entre 1,26 e 1,75); 2 – média vulnerabilidade à erosão (valores entre 1,76 e 2,25); 3 – alta vulnerabilidade à erosão (notas entre 2,26 e 2,75); 4 – muito alta vulnerabilidade à erosão (valores entre 2,76 e 3,0). Devido às características ambientais da microbacia não foram encontrados valores compatíveis com compartimentos de muito baixa vulnerabilidade à erosão (valores entre 1,0 e 1,25).

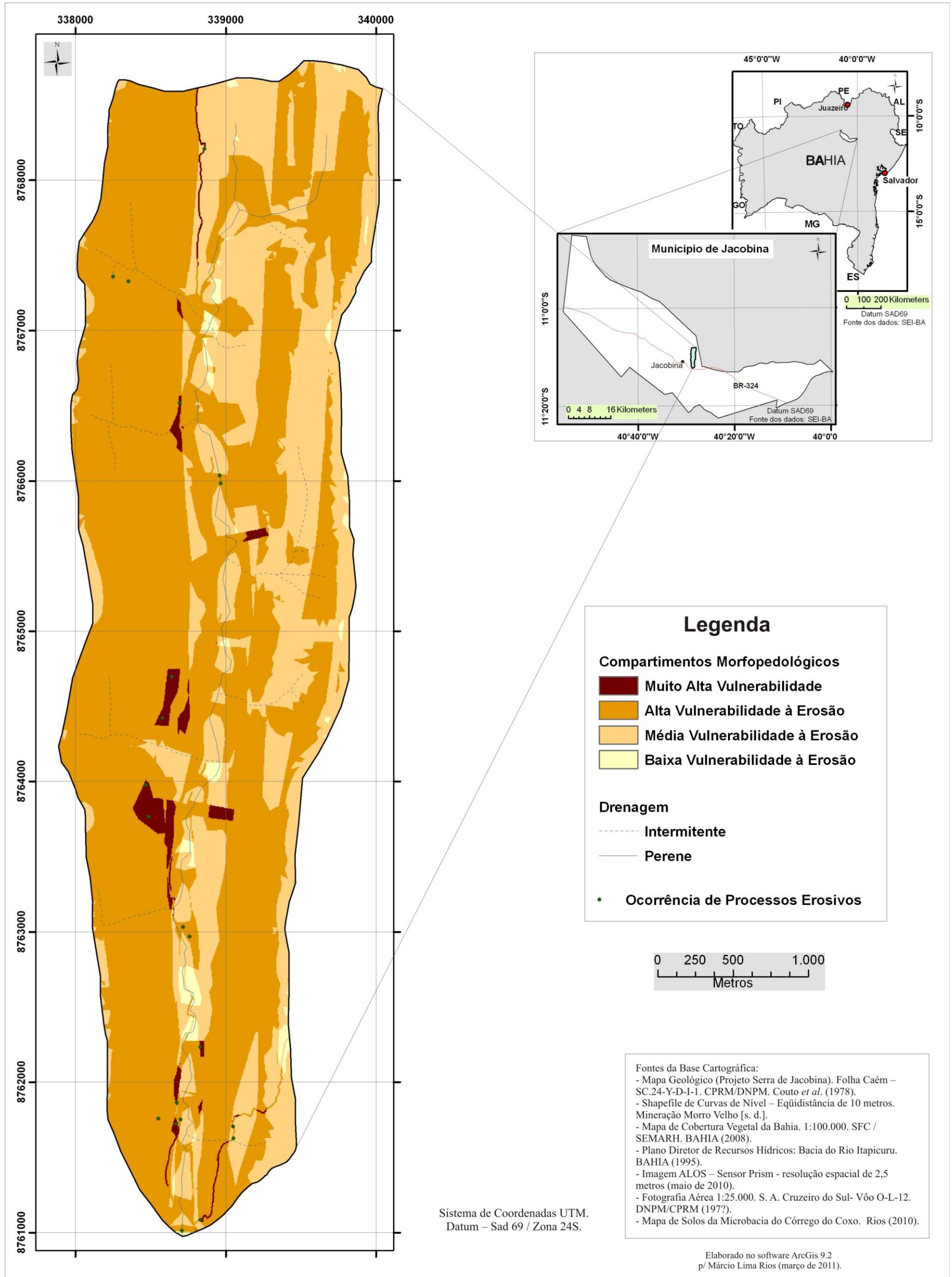


Figura 27 - Mapa de vulnerabilidade à erosão em compartimentos morfopedológicos na Microbacia do Córrego do Coxo.

É importante observar que os limites dos compartimentos morfopedológicos não são inertes, pelo contrário, são extremamente dinâmicos, podendo ser alterados em curto espaço de tempo. Por exemplo, o reflorestamento de uma área ou desmatamento de outra, ou a abertura de uma nova estrada, enfim, são atividades humanas capazes de alterar os processos físicos, químicos e biológicos da morfogênese/pedogênese, amenizando ou acelerando os processos erosivos.

6.3 Análise dos conjuntos de compartimentos morfopedológicos diante da vulnerabilidade à erosão.

6.3.1 – Compartimentos morfopedológicos com baixa vulnerabilidade à erosão.

Este conjunto de compartimentos são os mais estáveis, com fraca atividade nos processos mecânicos superficiais, nos quais o balanço morfogênese/pedogênese favorece a pedogênese. Os produtos elaborados e/ou depositados permanecem no local e são submetidos à evolução de acordo com as condições bioclimáticas da microbacia, isto é, as condições ambientais garantem uma estabilidade dinâmica, com intensa ação dos diversos processos biogeoquímicos do intemperismo e pedogênese, não sendo verificadas modificações físicas bruscas, típicas de áreas instáveis.

São os menos representativos, correspondem a 0,9 % da microbacia em estudo e estão principalmente localizados no fundo do vale principal, em áreas estreitas (máximo de 100 metros de largura) e irregulares às margens e proximidades da drenagem do Córrego do Coxo.

São compartimentos que ocorrem em áreas com declividades topográficas inferiores a 3%, com solos profundos a muito profundos, com horizonte A proeminente, relativamente espesso e rico em matéria orgânica e, de forma geral, possuem textura franco-argilo-arenosa com desenvolvimento moderado das estruturas, o que concerne boa infiltração, boa permeabilidade, mesmo esses solos, situados no fundo do vale. Apesar de granulometricamente ter baixa proporção de argila em relação ao somatório dos conteúdos de areia e silte, o que poderia reduzir a resistência à desagregação, possuem alto conteúdo de matéria orgânica o que aumenta o teor de agregados e a resistência desses à dispersão.

São áreas com Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos típicos situados às margens do Córrego do Coxo, e atrelados a estreitas faixas de sedimentos aluviais; Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos típicos de superfície plana, atrelados aos xistos e filitos no alto

curso, e xistos e serpentinitos no médio e baixo curso; e pequenas manchas de Cambissolos Háplicos Ta Distróficos úmbricos formados sobre xistos, estando distribuídas em superfície plana, em áreas de topo de serra relativamente rebaixadas em relação aos quartzitos que afloram no Complexo Itapicuru.

No atual contexto essas áreas estão cobertas por vegetação natural do tipo floresta estacional semidecidual ou em matas secundárias em avançado estágio de desenvolvimento. O uso do solo atrelado à conservação¹⁸ é determinante para a existência de áreas mais estáveis do ponto de vista da morfogênese e mais ativa do ponto de vista da pedogênese. A densa cobertura vegetal oferece eficaz proteção contra os efeitos do salpicamento (splash) causado pelas gotas de chuva, conta os efeitos da remoção de partículas da ação eólica, além de aumentar significativamente a infiltração da água no solo com consequente redução do escoamento superficial.

As baixas declividades praticamente neutralizam as ações físicas do escoamento superficial, portanto, entende-se que nessas condições ambientais as perdas de solo por erosão são mínimas. A FIG. 28 exhibe porção de um desses compartimentos morfopedológicos.



FIGURA 28 – Compartimento com baixa vulnerabilidade à erosão. Pequeno trecho com floresta estacional semidecidual/mata secundária no fundo do vale principal na margem esquerda do Córrego do Coxo (localização nas proximidades da coordenada UTM 338900 e 8766700).

¹⁸ Não existem na microbacia áreas oficiais de conservação ou preservação (atreladas ao Sistema Brasileiro de Unidades de Conservação - SNUC). O termo conservação é aplicado no texto para áreas de vegetação natural ou de mata secundária em avançado estágio de desenvolvimento, na qual as atividades econômicas existentes (agropecuária e mineração) não são encontradas nesses espaços.

Cabe neste momento enfatizar a importância desses compartimentos, lembrando que sua distribuição espacial abrange as margens do córrego, portanto interagindo estreitamente com a dinâmica fluvial, funcionando, por exemplo, como regulador do aporte de sedimentos para o interior do canal fluvial, fator que influencia diretamente na qualidade da água. A conservação desses compartimentos garante uma maior estabilidade das margens fluviais e conseqüentemente do Córrego do Coxo.

As áreas vizinhas desses compartimentos, detendo as mesmas características naturais de solo, relevo e geologia, foram intensamente alteradas por atividades agropecuárias, bem verdade que os solos das áreas de fundo de vale, além de serem muito ricos em matéria orgânica, têm boa fertilidade natural (solos eutróficos) e estão dispostos em topografia plana, sendo de fato, o ambiente que oferece as melhores condições para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, além do que, praticamente toda população da microbacia reside nas baixas encostas e fundos de vale.

As expansões de atividades econômicas e da população na microbacia ameaçam reduzir ainda mais estes compartimentos com baixa vulnerabilidade, interferindo de forma significativa na elevação da instabilidade dos solos e na elevação da tendência para o desencadeamento da erosão.

6.3.2 – Compartimentos morfopedológicos com média vulnerabilidade à erosão.

De forma geral essas áreas são intermediárias sobre o ponto de vista da morfogênese/pedogênese, na qual a avaliação das condições ambientais de solo, declividade, litologia e cobertura vegetal/uso do solo, permeiam a estabilidade por um lado, e a instabilidade por outro. Existem áreas onde a presença de solos profundos e densa cobertura vegetal, que tenderiam para uma maior estabilidade, estão intimamente integradas com médias declividades ou com uso intenso do solo, características com maior direcionamento para a morfogênese.

Esses compartimentos representam 29% da microbacia, e podem ser subdivididos da seguinte forma:

- Média vulnerabilidade em condição de intenso uso do solo.

São espaços com as mesmas características naturais de solo, relevo e litologia descritas para o primeiro conjunto de compartimentos, com baixa vulnerabilidade à erosão,

mas que tiveram sua vegetação significativamente modificada e substituída por pastagens, principalmente. A FIG. 29 exhibe recorte da paisagem que representa esse ambiente.



FIGURA 29 – Compartimento com média vulnerabilidade à erosão em condição de uso agropecuário. Área com pastagem no fundo do vale, margem esquerda do Córrego do Coxo (localização nas proximidades das coordenadas UTM 338950 e 8764400).

É importante colocar que as modificações promovidas pelo uso, alteram a categoria do compartimento morfopedológico, o desmatamento dessa área com sua substituição por pastagens, elevou de uma condição de baixa vulnerabilidade para a condição de média vulnerabilidade à erosão. A produção de matéria orgânica, a temperatura, a dinâmica microbológica e hídrica no interior do solo, fundamentais para a atividade da pedogênese, foram substancialmente alteradas, acrescentam-se as modificações físicas devido à aragem e ao pisoteio do gado, que somados comprometem o equilíbrio dinâmico da área.

- Média vulnerabilidade em condição natural.

Estão localizados principalmente nas baixas encostas e no fundo do vale principal sobre litologia de xistos (78%) e filitos (12%) sobre superfície forte ondulada (entre 20 e 45% de declive). Essa condição de relevo é propícia para o desencadeamento de intensos fluxos hídricos superficiais durante os eventos chuvosos, mas a densa cobertura vegetal associada com solos profundos e permeáveis reduz, significativamente, as possibilidades de erosão acelerada.

A floresta estacional semidecidual e/ou mata secundária em avançado estágio de desenvolvimento trazem benefícios protetores da ação direta das gotas de chuva, estabilizadores por meio da contenção mecânica dos solos pelas raízes, e influem na hidrologia da encosta, auxiliando no incremento da infiltração da água e na redução da energia cinética do escoamento superficial.

Os solos são Cambissolos Háplicos Ta Distróficos úmbricos (CXvd1) e típicos (CXvd2) nas baixas encostas e os Cambissolos Háplicos Tb Eutróficos latossólicos (CXbe) nas altas encostas do Complexo Itapicuru. São solos que, em estado natural, apresentam boas condições de permeabilidade em função da significativa profundidade (acima dos 2 metros), da moderada estrutura associada a uma textura variando de franco-arenosa no CXvd2 a franco-argilosa no CXbe. O conteúdo de matéria orgânica, apesar de não ser muito alto, ultrapassa os 2%, o que pode garantir uma boa estabilidade nos agregados.

Também presente nesses compartimentos os Cambissolos Húmicos Distróficos típicos (CHd), solos com características físicas muito semelhantes aos descritos acima, sendo diferentes principalmente devido ao alto conteúdo de matéria orgânica, acima de 5% no horizonte A, fator este, muito importante na redução da susceptibilidade desse solos a erosão.

É importante lembrar que mesmo com características que elevam a resistência desses solos à erosão, o fato de terem alta relação silte/argila (comuns nos Cambissolos e que afeta negativamente a resistência à dispersão dos agregados) e estarem em superfícies íngremes, aumentam a fragilidade desses solos, principalmente diante da possível retirada da proteção exercida pela cobertura vegetal nesses compartimentos.

A FIG. 30 apresenta alguns trechos representativos desse conjunto de compartimentos e também apresenta a forte ameaça à alteração (foto-d), sofrida por esse ambiente, em função do desmatamento e uso agropecuário.

Existe uma forte pressão para a retirada da cobertura vegetal nesse compartimento, pois os poucos espaços para a produção agropecuária são limitados pelas condições do relevo local, no entanto, essas baixas encostas com Cambissolos profundos e ricos em matéria orgânica e fertilidade natural moderada (caso dos Cambissolos Háplicos Ta Distróficos, predominantes no compartimento, que, apesar de serem distróficos, apresentam mais de 40% de saturação por bases no horizonte A) reservam espaços atraentes para a pequena produção agropecuária. A alteração nos mecanismos hidrodinâmicos, nessas encostas, interferem diretamente no desencadeamento dos processos erosivos, aumentando o grau de vulnerabilidade do compartimento.

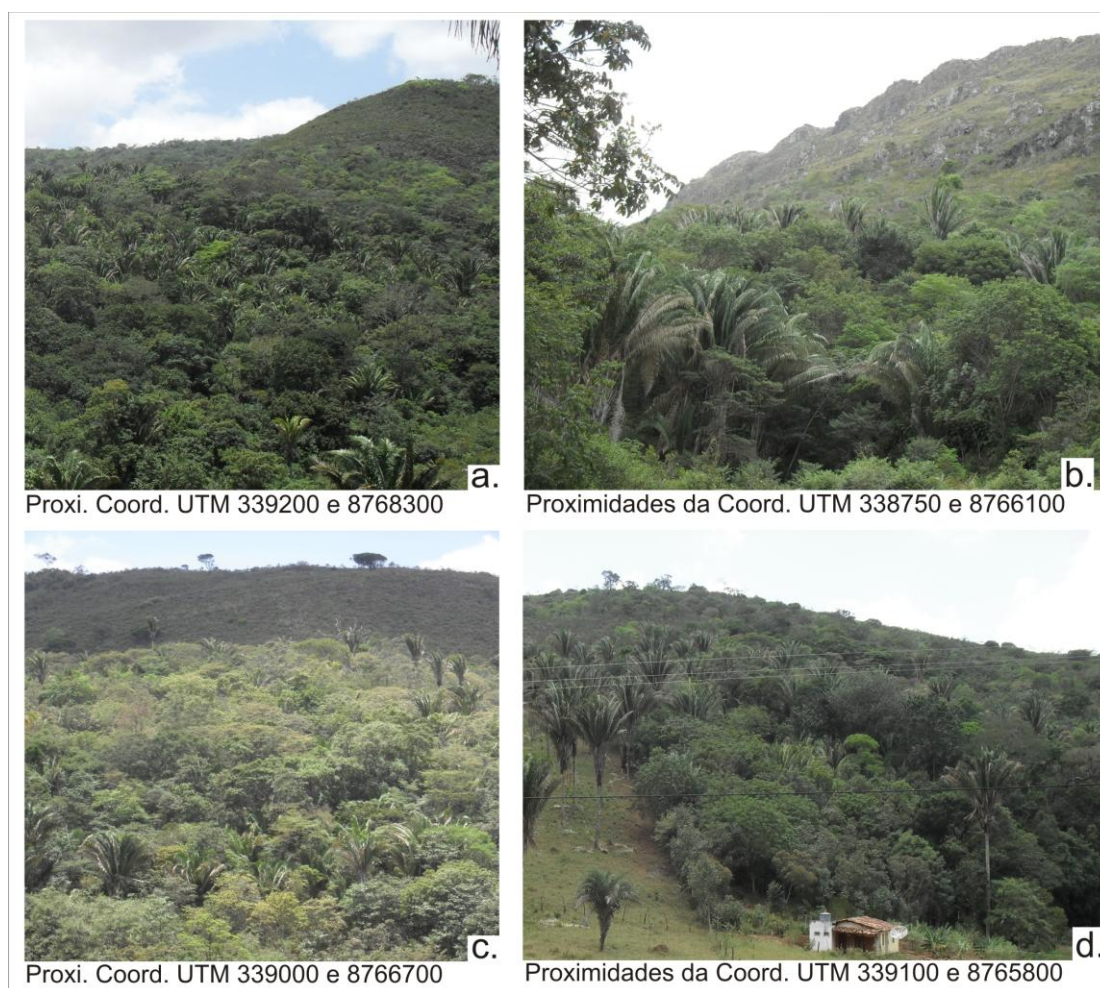


FIGURA 30 – Compartimentos morfopedológicos com média vulnerabilidade à erosão. Baixas encostas em superfície forte ondulada com Cambissolos profundos cobertos por floresta estacional semidecidual/mata secundária.

6.3.3 – Compartimentos morfopedológicos com alta vulnerabilidade à erosão.

São áreas onde as condições ambientais não permitem a evolução do solo e a morfogênese é predominante na dinâmica ambiental. É o conjunto de compartimentos mais representativos da microbacia, dominam 68,8 % da área e podem ser analisados de duas formas:

- Alta vulnerabilidade em condições de uso.

São compartimentos que originalmente estavam em uma condição de média vulnerabilidade sobre cobertura vegetal, mas que, devido à ocupação antrópica desordenada foram significativamente alterados. Nessas áreas, as potencialidades morfodinâmicas são altas, representadas pela elevada declividade da superfície e/ou pela

baixa resistência dos solos à dispersão de agregados, no momento em que a cobertura protetora é retirada, grandes riscos ao desencadeamento de processos erosivos acelerados são gerados (intensificação da morfodinâmica).

As áreas de pastagem e pastagem associada a pequenos cultivos anuais em Cambissolos na baixa encosta com declividades variando entre 8 e 45% representam bem esses compartimentos com alta vulnerabilidade, como apresentados na FIG. 31.

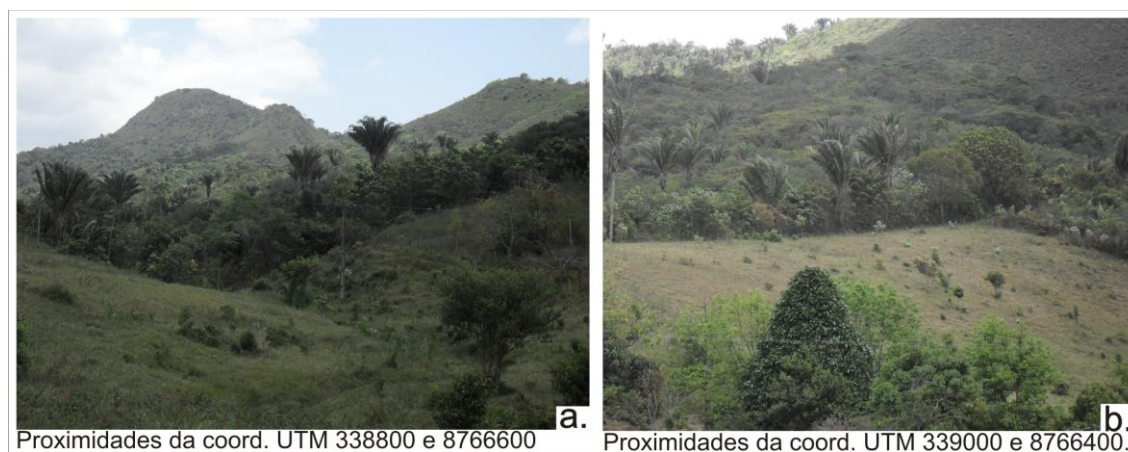


FIGURA 31 – Compartimentos morfopedológicos com alta vulnerabilidade á erosão em condição de uso agropecuário. Pastagens sobre Cambissolos Háplicos em superfície forte ondulada.

- Alta vulnerabilidade em condições naturais.

Conjunto heterogêneo de compartimentos morfopedológicos distribuído por diversos pontos da microbacia. Na porção oeste, estão distribuídos principalmente nas altas encostas e topos angulosos sobre litologia de ortoquartzitos, possuindo Neossolos Litólicos Distróficos fragmentários (RLd), solos sem unidades estruturais e com textura areia (mais de 90% de areia, predominantemente de granulometria média e fina), atributos estes, que facilitam a dispersão e movimentação de sedimentos durante os eventos chuvosos.

Os solos desses compartimentos na porção oeste são rasos, extremamente pedregosos, e estão sobre superfícies fortemente declivosas (em sua maior parte, numa condição de superfície escarpada), fator que potencializa a energia cinética do escoamento superficial. Estes compartimentos estão recobertos por vegetação esparsa, de porte herbáceo e arbustivo, do tipo Refúgio Ecológico Montano, que devido à baixa densidade de cobertura da superfície, pouco ameniza as condições de instabilidade presentes.

Também os vales suspensos longitudinais à serra, dispendo de encostas com forte presença de afloramentos ortoquartzíticos com fundo modelado em xistos e recobertos por Neossolos Litólicos, detêm alta vulnerabilidade (feição C - FIG. 32).

Ainda na faixa oeste, no terço médio a inferior das encostas, logo abaixo dos paredões morfologicamente abruptas (Falha da Maravilha - direção N/S), que exibem a brusca transição entre a litologia mais resistente (ortoquartzitos) e as litologias menos resistente aos processos desnudacionais (xistos ao sul, serpentinitos na porção central, e filitos ao norte), que foram rebaixados pela erosão diferencial ao longo da evolução geomorfológica da serra. Nesta área ocorre Neossolos Litólicos Distro-úmbricos fragmentários - RLdh (associados a xistos e filitos) e declividades superiores a 20%, compondo também, o conjunto de compartimentos com alta vulnerabilidade.

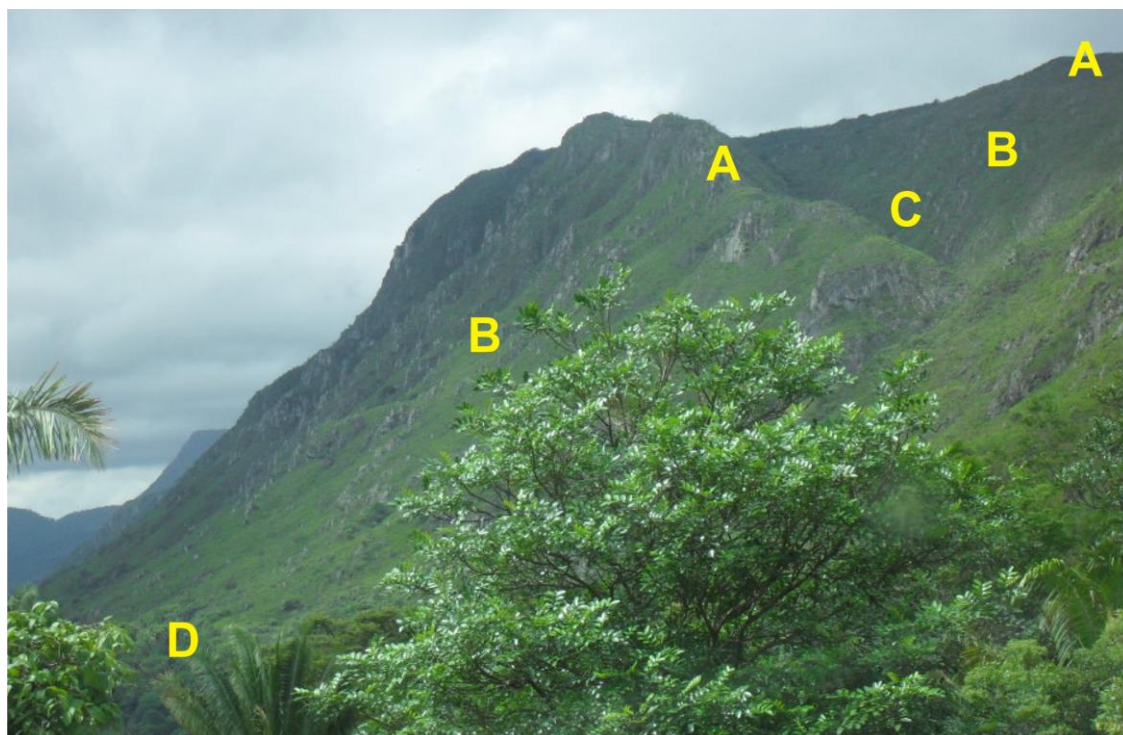


FIGURA 32 – Compartimentos morfopedológicos com alta vulnerabilidade à erosão. Foto de trecho da Formação Rio do Ouro, SW da microbacia, A e B – respectivamente topos angulosos e altas encostas retilíneas, ambas sobre altas declividades e com forte presença de Neossolos Litólicos e afloramentos de ortoquartzitos; C - vale suspenso em litologia de xistos com Neossolos Litólicos e fortes declividades; D - baixas encostas com Neossolos Quartzarênicos sobre declividade entre 20 e 45%.

Em outros pontos, a falha é coberta por materiais arenosos acumulados (FIG. 32 - D), formadores de Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos (RQo), solos muito profundos e excessivamente drenados, tendo, portanto, características que permitem alta e rápida

infiltração das águas pluviais, mas, por outro lado, são solos com textura de areia (predominantemente areia média e fina), horizonte A fraco, com limitado conteúdo de matéria orgânica (< 1%), desprovidos de unidades estruturais e com consistência solta. Estes fatores pedológicos integrados com médias a altas declividades e vegetação com restrita densidade de cobertura (ecótonos com porte mais arbustivo e mais esparsos que os encontrados recoberto RLdh), tornam os Neossolos Quartzarênicos encontrados na microbacia potencialmente erodíveis, principalmente com o desencadeamento do escoamento superficial após intensos eventos pluviométricos.

Também na porção oeste, encontram-se incisivos vales transversais modelados em zonas de falhas, com encostas recobertas por Neossolos Litólicos em declividades superiores a 45%, e fundo de vale estreito com materiais coluviais arenosos, formadores de Neossolos Quartzarênicos Órticos húmicos (RQo2) em declividades entre 20 e 45% com vegetação de média densidade de cobertura (ecótono). Tais condições também são propícias para a predominância da morfogênese, com alta vulnerabilidade à erosão.

A faixa leste da microbacia, também é dominada por compartimentos de alta vulnerabilidade (FIG. 33), nas altas encostas e topos arredondados, em litologia de quartzitos finos a conglomeráticos, cobertas por Neossolos Litólicos Distro-úmbricos fragmentários (RLdh), que em comparação com RLd, diferem por possuir maior conteúdo de argila (textura franco argilo-arenosa) e alto conteúdo de matéria orgânica, consequentemente maior estabilidade dos agregados e resistência à dispersão, além de uma CTC mais elevada que aumenta a fertilidade natural desses solos.

Devido principalmente do solo RLdh, a faixa leste da microbacia sustenta uma vegetação mais densa e de maior porte (ecótonos de floresta estacional / caatinga arbórea / refúgio ecológico montano) do que os refúgios ecológicos montanos. Mesmo assim, a vulnerabilidade ao desencadeamento do processo erosivo é alta, pois os solos são muito rasos, pedregosos e estão sobre forte influência das altas declividades (predominantemente acima de 45%).

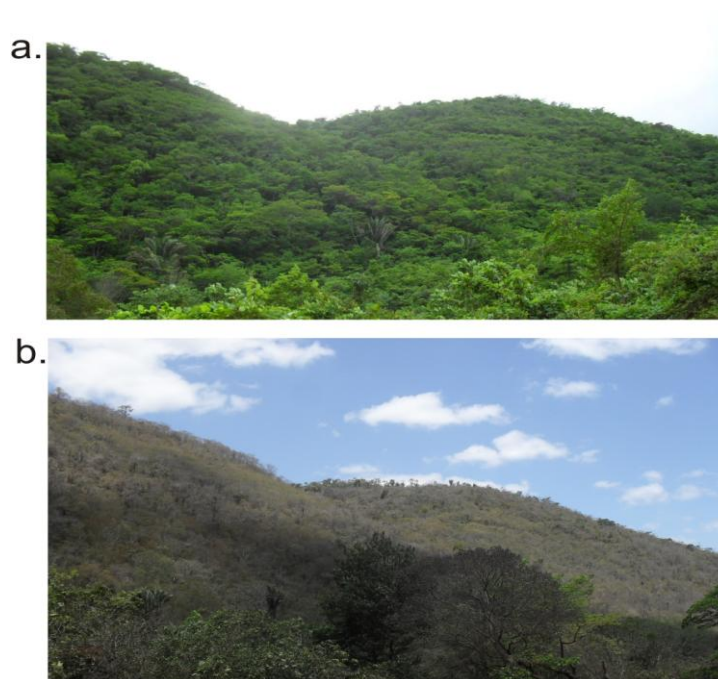


FIGURA 33– Compartimento com alta vulnerabilidade na porção SW da microbacia. Proximidades das coord. UTM 338900 e 8761700. Topos suaves e arredondados, altas declividades, solos rasos e vegetação de transição entre floresta estacional/caatinga arbórea/refúgio ecológico montano com porções localizadas de mata secundária: a. paisagem no período chuvoso; b. paisagem na estiagem.

O fato dos Neossolos Litólicos serem solos jovens, pouco desenvolvidos, chama a atenção para a baixa intensidade de atuação da pedogênese, já que os ortoquartzitos e quartzitos são altamente resistentes ao intemperismo, fator que retarda a produção de material para o desenvolvimento dos solos. A alta declividade potencializa a atuação da morfogênese, que apesar de limitada, devido à baixa produção de material intemperizado (em função do baixíssimo intemperismo e pedogênese) remove parte do material já intemperizado (erosão) para as médias e baixas encostas, fator que reduz o tempo de exposição dos materiais a atuação da pedogênese.

6.3.4 – Compartimentos morfopedológicos com muito alta vulnerabilidade.

Esses compartimentos representam apenas 1,3 % da área, na Microbacia do Coxo são formados quando a degradação antrópica, provocada por uso intenso e mal planejado, se acrescenta as causas naturais, isto é, se acrescenta a ambientes que do ponto de vista natural, já apresentam alto grau de vulnerabilidade. A FIG. 34 exhibe fotos de algumas áreas com intensa instabilidade, acelerada pela mineração, pela abertura de estradas e por cultivos agrícolas anuais.



FIGURA 34 – Trechos em compartimentos morfopedológicos com muito alta vulnerabilidade à erosão.

A mineração desenvolvida no Coxo, apesar de ser pontual, provocou grandes impactos no interior da microbacia (FIG. 34 – fotos a;b;c), o garimpo de ouro e a mina de ametista, retiraram grande quantidade de materiais das jazidas que foram depositadas nas proximidades da mina (rejeitos). São seixos, cascalhos e sedimentos arenosos quartzíticos

depositados sobre declividade acima de 45%, sendo dessa forma, facilmente transportados encosta abaixo.

A exploração de areia para construção civil foi realizada sobre Neossolos Quartzarênicos em superfície forte ondulada da baixa vertente, que retirou grande quantidade de sedimentos da base da encosta e, como consequência, atualmente vem ocorrendo intenso solapamento das partes mais altas com acumulação desses materiais na base. As chuvas intensas de verão transportam esse material (areia fina e média) por escoamento superficial para o Córrego do Coxo.

As estradas vicinais foram construídas de forma improvisada apenas com a retirada da cobertura vegetal e aterros localizados, sem obras complementares de drenagem, por exemplo. As obras não levaram em conta a alta susceptibilidade dos Neossolos e Cambissolos e as altas declividades encontradas no Coxo. A construção de estradas retira camadas superiores do solo ricas em matéria orgânica, compacta o solo e reduz a rugosidade da superfície, o que eleva significativamente a energia cinética das enxurradas, como consequência direta ocorrem fortes incisões lineares (erosão linear em forma de ravinas e voçorocas) como estão sendo apresentadas na FIG. 34 – fotos d; e; f.

As ravinas são incisões que se formam nos solos, com dimensões limitadas, normalmente não ultrapassando 50 cm de profundidade e ocorrem em função do escoamento superficial concentrado (GUERRA, 2003). As voçorocas são mais incisivas e mais profundas que as ravinas e dispõem de gênese mais complexa, segundo Bacellar (2000), podem ser o resultado de erosão superficial, erosão subsuperficial e movimentos de massa. Como o objetivo deste trabalho não é caracterizar os tipos de processos erosivos, limita-se a associar a existência de ravinas e voçorocas a uma condição de alta e muito alta vulnerabilidade à erosão nos compartimentos morfopedológicos.

Outro uso que compõe compartimentos com muito alta vulnerabilidade diz respeito aos cultivos agrícolas anuais. São atividades amparadas em técnicas rudimentares e com manejo inadequado do solo (não é adotado nenhum tipo de prática conservacionista, tanto para redução do escoamento superficial e aumento da infiltração, quanto para melhoramento das condições físicas e químicas do solo). Foram registrados indícios de erosão laminar e pequenos sulcos (microrravinação), principalmente em Cambissolos Háplicos, arados sobre relevo ondulado e forte ondulado em baixas encostas convexas (FIG. 34 – fotos g; h).

Bertoni e Lombardi Neto (2008) alertam para o perigo da perda de grande quantidade de solo por erosão laminar, que de forma silenciosa e dificilmente perceptível,

remove camadas delgadas de solo sobre uma área, notadamente partículas mais leves e, portanto mais ativas, significando grande perda de fertilidade. Devido à grande declividade nessas áreas, durante as intensas chuvas de verão, a formação de enxurradas e pequenos sulcos na superfície do solo tornam-se inevitáveis, principalmente diante do sistema de manejo adotados pelas pequenas propriedades na Microbacia do Coxo.

Sobre o ponto de vista espacial, esses compartimentos atualmente têm pequena e restrita representatividade, mas mesmo assim, chamam a atenção pela elevada instabilidade presente e pela capacidade de comprometimento no equilíbrio dos sistemas ambientais da microbacia como um todo. A expansão desordenada do uso do solo sobre a microbacia representará um incremento espacial nos compartimentos com muito alta vulnerabilidade, o que significa maior instabilidade em um ambiente que de forma geral possui praticamente 70% de sua área sobre influência de alta vulnerabilidade à erosão.

6.3.5 – A alta vulnerabilidade à erosão da microbacia.

O resultado gerado a partir do modelo de vulnerabilidade à erosão demonstra que a microbacia encontra-se em uma condição propícia para maior atuação da morfogênese sobre a pedogênese, fato este que se confirma pela predominância de áreas com alta vulnerabilidade à erosão.

Apesar dos usos serem determinantes para elevação da vulnerabilidade na microbacia, é importante destacar que as particularidades naturais já estabelecem altas potencialidades para o desencadeamento da erosão. Com intuito de ampliar essa discussão, a FIG. 36 apresenta uma comparação entre o mapa de vulnerabilidade atual (que inclui o uso do solo) e o mapa de vulnerabilidade natural (que não considera as intervenções antrópicas), gerada a partir do mesmo modelo proposto para o primeiro.

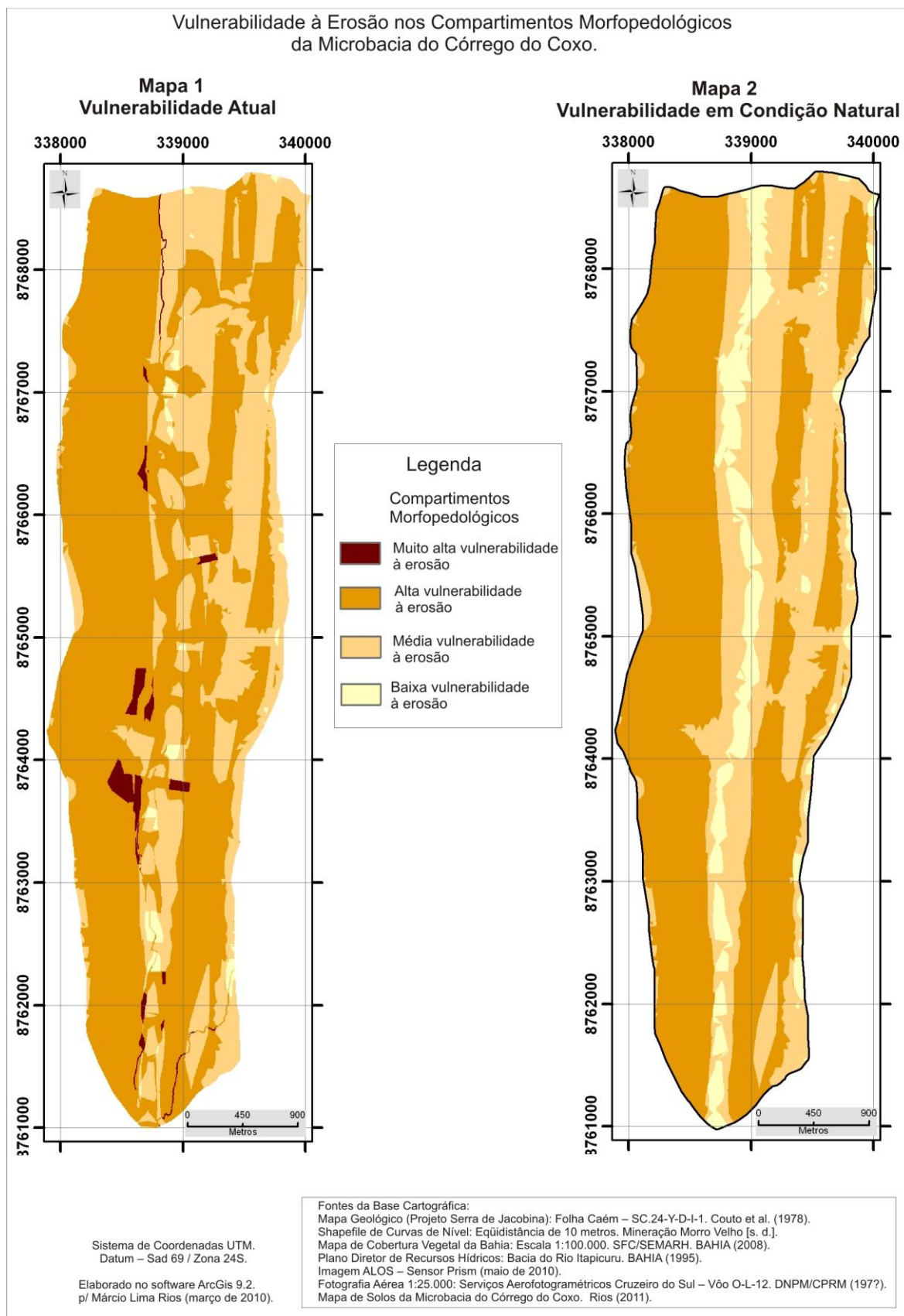


FIGURA 35 – Comparação entre os mapas de vulnerabilidade à erosão atual e natural.

O mapa 2 (FIG. 35) revela que, em condições naturais, a unidade hidrogeomorfológica do Córrego do Coxo possui forte presença de compartimentos morfopedológicos com alta vulnerabilidade (59,2% da área), ratificando a condição de sistema ambiental frágil, para microbacias alongadas, encravadas em ambiente serrano, sob forte amplitude altimétrica e reduzida amplitude interflúvial.

A alta vulnerabilidade natural da microbacia reforça que para compreensão de mecanismos de degradação ambiental em seu interior, é crucial o entendimento dos componentes do quadro natural, entre eles, o solo, o relevo, a geologia e a cobertura vegetal. A elevada vulnerabilidade existente na Microbacia do Coxo é, em grande parte, ditada pelas condições naturais do ambiente, esse fato, aumenta a preocupação em relação à ocupação e ao desenvolvimento de atividades antrópicas na área. Pequenas áreas de cultivo anual poderão representar perdas enormes de solos por erosão.

A comparação entre os Mapas 1 e 2 (FIG. 35) chama atenção para a redução de compartimentos morfopedológicos mais estáveis, sobre o ponto de vista do equilíbrio dinâmico do ambiente, após a espacialização dos usos. A ocupação humana apesar de ser relativamente baixa, ocorreu predominantemente sobre os poucos espaços com baixa e média vulnerabilidade, alterando sua dinâmica e elevando a condição de um compartimento relativamente resistente para uma condição onde o mínimo de esforço (chuva, por exemplo) poderá causar alterações bruscas (erosão dos solos).

A ampliação de atividades turísticas desordenadas (que eleva o fluxo populacional para o interior da microbacia) e principalmente a expansão das atividades agropecuárias tradicionais pelos Cambissolos relativamente férteis das baixas encostas do vale principal, ameaçam por fim dentro da microbacia aos compartimentos com baixa vulnerabilidade e a expandir os mais instáveis e propícios ao desencadeamento da erosão. É importante enfatizar que as atividades mineradoras estão atualmente desativadas.

É válido mencionar que a aceleração de processos mecânicos de retirada e transporte de materiais das encostas não compromete apenas o sistema solo/relevo na vertente, mas também o sistema hídrico-fluvial dos canais associados, isso ocorre a partir do incremento das taxas de sedimentos que chegam ao leito fluvial, causando sérias alterações na forma e na dinâmica dos canais e na qualidade da água. A FIG. 36 apresenta um ponto de ocorrência de assoreamento entre os vários observados no baixo curso do Córrego do Coxo.



FIGURA 36 - Assoreamento em leito fluvial no baixo curso do Córrego do Coxo. Localizado nas coordenadas UTM 338720 e 8761450.

Ao considerar que as marcas dos processos erosivos são respostas à instabilidade morfogênética nas encostas, o assoreamento também é uma resposta à excessiva quantidade de sedimentos que chegam ao leito do Córrego do Coxo, proveniente tanto de processos erosivos nas encostas, como nas margens fluviais.

Como já mencionada, a ocupação desordenada da microbacia compromete principalmente compartimentos morfopedológicos de baixa e média vulnerabilidade (onde os processos erosivos não predominam). Esses espaços são estratégicos do ponto de vista ambiental, na qual sua localização em fundos de vales e baixas encostas são capazes de interceptar e reduzir a chegada de sedimentos nos córregos e de manter “estável” os solos mais profundos (com maior quantidade de materiais a serem erodidos e transportados) e férteis da microbacia. A ampliação de compartimentos com alta vulnerabilidade sobre esses espaços põe em risco não apenas a qualidade dos solos e da água, mas toda dinâmica ambiental da microbacia.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Trabalhos de cunho ambiental em escalas semidetalhadas são extremamente valiosos para um bom planejamento ambiental, nesse aspecto, os resultados da pesquisa desenvolvida na Microbacia do Córrego do Coxo se tornam ferramentas importantes para a elaboração de planos de ocupação e promoção da qualidade ambiental na área.

O levantamento pedológico da Microbacia do Córrego do Coxo apresentou resultados que confirmaram a presença de solos jovens, com baixo grau de desenvolvimento, típicos dos ambientes encravados em um contexto com relevo bastante movimentado.

Os solos mapeados (escala de 1:25.000) foram Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos e Quartzarênicos. Também foram mapeados Cambissolos Háplicos e Húmicos, apresentando horizonte incipiente (Bi), com alta relação silte/argila e predominância de argila de alta atividade, que ajudaram a indicar as reduzidas maturidades desses solos. Dos 11 subgrupos mapeados, os mais representativos espacialmente foram os NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos fragmentários (RLd) e Distro-úmbricos fragmentários (RLdh) nas altas encostas, além dos CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico (CXvd1) nas baixas encostas e fundo de vale.

É importante lembrar que o levantamento pedológico semidetalhado realizado por este trabalho, constituiu resultados inéditos ao longo da Serra de Jacobina, preenchendo lacunas a respeito dos tipos de solos presentes nessa paisagem. Os estudos existentes estão em caráter de reconhecimento pedológico (escala de 1:250.000), o que, de fato, limita e compromete qualquer proposta de ocupação e manejo sustentáveis nessa área. Apesar deste trabalho se limitar a uma pequena microbacia, o fato dos tipos de solos encontrados estarem intensamente influenciados pela variação na geologia, e a microbacia representar uma síntese da litologia de grande parte da serra¹⁹, confirmada pelo Projeto Serra de Jacobina de Couto *et al.* (1978). Tais informações podem, a partir de uma proposta de generalização cartográfica e/ou modelagem ambiental, chegar a prognósticos das tipologias e distribuição dos solos ao longo dos mais de 200 Km de extensão da Serra de Jacobina, que poderão ser valiosas em propostas de planejamento e uso do solo.

¹⁹ Há também semelhança entre as características geomorfológicas, climáticas e biogeográficas (fatores influentes na formação dos solos), confirmadas a partir da investigação em documentos cartográficos, fotografias aéreas de 1:25.000 disponibilizada pela CPRM, imagem de satélite LANDSAT TM e dados sistematizados por BAHIA (1995), todos, acessíveis ao público em geral.

O mapa de solo foi integrado com os mapas litológico, de classes de declividades e vegetação/uso do solo. A sobreposição dessas informações foi realizada sobre a perspectiva de uma análise espacial integrada, que conduziu para confecção de unidades de paisagem, denominadas de compartimentos morfopedológicos, apresentando diferentes graus de vulnerabilidade ao processo erosivo.

O resultado gerou conjuntos de compartimentos com baixa, média, alta e muito alta vulnerabilidade à erosão. A predominância na área de Neossolos Litólicos sobre fortes declividades com cobertura vegetal esparsa pré-dispõe, para a microbacia, uma maior influência natural de compartimentos com alta vulnerabilidade.

Vale acrescentar que a atuação da agropecuária transformou compartimentos com baixa e média vulnerabilidade em compartimentos com maior tendência para a atuação da morfogênese, isso quer dizer que a substituição de uma cobertura vegetal arbórea e densa por pastagens e pequenas áreas de cultivos anuais aumentou a instabilidade e comprometeu a dinâmica hídrica sobre os Cambissolos de superfície ondulada e forte ondulada das baixas encostas e de Neossolos Flúvicos das margens do Córrego do Coxo, aumentando sua vulnerabilidade à erosão.

Foi identificado também que a atuação da mineração, das estradas secundárias e de cultivos anuais, projetaram na área compartimentos com muito alta vulnerabilidade à erosão, nos quais os processos morfogenéticos, particularmente os processos erosivos, estão em forte atuação.

O termo compartimento morfopedológico chamou a atenção para a integração entre a geologia, relevo e solos, mas abordado sobre a perspectiva da erosão, ganhou também significativo caráter humano. Neste trabalho a espacialização de atividades econômicas e a presença de áreas de reserva (conservação) foram decisivas para a caracterização e classificação dos compartimentos morfopedológicos, que se distinguiram em função do seu grau de vulnerabilidade à erosão, que por sua vez, está em parte associado ao uso do solo.

È válido ressaltar que a agropecuária enquanto atividade econômica é muito importante para a comunidade residente na área do Córrego do Coxo, mas deve ser orientada a partir de técnicas conservacionistas, deve ser limitada e ordenada espacialmente, já que as características morfopedológicas denunciam um ambiente com alta sensibilidade à degradação. Outras atividades devem ser ampliadas e valorizadas na comunidade, como o ecoturismo e o extrativismo vegetal (babaçu) que representam relevantes iniciativas sustentáveis na microbacia.

Contudo, a ampliação da vulnerabilidade à erosão no interior de uma microbacia, chama a atenção não apenas para o aumento nas perdas de solo, mas também na redução da capacidade de regeneração dos ecossistemas e na qualidade dos corpos hídricos. Tal afirmativa aumenta a responsabilidade da comunidade e do poder público para o desenvolvimento de políticas públicas visando à manutenção e/ou a retomada da qualidade ambiental.

Por fim, como a Microbacia do Córrego do Coxo possui características geológico-geomorfológico e climático-botânico semelhantes às encontradas em vastas áreas da Serra de Jacobina, é possível que o mesmo modelo proposto neste trabalho seja aplicado em outras microbacias no contexto da serra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO F.; SRINIVASAN, V. S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um luvissole em Sumé-PB. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 25, p. 121-128, 2001.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. Função da vegetação na estabilidade das encostas. In: ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. *Gestão ambiental de áreas degradadas*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 111-165.

AZEVENDO, P. O. de. Jacobina e a Chapada Diamantina. In: BRANDÃO, Maria de Azevedo; CARDOSO, Suzana Alice Marcelino (Org.). *Jacobina: Passado e Futuro*. Jacobina-Ba: Acija, 1993. p. 13-27.

BACELLAR, L. A. P. *Condicionantes geológicas, geomorfológicas e geotécnicas dos mecanismos de voçorocamento na bacia do rio Maracujá - Ouro Preto/MG*. 2000. 226 f. Tese (Doutorado) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

BAHIA - Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Habitação. *Plano Diretor de Recursos Hídricos: Bacia do Rio Itapicuru*. Salvador: Superintendência de Recursos Hídricos, 1995. 242 p.

BARBOSA, C. C. *et al. Operadores zonais em álgebra de mapas e sua aplicação a zoneamento ecológico-econômico*. INPE, 1998. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/sbsr98.pdf>. Acesso em: 30 de jul. 2010.

BARROS, L.C.; BASSANEZI, R.C. *Tópicos de lógica fuzzy e biomatemática*. Campinas: UNICAMP/IMECC, 2006. 344 p.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. *Caderno de Ciências da Terra*, São Paulo, v. 13, p.1-27, 1971.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 6. ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BIGARELLA, J. J. *et al. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*. Florianópolis: Ed. UFSC, 2003. v. 3. p. 877-1436.

BONHAM-CARTER, G. F. *Geographic Information Systems for Geoscientists: modeling with GIS*. New York: Pergamon, 1994. 398 p.

BRADY, N. C. *Natureza e propriedade dos solos*. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898 p.

BRAUN, W. A. G. Contribuição ao estudo da erosão no Brasil e seu controle. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, ano XXIII, n. 4, p. 591-642, out.-dez. 1961.

CAVALHEIRO, F.; RUEDA, J. R. J.; JESUS, N. de. Compartimentação do meio físico da área da Serra do Japi – Jundiá (SP) em zonas de fragilidade quanto à degradação. *Revista GEOUSP*, São Paulo, n. 11, p. 85–100, 2002.

CASSETI, V. *Ambiente e apropriação de relevo*. 2. ed. São Paulo: Ed. Contexto, 1991. 147 p.

CASTRO, S. S.; SALOMÃO, F. X. T. Compartimentação morfoopedológica e sua aplicação: considerações metodológicas. *Revista GEOUSP*, São Paulo, n.7, p. 27-37, 2000.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188 p.

_____. *Modelagem dos Sistemas Ambientais*. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 232 p.

CORREIA, J. R. *Pedologia e Conhecimento Local: proposta metodológica de interlocução entre saberes construídos por pedólogos e agricultores em área de cerrado em Rio Pardo de Minas – MG*. Tese de doutorado, Instituto de Agronomia, Seropédica-RJ: UFRRJ, 2005.

COSTA, F. H. S.; PETTA, R. A.; LIMA, R. F. S.; MEDEIROS, C. N. Determinação da vulnerabilidade ambiental na Bacia Potiguar, região de Macau (RN), utilizando sistemas de informações geográficas. v. 02, n. 58, *Revista Brasileira de Cartografia*, p. 119-127, agosto de 2006.

COUTO, P. A. *et al.* Projeto Serra de Jacobina: geologia e prospecção geoquímica. Salvador: CPRM/DNPM, 1978. Relatório Final. v. 1. 415 p.

COWEN, D. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? In.: PEUQUET, Donna, MARBLE, Duane. *Introductory readings in Geographic Information Systems*. London: Taylor & Francis, 1990. p. 52-61.

CREPANI, E. *et al.* Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. 124 p.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; PALMEIRA, A. F.; SILVA, E. F. Zoneamento Ecológico-Econômico. In: FLOREZANO, T. G. (Org.). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 285-318.

DREW, David. *Processos interativos homem-meio ambiente*. Tradução [de] João Alves dos Santos. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. 224 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10, 1979, Rio de Janeiro. *Súmula...* Rio de Janeiro, 1979. 83 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Procedimentos Normativos de Levantamentos Pedológicos*. Brasília: EMBRAPA Serviço de Produção de Informação, 1995. 116 p.

_____. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 1997. 212 p.

_____. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412 p.

ERNST, W.G. *Minerais e Rochas*. São Paulo: Ed. Edgar Blucher, 1971. 163 p. (Série de Textos Básicos de Geociências).

FASSBENDER, H. W.; BORNEMISZA, E. *Química de suelos com ênfasis em suelos de América Latina*. 2. ed. San José-Costa Rica: IICA, 1994. 420 p.

FLORES, C. A.; POTTER, R. O.; FASOLO, P. J.; HASENACK, H.; WEBER, E. *Levantamento Semidetalhado de Solos: Região da Campanha – Folha de Palmas – RS*. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2007. 95 p.

FONSECA, A. Â. M. da; SILVA, S. C. B. M. Jacobina: alguns dados sobre a cidade e sua região. In: CARDOSO, Suzana Alice Marcelino (Org.). *Jacobina: Passado e Futuro*. Jacobina-Ba: Acija, 1993. p. 45-53.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 149-209.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. *Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 648 p.

HERNANI, L. C. *et al.* A erosão e seu Impacto. In: MANZATO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J.R.R. (Ed.). *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro: Embrapa, 2002. p. 47-60.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1992. 92 p. (Series Manuais Técnicos em Geociências, 1).

KÄMPF, N.; CURTI, N.; MARQUES, J. J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. *Química e mineralogia do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 334-373.

KER, J. C. *Latosolos do Brasil: uma revisão*. *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 17-40, 1997.

LAL, R.; ELLIOT, W. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. (Ed.). *Soil erosion research methods*. 2. ed. Washington: Soil and Water Conservation Society, 1994. p. 181-210.

LEO, G.N.; COX, D.P.; CARVALHO, J.P.P. *Geologia da Parte Sul da Serra de Jacobina, Bahia, Brasil*. Rio de Janeiro: DNPM, 1964. 87 p. (Boletim DNPM/DGM, 209).

LEPSCH, I.F.; BELLINAZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*. 4. aproximação, 2. ed. Campinas: SBCS, 1991. 175 p.

LEPSCH, I. F. *Formação e conservação dos solos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.

LOHMANN, M. *Estudo morfo-pedológico da bacia do Arroio Guassupi*, São Pedro do Sul-RS: subsídio à compreensão dos processos erosivos. 2005. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

LOCH, C. *A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais*. 4. ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2001. 118 p.

MAFRA, Neuza Maria Costa. Erosão e planificação de uso do solo. In: GUERRA, A. J. T. SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). *Erosão e conservação dos solos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 301-322.

MARCELINO, E. V.; FORMAGIO, A. R. Análise Comparativa entre métodos heurísticos de mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS. *Anais...* Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004, p. 392-407.

MEIRELLES, M. S. P.; MOREIRA, F. R.; CAMARA, G. Técnicas de inferência especial. In: MEIRELLES, M. S. P.; CAMARA G.; ALMEIDA, C. M. de (Org.). *Geomática: modelos e aplicações ambientais*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

MENDONÇA, F. Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica: proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. *R. RA'EGA*, Curitiba, n.3, p. 67-89, 1999.

MENDONÇA, J. K. S.; GUERRA, A. J. T. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: Reflexões sobre a geografia física no Brasil. VITTE, C. A; GUERRA, A. J. T. (orgs.). Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2004. p. 225-251.

MENEZES, J. *et al.* Índice de vulnerabilidade à erosão para uma bacia na Mesorregião do São Francisco pernambucano, a partir das relações entre morfogênese e pedogênese. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, ano 8, nº 7, p. 45-56, 2007.

MISI, A.; SILVA, M. G. *Embasamento Arqueano-Proterozóico Inferior do Cráton do São Francisco no Nordeste da Bahia*. Série Roteiros Geológicos. Salvador: SGM - Superintendência de Geologia e Recursos Minerais da Bahia, 1998. 194 p.

MONIZ, A. C. Decomposição de Rochas e Formação de Minerais de Argila. In: _____. (Org.). *Elementos de Pedologia*. São Paulo: Ed. da USP, 1972. p. 305-323.

MOREIRA, F. R; CÂMARA, G.; BARBOSA, C.; ALMEIDA FILHO, R. Inferência Geográfica e Suporte à Decisão. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos-SP. INPE, 2001. p. 01-05. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>>. Acesso em: 04 de ago. 2010.

MOURA, A. C. M. *Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano*. Belo Horizonte: Ed. da Autora, 2003. 294 p.

_____. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em análise de multicritérios. IN: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, *Anais...* Florianópolis: INPE, 21-26 de abril de 2007. p. 2899-2906.

_____. Discussões metodológicas para aplicação do modelo de Polígonos de Voronoi em estudos de áreas de influência fenômenos em ocupações urbanas – estudo de caso em Ouro Preto – MG. In: VII ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS REGIONAIS E URBANOS – ENABER. *Anais...* São Paulo: FEA/USP, 9-11 setembro 2009.

NEVES, P. C. P. das; SCHENATO, F.; BACHI, F. A. *Introdução à Mineralogia Prática*. 2. ed. Canoas: Ed. da ULBRA, 2008. 336 p.

OLIVEIRA, J.B. Fatores de formação. In: MONIZ, Antonio C. (Org.). *Elementos de Pedologia*. São Paulo: Ed. da USP, 1972. p. 275-289.

_____. *Pedologia Aplicada*. 3. ed. Piracicaba-SP: FEALQ, 2008. 592 p.

OLIVEIRA, P. T. S. de; RODRIGUES, D. B. B.; ALVES SOBRINHO, T.; PANACHUKI, E. Processo analítico hierárquico aplicado a vulnerabilidade natural a erosão. v. 28, n. 4, São Paulo, *Geociências*, p. 417-424, 2009.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Org.). *Geomorfologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 90-115.

PATON, T.R. *The formation of soil material*. London: George Allen & Unwin, 1978. 143p.

PENTEADO, M. M. *Fundamentos de Geomorfologia*. Rio de Janeiro: IBGE, 1974. 158 p.

PINHEIRO, C. F. *Avaliação geoambiental do município de Jacobina-BA através das técnicas de geoprocessamento: um suporte ao ordenamento territorial*. 2003, 231 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.

PRUSKI, F. F. Fatores que interferem na erosão hídrica do solo. In: PRUSKI, F. F. (Ed.). *Conservação de água e solo: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica*. 2.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009. p. 40-73.

QUEIROZ NETO, J. P. de. Análise Estrutural da Cobertura Pedológica no Brasil. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21, Campinas. *Anais...* Campinas, CBCS, p1988. p. 415-430.

RAFFO, J. Geoprocessamento: a nova cartografia da Geografia. In: LEMOS, Amália I. G. de; GALVANI, E. (Org.). *Geografia, tradições e perspectivas: Interdisciplinaridade, meio ambiente e representações*. Buenos Aires: Clacso; São Paulo: Expressão Popular, 2009. p. 235-243.

RANZANI, G. *Manual de levantamento de solos*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1969. 158 p.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CÔRREA, G. F. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 5. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2007. 322 p.

- ROSS, J. L. S. *Geomorfologia, Ambiente e Planejamento*. São Paulo: Editora Contexto, 1997. 86 p.
- RUBERTI, E.; SZABÓ, G. A. J.; MACHADO, R. Rochas Metamórficas. In: TEIXEIRA, W. *et al. Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 382-398.
- SALOMÃO, F. X. de T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). *Erosão e conservação dos solos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229-267.
- SANTOS, R. D. *et al.* Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5. ed. Viçosa: SBCS, 2005. 92 p.
- SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. *Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*. São Carlos: RiMa, 2003. 140 p.
- SOUZA, H. C. A. *Ouro na Serra de Jacobina*. Rio de Janeiro: DNPM, 1942. 49 p. (Boletim DNPM/DGM, 51).
- SZABÓ A.J. Gergely; BABINSKI, M.; TEIXEIRA, W. Rochas Ígneas. In: TEIXEIRA, W. *et al. Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 328-346.
- TOLEDO, M. C.; OLIVEIRA, S. M. B.; MELFI, A. J. Intemperismo e Formação do Solo. In: TEIXEIRA, W. *et al. Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 140-166.
- TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, SUPREN/IBGE, 1977. 97 p.
- TRICART, J.; SANTOS, M.; SILVA, T. C. da; CARVALHO, A. D. S. Estudos de Geografia da Bahia: *Geografia e Planejamento*. Salvador, Universidade da Bahia, 1958.
- VALADÃO, R. C. *Evolução de longo termo do relevo do Brasil Oriental: desnudação, superfícies de aplanamento e soerguimentos crustais*. 1998. 242 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1998.
- VIEIRA, L. S. *Manual da ciência do solo: com ênfase aos Solos Tropicais*. 2. ed. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1988. 464 p.
- XAVIER-DA-SILVA, J. *Geoprocessamento para análise ambiental*. Rio de Janeiro: J. Xavier da Silva, 2001. 228 p.
- WILLIAMS, H.; TURNER, F. J.; GILBERT, C. M. Petrografia: *Uma Introdução ao Estudo das Rochas em Seções Delgadas*. São Paulo: Ed. Polígono, 1970. 424 p.

APÊNDICE A

DESCRIÇÃO GERAL E MORFOLÓGICA DOS PERFIS

PERFIL n° 1 (P-01)

DATA – 12/03/2010

CLASSIFICAÇÃO - NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – RLdh.

LOCALIZAÇÃO – Porção Sul da Microbacia do Córrego do Coxo, Zona Rural do Município de Jacobina-BA. Coordenadas UTM 338654 e 8761598 Zona 24 L.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Descrito e coletado em barranco de corte de estrada no terço inferior da encosta com aproximadamente 45% de declive.

ALTITUDE - 475 metros

LITOLOGIA – Andaluzita-xistos associados a ortoquartzitos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Rio do Ouro - Grupo Jacobina.

PEDREGOSIDADE – Muito pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Forte ondulado a montanhoso.

EROSÃO – Moderada.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Ecótono de floresta estacional / caatinga arbórea / refúgio ecológico montano.

USO ATUAL – Conservação.

DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0 - 30 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/3, úmido), bruno-avermelhado (2,5YR 5/3, seco); média; moderada pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e ondulada.

A2 30 - 45 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3, úmido), vermelho-acinzentado (10R 5/3, seco); média; moderada pequena blocos subangulares; ligeiramente dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e irregular.

Raízes - Muitas finas e médias no horizonte A1; comuns finas e raras médias no A2.

PERFIL n° 2 (P-02)

DATA – 12/03/2010

CLASSIFICAÇÃO - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – RQo1.

LOCALIZAÇÃO – Próximo da antiga área de extração de areia, porção Sul da Microbacia do Córrego do Coxo, Zona Rural do Município de Jacobina-BA. Coordenadas UTM 338668 e 8761778 Zona 24L.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil descrito e coletado em barranco no terço inferior da encosta com aproximadamente 40% de declive.

ALTITUDE - 475 metros.

LITOLOGIA – Ortoquartzitos Puros.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Rio do Ouro - Grupo Jacobina.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Moderada.

DRENAGEM – Excessivamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Ecótono de floresta estacional / caatinga arbórea / refúgio ecológico montano.

USO ATUAL – Não classificado (mineração desativada).

DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0 - 26 cm, cinzento-claro (10 YR, 7/1, úmido), cinzento-claro (10 YR, 7/1, seco); arenosa; sem unidades estruturais; solta, muito friável, não-plástica e não-pegajosa; transição difusa e plana.
- C 26 - 150⁺ cm, branco (10 YR, 8/1, úmido), branco (10 YR, 8/1, seco); arenosa; sem unidades estruturais; solta, solta, não-plástica e não-pegajosa.

Raízes - Comuns finas no horizonte A; poucas finas no horizonte e C.

PERFIL n° 3 (P-03)

DATA - 31/03/2010.

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO - CXve.

LOCALIZAÇÃO - Porção Sul da Microbacia do Córrego do Coxo, Zona Rural do Município de Jacobina-BA. Coordenada UTM 338818 e 8761705 Zona 24L.

SITUAÇÃO E DECLIVE - Perfil descrito e coletado em trincheira aberta no terço inferior da encosta com aproximadamente 6% de declive.

ALTITUDE - 459 metros.

LITOLOGIA - Andaluzita-xisto.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Formação Cruz das almas - Complexo Itapicuru.

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não rochosa.

RELEVO LOCAL - Suave ondulado.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta estacional semidecidual.

USO ATUAL - Reserva/repouso com vegetação secundária.

DESCRITO E COLETADO POR - Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 40 cm, bruno-acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido), bruno (10YR 5/3, seco); média; moderada grande a muito grande blocos subangulares; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.
- Bi1 40 - 70 cm, bruno-escuro (10YR 3/3, úmido), bruno (10YR 5/3, seco); média; moderada pequena a grande blocos subangulares; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.
- Bi2 70 - 110⁺ cm, bruno (10 YR 4/3, úmido), cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, seco); média; moderada grande a muito grande blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, não-plástica e não-pegajosa.

Raízes - Muitas grossas, médias e finas no horizonte A; poucas finas no Bi1.

PERFIL n° 4 (P-04)

DATA – 01/04/2010

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – CXvd1.

LOCALIZAÇÃO – Fundo da residência do Sr. George, porção Sul da Microbacia do Córrego do Coxo, Zona Rural do Município de Jacobina-BA. Coordenadas UTM 338818 e 8762178 Zona 24L.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil descrito e coletado em barranco no terço inferior da encosta com aproximadamente 40% de declive.

ALTITUDE - 418 metros.

LITOLOGIA – Andaluzita-xistos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Cruz das Almas - Complexo Itapicuru.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Ligeira).

DRENAGEM – Acentuadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta estacional semidecidual.

USO ATUAL – Plantio de mandioca.

DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 42 cm, bruno-escuro (7,5YR 3/2, úmido), bruno-escuro (7,5YR 3/3, seco); média; moderada grande a muito grande blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
- Bi1 42 – 85 cm, bruno-escuro (7,5 YR 3/4, úmido), bruno (7,5 YR 4/4, seco); média; moderada média a grande blocos subangulares; dura, firme, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
- Bi2 85 - 150⁺ cm, bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido), bruno-forte (7,5YR 5/6, seco); média; moderada grande blocos subangulares; muito dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Raízes - Comuns grossas, médias e finas no horizonte A; raras finas e grossas no Bi1.

PERFIL n° 5 (P-05)

DATA – 07/04/2010

CLASSIFICAÇÃO - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico húmico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – RQo2.

LOCALIZAÇÃO – Fundo de vale transversal na porção central da Microbacia do Córrego do Coxo, Zona Rural do Município de Jacobina-BA. Coordenadas UTM 338319 e 8764300 Zona 24L.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil descrito e coletado em trincheira aberta a menos de 10 metros de um riacho (afluente do Córrego do Coxo) com aproximadamente 20% de declive.

ALTITUDE – 607 metros.

LITOLOGIA – Rochas básicas e intermediárias, cobertas por colúvios arenosos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Intrusões de rochas básicas e intermediárias no Grupo Jacobina.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Ondulado a forte ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – acentuadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta estacional semidecidual.

USO ATUAL – Conservação.

DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 40 cm, preto (10YR, 2/1, úmido), cinzento-escuro (10YR 4/1, seco); arenosa; fraca média a grande granular; macia, muito friável, não-plástica e não-pegajosa; transição difusa e plana.
- C 40 - 135⁺ cm, preto (10YR, 2/1, úmido), cinzento-escuro (10 YR 4/1, seco); arenosa; fraca média a grande granular; macia, muito friável, não-plástica e não-pegajosa.

Raízes - Muitas grossas, médias e finas no horizonte A; comuns grossas, médias e finas no C.

PERFIL n° 6 (P-06)

DATA – 07/04/2010

CLASSIFICAÇÃO - NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – RLdh.

LOCALIZAÇÃO – Vale transversal na porção central da Microbacia do Córrego do Coxo, Zona Rural do Município de Jacobina-BA. Coordenadas UTM 338249 e 8764287 Zona 24L.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil descrito e coletado em trincheira aberta no terço inferior da encosta com aproximadamente 50% de declive.

ALTITUDE – 625 metros.

LITOLOGIA – Rochas básicas e intermediárias.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Intrusões de rochas básicas e intermediárias no Grupo Jacobina.

PEDREGOSIDADE – Muito pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Montanhoso.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta estacional semidecidual.

USO ATUAL – Conservação.

DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 18 cm, bruno muito escuro (10YR 2/2, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, seco); argiloso; forte pequena a média granular; dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e irregular.

Raízes - Muitas grossas, médias e finas.

PERFIL n° 7 (P-07)

DATA – 07/04/2010

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – CXvd2.

LOCALIZAÇÃO – Margem da estrada vicinal na porção central da Microbacia do Córrego do Coxo, Zona Rural do Município de Jacobina-BA. Coordenadas UTM 338628 e 8763432 Zona 24L.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil descrito e coletado em barranco de corte de estrada no terço inferior da encosta com aproximadamente 25% de declive.

ALTITUDE – 528 metros

LITOLOGIA – Serpentinó.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Ultramafitos entre o Grupo Jacobina e Complexo Itapicuru.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Moderada.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta estacional semidecidual.

USO ATUAL – Pastagem.

DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 38 cm, bruno-escuro (10YR 3/3, úmido), cinzento (10YR 6/1, seco); média; moderada média granulares e blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
- Bi1 38 - 90 cm, bruno (10YR 5/3, úmido), bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3, seco); média; forte média blocos subangulares; dura, firme, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
- Bi2 90 - 150⁺ cm, bruno-amarelado escuro (10YR 4/6, úmido), bruno-amarelado (10 YR 5/4, seco); média a argilosa; forte pequena e média blocos subangulares; dura, firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

RAÍZES - Muitas finas e raras médias no horizonte A; comuns finas e raras médias no subhorizonte Bi1.

PERFIL n° 8 (P-08)

DATA – 08/04/2010

CLASSIFICAÇÃO - NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico típico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – RYq.

LOCALIZAÇÃO – Confluência do Coxo com o Rio Itapicuru-Mirim no extremo Sul da Microbacia do Córrego do Coxo, Zona Rural do Município de Jacobina-BA. Coordenadas UTM 0338700 e 8761004 Zona 24 L.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil descrito e coletado em trincheira aberta na margem direita do Córrego do Coxo no fundo do vale, com aproximadamente 3% de declive.

ALTITUDE – 445 metros.

LITOLOGIA – Sedimentos inconsolidados arenosos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Sedimentos Quaternários.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa

ROCHOSIDADE – Não rochosa

RELEVO LOCAL – Plano.

EROSÃO – Ligeira.

DRENAGEM – Fortemente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Mata Ciliar.

USO ATUAL – Conservação. Atualmente existe uma capoeira, com arbustos esparsos de baixo e médio porte.

DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 20 cm, cinzento (10YR 6/1 úmido), cinzento-claro (10YR, 7/1, seco); arenosa; sem unidades estruturais; solta, solta, não-plástica e não-pegajosa; transição abrupta e plana.
- C1 20 – 62 cm, cinzento (10YR 6/1 úmido), cinzento-claro (10YR, 7/1, seco); arenosa; sem unidades estruturais; solta, solta, não-plástica e não-pegajosa; transição abrupta e plana.
- C2 62 – 83 cm, bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, úmido), bruno muito claro-acinzentado

(10YR 7/3, seco); arenosa; sem unidades estruturais; solta, solta, não-plástica e não-pegajosa; transição abrupta e plana.

C3 83 - 120+ cm, bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, úmido), bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3, seco); arenosa; sem unidades estruturais; solta, solta, não-plástica e não-pegajosa; transição abrupta.

Raízes - Poucas finas, médias e grossas no horizonte A; comuns finas e médias em C1; poucas finas em C2.

PERFIL n° 9 (P-09)

DATA – 08/04/2010

CLASSIFICAÇÃO - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico (RYve).

UNIDADE DE MAPEAMENTO – Associação com CXve.

LOCALIZAÇÃO – Aproximadamente 20 metros do leito do Córrego do Coxo (margem direita), porção Sul da Microbacia do Córrego do Coxo, Zona Rural do Município de Jacobina – BA. Coordenadas UTM 338689 e 8761600 Zona 24L.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil descrito e coletado em trincheira aberta no fundo do vale, com aproximadamente 1% de declive.

ALTITUDE – 465 metros.

LITOLOGIA – Aluviões recobrimdo xistos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Ultramafitos associados com o Grupo Jacobina e Complexo Itapicuru.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Plano.

EROSÃO – Não aparente

DRENAGEM – Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta estacional semidecidual.

USO ATUAL – Conservação.

DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 - 44 cm, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido), cinzento (10YR 5/1, seco); média; moderada média blocos subangulares e granulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

C1 44 - 62 cm, bruno (10YR 4/3, úmido), cinzento (10YR 6/1, seco); arenosa; sem unidades estruturais; solta, solta, não-plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

C2 62 – 87 cm, bruno-acinzentado (10YR 3/3, úmido), cinzento (10YR 6/1, seco); arenosa; sem unidades estruturais; solta, solta, não-plástica e ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.

C3 87 – 105+ cm, bruno (10YR 5/3, úmido), cinzento-brunado claro (10YR 6/2, seco); arenosa; sem unidades estruturais; solta, solta, não-plástica e não-pegajosa.

RAÍZES - Comuns finas e médias, raras grossas no horizonte A; raras finas e médias no C1 e C2. Presença de 2 cm de serrapilheira na superfície.

PERFIL n° 10 (P-10)

DATA – 09/04/2010

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico úmbrico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – CXvd1.

LOCALIZAÇÃO – Margem da estrada vicinal que dá acesso a rampa de decolagem de Asa Delta, na Porção Sul da Microbacia do Córrego do Coxo, Zona Rural do Município de Jacobina-BA. Coordenadas UTM 339393 e 8762137 Zona 24L;

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil descrito e coletado em trincheira aberta no topo da Serra com aproximadamente 1% de declive.

ALTITUDE – 675 metros.

LITOLOGIA – Andaluzita-xistos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Cruz das Almas - Complexo Itapicuru.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Plano.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta estacional Semidecidual.

USO ATUAL – Conservação.

DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 32 cm, bruno-acinzentado escuro (10YR 3/3, úmido), bruno (10YR 5/3, seco); argilosa; forte média a grande granular; dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.
- Bi1 32 - 80 cm, bruno (10YR 5/3, úmido), bruno-amarelado claro (10YR 6/4, seco); argilosa; forte média a grande blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
- Bi2 80 - 115⁺ cm, bruno (10YR 5/3, úmido), bruno-amarelado (10YR 5/4, seco); argilosa; moderada pequena a média blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa.

RAÍZES - Muitas finas, médias grossas e muito grossas no horizonte A; comuns finas, médias e grossas e muito grossas no horizonte Bi1; poucas finas e médias no horizonte Bi2.

PERFIL n° 11 (P-11)

DATA – 09/04/2010

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico latossólico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – CXbe.

LOCALIZAÇÃO – Margem da estrada vicinal que dá acesso a rampa de decolagem de Asa Delta, na Porção Sul da Microbacia do Córrego do Coxo, Zona Rural do Município de Jacobina-BA. Coordenadas UTM 0339055 e 8761685 Zona 24L.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil descrito e coletado em barranco de corte de estrada no terço médio a superior da encosta com aproximadamente 35% de declive.

ALTITUDE – 566 metros.

LITOLOGIA – Andaluzita-xistos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Cruz das Almas - Complexo Itapicuru.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Forte (estrada).

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta estacional semidecidual.

USO ATUAL – Conservação.

DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 30 cm, bruno-forte (7,5YR 5/6, úmido), vermelho-acinzentado (7,5YR 4/6, seco); argilosa; forte média a grande blocos subangulares; muito dura, firme, plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.
- Bi1 30 - 70 cm, vermelho-amarelado (5 YR 4/6, úmido), bruno-avermelhado (5YR 5/4, seco); argilosa; forte média a grande blocos subangulares e angulares; extremamente dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.
- Bi2 70 - 138⁺ cm, vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido), vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco); muito argilosa; forte média a grande blocos subangulares; extremamente dura, firme, muito plástica e muito pegajosa.

RAÍZES - Muitas finas, médias, grossas e muito grossas no horizonte A; comuns finas e médias no subhorizonte Bi1; poucas finas e médias no subhorizonte Bi2.

PERFIL n° 12 (P-12)

DATA – 23/04/2010

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – CHd.

LOCALIZAÇÃO – Proximidades da nascente do Córrego do Coxo (há pouco mais de 70 metros), na margem direita, na Porção Norte da Microbacia, Zona Rural do Município de Jacobina-BA. Coordenadas UTM 338986 e 8768023 Zona 24 L.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil descrito e coletado em trincheira aberta no terço inferior da encosta, com aproximadamente 20% de declive.

ALTITUDE – 675 metros.

LITOLOGIA – Filitos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Itapicuru.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não Rochosa.

RELEVO LOCAL – Ondulado a forte ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta estacional semidecidual.

USO ATUAL – Conservação.

DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 35 cm, cinzento-avermelhado-escuro (2,5YR 4/1, úmido), vermelho-acinzentado (5YR 4/2, seco); média a argilosa; forte média a grande granular; dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.
- B1 35 - 75 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmido), vermelho-amarelado (5YR 4/6, seco); argilosa; moderada média a grande blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.
- B2 75 - 100⁺ cm, vermelho (2,5YR 4/6, úmido), vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco); argilosa; moderada grande blocos subangulares; ligeiramente dura, firme, plástica e muito pegajosa.

RAÍZES - Muitas finas e médias no horizonte A; comuns finas e médias no horizonte B1; poucas grossas no horizonte B2.

Perfil – n° 13 (P-13)

DATA – 24/04/2010.

CLASSIFICAÇÃO - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – RLd.

LOCALIZAÇÃO – Terço médio da encosta (meio da mata). Coordenada UTM 338598 e 8761584 Zona 24L;

SITUAÇÃO, DECLIVE – Terço médio da encosta com aproximadamente 50% de declive.

Altitude - 498 metros de altitude.

LITOLOGIA – Xistos em associação com ortoquartzitos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Rio do Ouro - Grupo Jacobina.

PEDREGOSIDADE – Extremamente pedregosa.

ROCHOSIDADE – Muito Rochosa.

RELEVO LOCAL – Montanhoso.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Acentuadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Ecótono de floresta estacional com campos rupestres.

USO ATUAL – Conservação.

DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0 - 18 cm, bruno-avermelhado (2,5YR 4/4, úmido), bruno-avermelhado (5YR 5/3, seco); média a argilosa; média a grande blocos subangulares; dura, friável, ligeiramente plástica e pegajosa; transição difusa e ondulada.

A2 18 - 30 cm, vermelho-amarelado (2,5YR 4/4, úmido), bruno-avermelhado (5YR 5/4, seco); média a argilosa; forte pequena a média blocos subangulares; muito dura, firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição gradual e irregular.

RAÍZES - Muitas finas, média e grossas no horizonte A1; comuns finas, médias e grossas no horizonte A2.

PERFIL n° 14 (P-14)

DATA – 24/04/2010.

CLASSIFICAÇÃO - NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – RLdh.

LOCALIZAÇÃO – Proximidades da residência do Sr. George, na porção Sul da Microbacia, Zona Rural do Município de Jacobina-BA. Coordenadas UTM 338886 e 8762194 Zona 24L.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil descrito e coletado em trincheira aberta no terço médio da encosta, com aproximadamente 60% de declive.

ALTITUDE – 510 metros.

LITOLOGIA – Quartzitos a conglomerados.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Itapicuru.

PEDREGOSIDADE – Muito pedregosa.

ROCHOSIDADE – Rochosa.

RELEVO LOCAL – Montanhoso.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Acentuadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Ecótono de floresta estacional / caatinga arbórea / refúgio ecológico montano.

USO ATUAL – Conservação.
DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 - 20 cm, bruno-escuro (10YR 3/3, úmido), bruno (10YR 5/3, seco); média; moderada pequena granulares e blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e ondulada.

RAÍZES - Muitas finas, médias, grossas e muito grossas.

PERFIL n° 15 (P-15)

DATA – 24/04/2010.

CLASSIFICAÇÃO - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – RLh.

LOCALIZAÇÃO – Porção Sul da Microbacia, Zona Rural do Município de Jacobina-BA. Coordenadas UTM 338492 e 8761749 Zona 24L.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil descrito e coletado em trincheira aberta no terço médio da encosta, com aproximadamente 75% de declive.

ALTITUDE – 550 metros.

LITOLOGIA – Ortoquartzitos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Rio do Ouro - Grupo Jacobina.

PEDREGOSIDADE – Extremamente pedregosa.

ROCHOSIDADE – Muito rochosa.

RELEVO LOCAL – Escarpado.

EROSÃO – Moderada.

DRENAGEM – Excessivamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Vegetação de refúgio ecológico montano.

USO ATUAL – Conservação.

DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 - 20 cm, cinzento (10 YR, 6/1, úmido), cinzento-claro (10YR, 7/1, seco); arenosa; sem unidades estruturais; solta, solta, não-plástica e não-pegajosa; transição abrupta e irregular.

RAÍZES - Muitas muito finas, finas, médias e grossas.

PERFIL n° 16 (P-16)

DATA – 05/05/2010

CLASSIFICAÇÃO - NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico fragmentário.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – RLdh.

LOCALIZAÇÃO – Margem da estrada vicinal que dá acesso ao Coxo de Dentro (próximo ao mirante), na Porção Norte da Microbacia do Córrego do Coxo, Zona Rural do Município de Jacobina-BA. Coordenadas UTM 338851 e 8768242 Zona 24L.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil descrito e coletado em barranco de corte de estrada no terço médio da encosta com aproximadamente 45% de declive.

ALTITUDE – 750 metros.

LITOLOGIA – Filitos.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Itapicuru

PEDREGOSIDADE – Pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa

RELEVO LOCAL – Montanhoso.

EROSÃO – Moderada.
 DRENAGEM – Bem drenado.
 VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta estacional semidecidual.
 USO ATUAL – Conservação.
 DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0 - 30 cm, bruno-escuro (7,5YR 3/3, úmido), bruno (7,5YR 4/4, seco); argilosa; forte média a grande granular; muito dura, firme, muito plástica e pegajosa; transição gradual e ondulada.
- A2 30 - 40 cm, vermelho-escuro-acinzentado (10 R 3/3, úmido), amarelo-avermelhado (7,5YR 7/6, seco); argilosa; forte média a grande granular; muito dura, firme, plástica e pegajosa; transição gradual e irregular.
- Raízes - Muitas finas médias e grossas no subhorizonte A1; poucas médias no subhorizonte A2.

PERFIL n° 17 (P-17)

DATA – 05/05/2010.
 CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico.
 UNIDADE DE MAPEAMENTO – CHd.
 LOCALIZAÇÃO – Proximidades da nascente do Córrego do Coxo, porção Norte da Microbacia, Zona Rural do Município de Jacobina-BA. Coordenadas UTM 0338987 e 8768202 Zona 24 L.
 SITUAÇÃO E DECLIVE – Perfil descrito e coletado em trincheira aberta no terço inferior da encosta com aproximadamente 35% de declive.
 ALTITUDE – 707 metros.
 LITOLOGIA – Filitos.
 FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Itapicuru.
 PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.
 ROCHOSIDADE – Não rochosa.
 RELEVO LOCAL – Forte ondulado.
 EROSÃO – não aparente.
 DRENAGEM – Bem drenado.
 VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta estacional semidecidual.
 USO ATUAL – Conservação.
 DESCRITO E COLETADO POR – Márcio Lima Rios

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 - 32 cm, cinzento-avermelhado-escuro (5YR 4/2, úmido), bruno-vermelho (5YR 5/3, seco); muito argilosa; forte pequena a média granular; dura, firme, plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.
- Bi1 32 – 90 cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido), vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco); muito argilosa; forte média a grande blocos subangulares; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.
- Bi2 90 - 133⁺ cm, vermelho-amarelado (5YR 5/8, úmido), amarelo-avermelhado (5YR 6/8, seco); muito argilosa; forte a media a grande blocos subangulares; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa.
- RAÍZES - Muitas finas, médias e grossas no horizonte A; comuns finas, médias e grossas no horizonte Bi1; poucas médias e grossas no horizonte Bi2.