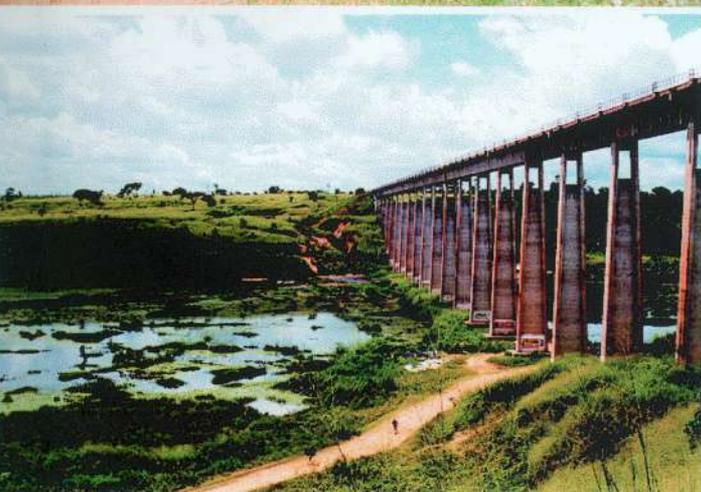
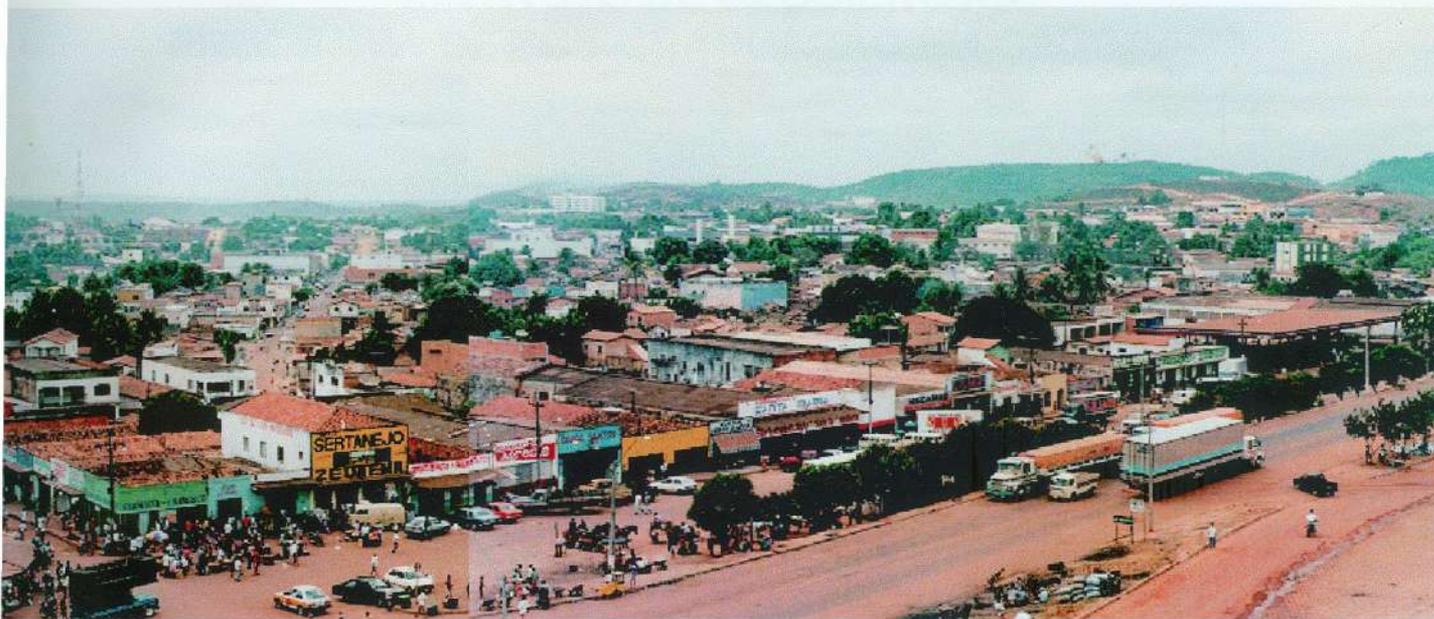


# MÔNICA DOS SANTOS MARÇAL

## SUSCETIBILIDADE À EROSÃO DOS SOLOS NO ALTO CURSO DA BACIA DO RIO AÇAILÂNDIA - MARANHÃO



RIO DE JANEIRO - RJ  
SETEMBRO - 2000

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO DOS SOLOS NO  
ALTO CURSO DA BACIA DO RIO AÇAILÂNDIA -  
MARANHÃO**

**Mônica dos Santos Marçal**

Instituto de Geociências – Departamento de Geografia  
UFRJ – Curso de Pós-Graduação em nível de Doutorado

Orientador: Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra

Rio de Janeiro  
Setembro/2000

T  
1106  
M3135

Faculdade de Geografia - Departamento de Geografia  
Pós-Graduação em nível de Doutorado

J. Dr. Antônio José Teixeira Guerra  
1002.0011

UFRJ	
Centro de Ciências Matemática e de Natureza Biblioteca Central	
N.º REGISTRO	DATA
969/01	25/04/2001
ORIGEM	
Doação - UFRJ/IGEO	

1002.0011

Rio de Janeiro  
Setembro 2000

## FICHA CATALOGRÁFICA

### **Suscetibilidade à Erosão dos Solos no Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia - Maranhão**

Marçal, Mônica dos Santos

Suscetibilidade à Erosão dos Solos no Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia – Maranhão – Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2000 – 2000 – 09 - 22

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Programa de Pós Graduação em Geografia, 2000

XX

Bibliografia: p.186 - 208

1. Erosão    2. Açailândia

I. Suscetibilidade à Erosão dos Solos no Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia - Maranhão

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos de Jesus, pela orientação, incentivo, apoio e oportunidades oferecidas durante o curso de graduação em Geografia.

Ao Prof. Dr. Mário Colliasseres Moraes, por sua orientação, incentivo e principalmente, pelas críticas e sugestões que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, apesar das dificuldades, pela infraestrutura oferecida para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação em Geografia da UFPA, por proporcionar o ambiente acadêmico durante a elaboração deste trabalho e também pelo pagamento das anuidades mensais que foram suportadas por meio da bolsa concedida pela CAPES para a realização deste trabalho.

Agradeço aos geógrafos que atuam na área de Geografia, especialmente na iniciação científica no curso de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Ana A. Costa Almeida, Ana C. de Menezes, Ana L. de Menezes, Andréia Cordeiro, Fátima Regina, Flávia, Ingrid, Juliana, Larissa, Luciana, Mariana e Marcia Borges, meu muito obrigado pela orientação, incentivo e apoio nas atividades iniciais de graduação e também pelo apoio na realização do trabalho no curso de geografia da UFPA.

Agradeço ao Prof. Dr. Antônio Carlos de Jesus, pela orientação, incentivo e principalmente nos primeiros meses de graduação, pelo apoio e incentivo no trabalho.

Agradeço a todos os amigos e familiares, especialmente os meus pais, Luiz Carlos e Lúcia, pela ajuda e colaboração durante a realização deste trabalho e também pelas informações.

Agradeço ao Prof. Dr. Antônio Carlos de Jesus, pela orientação, incentivo e principalmente nos primeiros meses de graduação, pelo apoio e incentivo no trabalho no curso de geografia da UFPA, especialmente pelo apoio e incentivo na realização do trabalho na área de estudo.

**Dedico este trabalho à população de Açailândia,  
especialmente aos moradores dos bairros  
mais prejudicados pela erosão.  
Que este ajude a encontrar soluções possíveis e  
adequadas à região**

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra, pela orientação, amizade, apoio e oportunidades oferecidas durante todo o desenvolvimento desta tese.

A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Célia Nunes Coelho, pelas oportunidades oferecidas e principalmente, pelas críticas e sugestões para a realização dos trabalhos que fizeram parte do desenvolvimento desta tese.

Ao Departamento de Geografia da Universidade Federal do Pará, que apesar das dificuldades, concedeu a liberação para o curso de doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ, pelo apoio acadêmico durante a elaboração deste trabalho e liberação de verba para o pagamento das análises mineralógicas que foram necessárias ao trabalho, e a CAPES pela bolsa concedida.

Agradeço aos geógrafos, que no início desta pesquisa eram bolsistas de iniciação científica no curso de geografia da Universidade Federal do Pará (UFPA), Ane A. Costa Alencar, Elza Lilia Gomes e Silva, Carmem Silva de Andrade Corrêa, Fátima Regina Lima Rua, Alice Barros da Costa, Luís Cláudio e Márcia Borges, meu muito obrigada pela colaboração, dedicação, eficiência e apoio nas atividades iniciais e convívio e amizade durante a realização do trabalho no curso de geografia da UFPA.

Agradeço as Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Goretti Tavares e Graça pelo apoio e amizade, principalmente nos primeiros momentos em que cheguei ao Rio para iniciar os trabalhos.

Agradeço a bolsista de iniciação à pesquisa da UFPA, Adaise Gouvea Lopes, pela ajuda e colaboração na aplicação de questionários e coleta de informações.

Agradeço ao Prof. Dr. Roberto Vizeu e a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Góes do Centro de Geociências da UFPA, pela colaboração com relação às informações geológicas da área de estudo.

Agradeço ao Prof. Dr. Franklin Antunes pela colaboração e ajuda nas discussões iniciais sobre o planejamento dos estudos e ao Prof. Dr. Nelson Fernandes pela atenção e empréstimos de livros e artigos que foram importantes para o trabalho.

Agradeço a todos os integrantes do LAGESOLOS que de alguma forma participaram e cooperaram para a realização deste trabalho. Em especial para a bolsista Simone Ferreira Garcia, pela realização das análises de laboratório, colaboração nas etapas de aquisição de materiais e confecção do mapa de declividade. A bolsista Renata Corato pela realização das análises de cascalho e ao bolsista Alexandre Mascarenhas pela colaboração nas análises de laboratório.

Agradeço a Prof<sup>a</sup> MSc Rosangela Garrido Machado Botelho, Pesquisadora do Lagesolos e Professora Visitante do Departamento de Geografia da UFRJ, pela indispensável colaboração nos trabalhos de campo e análise dos dados para realização do mapa de solo, além da colaboração nas discussões sobre a elaboração do trabalho como um todo.

Agradeço a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Helena Polivanov por permitir a realização da análise química no Laboratório de Via Úmida do Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Agradeço a amiga especial que conheci durante o curso de Pós-Graduação, Sônia Vidal pela convivência, apoio e colaboração durante todas as etapas do trabalho, em especial pela leitura crítica do trabalho.

Agradeço a amiga Roberta Ramalho pela carinhosa colaboração e apoio importantíssimo nos trabalhos de geoprocessamento, além da amizade e ajuda em momentos importantes para a realização do trabalho.

Agradeço à Prefeitura de Açailândia que apesar das dificuldades impostas pela realidade brasileira, pôde colaborar no que foi possível para a realização dos trabalhos de campo e coleta de informações. Destaco agradecimento ao motorista Luis Neto de Sousa, que com sua dedicação e responsabilidade proporcionou um trabalho de campo eficiente e proveitoso.

Agradeço a amiga Marli Rosa funcionária do ATUS/INPE –Rio de Janeiro, pela doação da imagem de satélite, que foi de fundamental importância para o desenvolvimento dos trabalhos aqui apresentado.

Agradeço imensamente a minha mãe que apesar de todas as dificuldades encontradas na vida, soube com sua sabedoria me mostrar o caminho e proporcionar conhecimento para chegar até aqui.

Agradeço ao meu marido, companheiro e amigo Carlos Alberto (Magoo) que sem dúvida alguma, me prestou uma valiosa colaboração em várias partes do trabalho, além da compreensão e apoio nos momentos que precisei... e que não foram poucos.

Agradeço aos meus filhos Bárbara e Pedro, que são fontes da minha inspiração para tudo que faço.

## RESUMO

MARÇAL, Mônica dos Santos. Suscetibilidade à Erosão dos Solos no Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia. Orientador: Antônio José Teixeira Guerra. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2000. Tese (Doutorado em Geografia).

A área selecionada para o presente estudo encontra-se inserida na bacia hidrográfica do rio Açailândia, porção central do município e foi denominada de alto curso da bacia do rio Açailândia. O processo de valorização e uso da terra pelo qual passou esta região, principalmente em função da implantação das rodovias e ferrovias, foi tão intenso que proporcionou a origem de muitos dos problemas ambientais que a região enfrenta nos dias atuais, dentre eles o problema da erosão por voçorocamento.

O objetivo principal da tese é explicar a suscetibilidade à erosão no alto curso da bacia do rio Açailândia, levando-se em consideração a compreensão dos processos de mudanças ocorridos na área de estudo. Os fatores solo, relevo, geologia, clima, vegetação e uso da terra combinados e associados à caracterização ambiental produziram um conjunto de novas informações importantes e necessárias para a compreensão da análise dos processos erosivos a nível regional, indicando ainda diretrizes de encaminhamento para estudos de maior detalhamento.

Em complementação a esta análise, o cruzamento entre as informações obtidas, através do geoprocessamento estabeleceu uma melhor integração na sua apreensão, individualizando as áreas potencialmente frágeis para a ocorrência das erosões. Utilizou-se o *software Idrisi for Windows 2.0* e *Auto CAD R14*. Os trabalhos envolveram atividades de gabinete, campo e laboratório.

Os fatores ambientais selecionados para o estudo apresentam respostas diferenciadas na ocorrência dos processos erosivos. O solo se apresenta como um fator preponderante na ocorrência da erosão, as quais são freqüentes nos setores onde ocorre a predominância dos solos mais arenosos, que no caso, correspondem à associação dos Latossolos. Nas áreas de ocorrência da associação dos Argissolos, que texturalmente são mais argilosos, se tem o registro de ocorrência de erosão, porém não de forma acelerada e expansiva como vem ocorrendo com a associação dos Latossolos.

Estas condições, quando analisadas juntamente com o clima da região de fortes chuvas concentradas, e o tipo de uso da terra caracterizado por intenso desmatamento para atividades agropastoris, alcançam delimitações e restrições impostas pelos elementos que estão influenciando na fragilidade do terreno, respondendo de forma diferenciada à questão da erosão. Alia-se a esse quadro, os problemas sociais em Açailândia decorrentes em grande parte, do processo e da forma de ocupação que se deu o município que não podem ser vistos dissociados ou alheios de um contexto histórico no qual se insere.

Combinado a esses fatores, observou-se ainda que existe uma tendência das feições erosivas de ocorrerem preferencialmente próximo às zonas de transição entre fácies de dissecação do relevo. Além disso, as informações de caráter geológico/estrutural indicam uma correlação das erosões com áreas de descontinuidades representadas por lineamentos da drenagem. Esses dois fatos somados, indicam que áreas consideradas como de descontinuidades (geológica ou geomorfológica) são potenciais à ocorrência de erosão.

A integração dos dados alcançados e representados no Mapa Síntese, evidenciam a área como caracteristicamente suscetível à ocorrência de erosão, ressaltando que nos setores urbano e industrial, a situação passa a ser crítica em função da interferência antrópica direta. Apesar de apresentar áreas pouco suscetíveis à erosão, estas não podem ficar isentas de sua ocorrência, principalmente, se um dos fatores mencionados forem potencializados localmente como, por exemplo, a retirada da vegetação.

## ABSTRACT

The Açailândia county is located in upstream Açailândia river basin, about 600Km of São Luis city northern Brazil. Extensive land use, new roads and railways have brought about several environmental problems, among them gully erosions.

The main goal of this thesis is to explain the susceptibility to erosion of the upstream basin area of the Açailândia river. The association of facts such as soil types, relief, geology, climate, vegetation and land use have issued new and important information on regional gully erosion processes.

In addition, by comparing information through geoprocessing (Idrisi for Windows 2.0 and Auto CAD R14) it was possible to individualize and point out potential fragil areas for erosion. The thesis work has included office, field, and laboratory activities.

Among the environmental factors, soil is one of the most important concerning gully erosion. The Latosoils are sand-rich and consequently are erosive prone. The Argisols are argillaceous, and less susceptible to erosion than Latosoils.

All the above conditions, when analysed with the highly concentrated heavy rainfalls, and deforestation for pastures, reach limitations and restrictions imposed by the elements controlling the terrain fragility, responding so in a different way to the erosion. It has also been observed that there is a tendency for erosional features to occur near the transition areas between dissected facies of the relief and in areas represented by drainage lineaments. These two facts point out that discontinuity areas, both, geological and geomorphological, have high potential for gully erosion.

The data integration is presented in the Syntesis Map and characterizes the area as susceptible to erosion. Moreover, we point out that in urban and industrial areas, the situation is critical due to human interferences. The areas that are less susceptible to erosion cannot be ruled out as potential erosive, mostly if triggering factors, such as the removing of vegetation has been initiated.

#### LISTA DE ANEXOS

1.	INTRODUÇÃO	01
2.	BACIA DO RIO AÇAI	02
2.1	- Histórico da Ocu	03
2.2	- Caracterização dos	05
3.	BASES CONCEITUAIS	20
3.1	- Análise Ambiental	25
3.1.1	- Meio Ambiente	25
3.1.2	- Bases de estratégias para a gestão do território e planejamento	30
3.1.3	- Geoprocessamento e análise de dados	35
3.2	- Pedologia e Geomorfologia	37
3.2.1	- Formação dos solos	38
3.2.2	- Dinâmica hidrográfica	41
3.2.3	- Dinâmica erosiva	44
3.2.4	- A importância da Pedologia no planejamento do território	50
4.	METODOLOGIA	52
4.1	- Trabalhos de gabinete	52
4.2	- Campanhas de campo	53
4.2.1	- Reconhecimento	53
4.2.2	- Mapeamento	55
4.2.3	- Identificação	55
4.2.4	- Aplicação de	55

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	xiv
<b>LISTA DE TABELAS</b>	xviii
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	xix
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	01
<b>2. BACIA DO RIO AÇAILÂNDIA NO CONTEXTO AMAZÔNICO</b>	08
2.1 – Histórico da Ocupação	08
2.2 – Caracterização dos aspectos físicos	13
<b>3. BASES CONCEITUAIS</b>	26
3.1 – Análise Ambiental	27
3.1.1 – Meio Ambiente e degradação ambiental	27
3.1.2 – Bacia de drenagem como unidade de análise e planejamento ambiental	30
3.1.3 – Geoprocessamento como técnica de análise ambiental	33
3.2 – Pedologia e Geomorfologia no estudo dos processos erosivos	37
3.2.1 – Formação dos solos e relevo	37
3.2.2 – Dinâmica hidrológica no sistema solo-relevo	44
3.2.3 – Dinâmica erosiva no sistema solo-relevo	49
3.2.4 – A importância da Pedologia e da Geomorfologia no planejamento do uso do solo	60
<b>4. METODOLOGIA</b>	63
4.1 – Trabalhos de gabinete	65
4.2 – Campanhas de campo	65
4.2.1 – Reconhecimento e identificação das feições erosivas	65
4.2.2 – Mapeamento e monitoramento das erosões	66
4.2.3 – Identificação e levantamento das unidades estudadas	68
4.2.4 – Aplicação de questionários	68

4.3 – Análises de laboratório	69
4.4 – Interpretação de fotografias aéreas, imagens de satélites e mapeamentos	70
4.5 - Geoprocessamento	74
<b>5. ALTO CURSO DA BACIA DO RIO AÇAILÂNDIA: Caracterização Sócio-Ambiental</b>	<b>76</b>
5.1 – Solos	
5.2 – As formas de relevo e as características dos solos	94
5.3 – Condições geológicas e estruturais	108
5.4 – Transformação do Uso da Terra – 1985, 1991 e 1996	113
<b>6. ANÁLISE DOS PROCESSOS EROSIVOS</b>	<b>127</b>
6.1 – Processos erosivos nas áreas rurais	127
6.1.1– Relações entre os aspectos sócio-ambientais e processos erosivos	127
6.1.2 –Dinâmica dos processos erosivos em função das características do ambiente	135
6.2 – Processos erosivos em área urbana	144
6.2.1 – Distribuição e evolução das voçorocas	144
6.2.2 – Problemas sociais causados pelas voçorocas	158
<b>7. INTEGRAÇÃO DOS DADOS E ESPACIALIZAÇÃO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS À EROSÃO</b>	<b>168</b>
7.1 – Análise do cruzamento 1 (C1): Solos x Geomorfologia x Feições Erosivas	173
7.2 – Análise do Cruzamento 2 (C2): C1 x Uso da Terra x Feições Erosivas	175
7.3 – Análise do Mapa Síntese	177
<b>8. CONCLUSÕES</b>	<b>179</b>
<b>9. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>186</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização da área de estudo, no município de Açailândia .....	7
Figura 2 -	Província Sedimentar do Meio Norte. A Bacia do Grajaú tem seus limites estruturais ressaltados (Góes, 1995; Góes e Coimbra, 1996 <i>In</i> Anaisse Júnior, 1999). A região de Açailândia está situada na parte sudoeste, no domínio da Serra do Tiracambu. ....	14
Figura 3 -	Delimitação da Bacia do Grajaú e unidades representativas de seu preenchimento sedimentar. O Arco Urbano Ferrer-Santos é indicado por linha <i>hachuriada</i> por não se constituir em barreira geográfica após o final do cretáceo Inferior (Góes <i>et al.</i> , 1999). ....	15
Figura 4 -	Diagrama mostrando os setores de relevo da região situada entre a Ilha do Maranhão e a Serra dos Carajás. As linhas de cor vermelha correspondem às faixas críticas, sob o ponto de vista erosivo (Ab'Saber, 1990). Observar que a região de Açailândia está inserida em uma dessas faixas. ....	20
Figura 5 -	Comparação dos dados da pluviosidade anual entre os anos de 1990 a 1996. Estação meteorológica da Fazenda Itabaiana, próximo a cidade de Açailândia, pertencente a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD).....	25
Figura 6 -	Comparação das médias anuais das temperaturas entre os anos 1991 a 1996 (Estação Meteorológica da CVRD).....	25
Figura 7 -	Mapa de Solos do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia. P= Associação de solos Argissolo Vermelho-Amarelo+Argissolo Amarelo+ <i>intergrade</i> com Latossolo. LA= Latossolo Amarelo. LVA1= Latossolo Vermelho-Amarelo. LVA2= Associação de solos Latossolo Vermelho-Amarelo+Latossolo Amarelo+ <i>intergrade</i> com Argissolo. ....	78
Figura 8 -	Latossolo Vermelho-Amarelo com horizonte A proeminente, Ponto N° 1. ....	81
Figura 9 -	Neossolo Quartzarênico com horizonte A húmico, Ponto N° 4. ....	81
Figura 10 -	Argissolo Vermelho-Amarelo com textura muito argilosa, Ponto N° 8. ....	83
Figura 11 -	Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico com textura franco-argilo-arenosa, Ponto N° 9.....	84
Figura 12 -	Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico com textura franco-argilo-arenosa, Ponto N° 9. ....	84
Figura 13 -	Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico com textura franco-arenosa, Ponto N° 5. ....	85
Figura 14 -	Latossolo Amarelo latossólico com linha de seixo, Ponto N° 1. ....	85

Figura 15 - Difratoformas de raio-X fração argila natural. Caulinita Ponto 1, (B) Ponto 2 e (C) Ponto 4. ....	92
Figura 16 - Difratoformas de raio-X fração argila natural. Caulinita (A) Ponto 1, (B) Ponto 2 e (C) Ponto 4. ....	93
Figura 17 - Difratoformas de raio-X fração argila natural. Caulinita (A) Ponto 14, (B) Ponto 26, (C) Ponto 28 e (D) Ponto 30. ....	94
Figura 18 - Perfil esquemático do relevo do município de Açailândia (Marçal e Corrêa, 1995). ....	95
Figura 19 - Mapa Geomorfológico do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia. ....	97
Figura 20 - Mapa de Declividade do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia. Fonte: Garcia <i>et al.</i> , 1998. SAGA/UFRJ. ....	98
Figura 21 - Modelo Digital do Terreno do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia. ....	99
Figura 22 - Vista do relevo no município de Açailândia. Em primeiro plano, colinas amplas e suaves que correspondem à fácies de dissecação F1; ao fundo a presença de uma superfície de aplainamento Pd3 que corresponde a Serra do Tiracambu. ....	101
Figura 23 - Vista do relevo em forma de dissecação F2, com topos convexos e baixa densidade de cobertura vegetal. Zona rural, oeste da área. ....	102
Figura 24 - Vista do relevo em forma de dissecação F3, com topos convexos e intensa atividade antrópica. Zona rural, região central da área. ....	103
Figura 25 - Vale do rio Açailândia com seu leito apresentando fraco grau de aprofundamento, conseqüência do assoreamento causado por um grande índice de dissecação do relevo. A seta indica o leito do rio que está quase todo ocupado por vegetação. ....	103
Figura 26 - Mapa de Drenagem do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia. ...	105
Figura 27 - Perfil longitudinal do rio Açailândia no percurso que abrange a nascente até o limite norte da área de estudo, correspondendo ao alto curso. ....	106
Figura 28 - Composição do Modelo Digital do Terreno e Mapa de Solos do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia, para observação da distribuição do solo no relevo. ....	109
Figura 29 - Afloramento de corte de estrada na BR-222. Corresponde a arenitos finos, estratificados, de cor variando entre vermelho a rosa esbranquiçado. ....	111
Figura 30 - Afloramento na BR-010 constituído de arenito. Seta indica a presença da faixa de seixo bastante argilosa com espessura em torno de 40 cm. ....	111
Figura 31 - Mapa de Lineamento de Drenagem e Feições Erosivas do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia. ....	114
Figura 32 - Transformação do Uso do Solo no Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia. Fonte: Imagens de Satélite Landsat TM/5 de 1985, 1991 e 1996. ....	117

Figura 33 -	Mapa de Uso do Solo do Alto Curso da Bacia do Rio Açaílândia – 1985. Fonte: Imagem de Satélite Landsat TM/5 de 1985. ....	118
Figura 34 -	Mapa de Uso do Solo do Alto Curso da Bacia do Rio Açaílândia – 1991. Fonte: Imagem de Satélite Landsat TM/5 de 1991. ....	120
Figura 35 -	Mapa de Uso do Solo do Alto Curso da Bacia do Rio Açaílândia – 1996. Fonte: Imagem de Satélite Landsat TM/5 de 1996. ....	123
Figura 36 -	Voçoroca no bairro do Jacu, lado oeste da cidade. Vista da parte de cima da voçoroca que termina com o assoreamento do rio Jacu. Observar a encosta desmatada com ocorrência de ravinas. ....	125
Figura 37 -	Vista da voçoroca localizada no bairro Laranjeiras, parte leste da cidade. Região com predomínio do Latossolo. ....	126
Figura 38 -	Vista da voçoroca localizada no bairro Laranjeiras. Grande parte dos sedimentos são transportados para o córrego Boa Esperança. ....	126
Figura 39 -	Representação gráfica da análise granulométrica das voçorocas monitoradas na cidade de Açaílândia. ....	129
Figura 40 -	Vista da voçoroca do Jacu. A seta indica o local de deposição de areia fina em sua base, formando um cone de deposição. ....	130
Figura 41 -	Assoreamento do rio Jacu, em frente a voçoroca do Jacu. ....	130
Figura 42 -	Representação gráfica da análise granulométrica em Latossolo Amarelo -Ponto 2. ....	132
Figura 43 -	Representação gráfica da análise granulométrica em Latossolo Vermelho-Amarelo – Ponto 1. ....	132
Figura 44 -	Representação gráfica da análise granulométrica em Argissolo Vermelho-Amarelo – Ponto 20. ....	132
Figura 45 -	Fatores ambientais que influenciam na erosão dos solos em Açaílândia. ....	135
Figura 46 -	Erosão laminar em Argissolo Vermelho-Amarelo. Zona rural, parte oeste da área. ....	137
Figura 47 -	Corte de estrada na BR-010, próximo à cidade de Açaílândia. Erosão em ravina no Latossolo Vermelho-Amarelo. ....	137
Figura 48 -	Erosão em voçoroca no Latossolo Amarelo, zona rural. ....	138
Figura 49 -	Erosão em voçoroca no Latossolo Vermelho-Amarelo, zona rural. ....	138
Figura 50 -	Representação a nível de afloramento da ação do processo erosivo pelo escoamento superficial das águas, nas áreas onde ocorrem convergências de fluxos ( <i>hollows</i> ). A seta amarela indica o local onde ocorre a incisão linear e a seta branca indica a formação de um cone de deposição de areia muito fina na base da incisão. ....	139
Figura 51 -	Erosão na rodovia BR-222 que liga a cidade de Açaílândia a São Luís. Os piquetes são colocados para se evitar acidentes. ....	141
Figura 52 -	Erosão e desmoronamento na rodovia BR-222. A região é constituída de Latossolo Vermelho-Amarelo. ....	141

Figura 53 - Ponte sobre o córrego Água Branca para a passagem do trem. Observar à esquerda da ponte uma erosão que ameaça a sua construção, que inclusive está sendo monitorada pela CVRD. ....	142
Figura 54 - Erosão na estrada vicinal com desmoronamento e quebra de dreno. ....	144
Figura 55 - Mapa Geomorfológico e Feições Erosivas do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia. ....	145
Figura 56 - Voçorocas mapeadas na cidade de Açailândia no ano de 1994. ....	146
Figura 57 - Vista da voçoroca do Jacu. O local da erosão correspondia ao cruzamento das ruas Pedro Álvares Cabral e Moamari. Foto: Alan Guimarães. Agosto/95. ....	148
Figura 58 - Vista da voçoroca do Jacu. A população local utiliza o "buraco" para despejar lixo. Agosto/97. ....	148
Figura 59 - Casa condenada na voçoroca do Jacu devido ao desabamento causado pela erosão. A casa ao lado marcada com "X" vermelho está condenada pela Defesa Civil. Foto: Elis Miranda. Julho/97. ....	149
Figura 60 - Vista da voçoroca do Jacu. As casas são ameaçadas pelo avanço da erosão e a população despeja lixo no "buraco". Dezembro/99. ....	149
Figura 61 - Monitoramento da voçoroca do Jacu. ....	150
Figura 62 - Monitoramento da voçoroca do Eucalipto. ....	151
Figura 63 - Monitoramento da voçoroca Véu-de-Noiva. ....	152
Figura 64 - Seta (1) localização da voçoroca Véu-de-Noiva, seta (2) serraria Gramacosa, seta (3) localização da voçoroca do eucalipto. Janeiro/95. ....	153
Figura 65 - Voçoroca Véu-de-Noiva, desprovida de vegetação com profundidade média de 15 metros. Agosto/97. ....	153
Figura 66 - Expansão urbana de Açailândia. ....	160
Figura 67 - Acampamento cedido pela prefeitura para os moradores do bairro do Jacu que estavam com suas casas condenadas pela Defesa Civil. Agosto/97. ....	162
Figura 68 - Moradores do bairro do Jacu no acampamento cedido pela Prefeitura. Agosto/97. ....	162
Figura 69 - Mapa de Cruzamento 1 (C1) do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia. ....	170
Figura 70 - Mapa de Cruzamento 2 (C2) do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia. Mapa de Fatores Ambientais e Erosão. ....	171
Figura 71 - Mapa Síntese de Áreas Suscetíveis à Erosão no Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia. ....	178

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Dados pluviométricos da Fazenda Itabaiana, próximo a cidade de Açailândia. ....	24
Tabela 2 -	Características morfológicas dos solos estudados. ....	79
Tabela 3 -	Características físicas dos solos estudados.....	86
Tabela 4 -	Características químicas dos solos estudados.....	89
Tabela 5 -	Valores obtidos das classes de uso registradas para o alto curso da bacia do rio Açailândia. ....	121
Tabela 6 -	Valores em percentagem das perdas e expansão das classes encontradas no período de 11 anos (1985 – 1996). ....	122
Tabela 7 -	Resultados das análises físicas das amostras de solos coletadas nas voçorocas do Jacu, Eucalipto e Vêu-de-Noiva, realizadas pelo Laboratório de Solos da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP). ....	157
Tabela 8 -	Resultados das análises químicas das amostras de solos coletadas nas voçorocas do Jacu, Eucalipto e Vêu-de-Noiva, realizadas pelo Laboratório de Solos da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP). ....	158
Tabela 9 -	Bairros: Equipamentos Urbanos – 1999. ....	164
Tabela 10 -	Bairros: Risco e relevo – 1999. ....	164
Tabela 11 -	Bairros: Doenças – 1999. ....	165
Tabela 12 -	Bairros: Emprego/Ocupação – 1999. ....	165
Tabela 13 -	Bairro: Padrão de Habitação – 1999. ....	166

## 1. INTRODUÇÃO

No contexto da Amazônia Legal, a crescente ocupação dos espaços florestais e a produção de espaços rurais e urbanos, nem sempre de uma forma ordenada, tem desencadeado processos de impactos sobre o meio ambiente. A expansão da agricultura na Amazônia é bastante questionada, tanto pela dificuldade de sustentabilidade, como em função da preocupação mundial com o desmatamento de áreas florestais, consideradas importantes na conservação dos solos, no abrigo de recursos genéticos pouco conhecidos e no controle do clima global (Veiga e Hebette, 1992; Watrin e Rocha, 1992).

A transformação da floresta em agrossistema ainda encontra-se em franco desenvolvimento, e tem-se limitado, na maioria das vezes, à derrubada da mata, queima e plantio, geralmente não levando em consideração as formas de relevo e cursos d'água. Segundo Cochrane (2000), as constantes queimadas realizadas na floresta têm ocasionado efeitos danosos para essa região, onde extensas áreas tornam-se mais suscetíveis ao fogo, por causa da ação dos madeireiros e do costume de usar o fogo para abrir espaços para a agricultura e pecuária.

A degradação do solo por erosão, lixiviação e compactação é consequência direta do desmatamento e, reflete ainda nas alterações no fluxo natural das águas, com aumento das enchentes na época das chuvas e rebaixamento no nível das águas nos períodos de estiagem.

O atual processo de desenvolvimento econômico e social, em particular na Amazônia Legal, tem levado a uma ocupação desordenada do espaço urbano marcada também, por graves problemas ambientais. O aumento da população urbana aconteceu de forma rápida nas últimas três décadas. Por se tratar de um crescimento urbano acelerado, a capacidade das administrações locais em oferecer serviços básicos (como habitação, saneamento e transporte) e de solucionar problemas físicos e sócio-ambientais não tem acompanhado o ritmo de crescimento de suas populações. Ao contrário, tais problemas tendem a agravar com o forte processo de urbanização.

A industrialização, embora incipiente, é hoje uma realidade nesta região. O Programa Grande Carajás (PGC), lançado em 1980, voltava-se sobretudo para o estímulo à industrialização dos municípios situados no corredor da Estrada de Ferro Carajás (EFC), da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD).

Neste cenário, o município de Açailândia, situado na proximidade da EFC, é exemplo marcante do impacto ambiental provocado por essa ferrovia, onde ocorrem crescentes desmatamentos verificados no seu espaço rural e incidência de erosão nas áreas urbanas (Coelho, 1991).

Com uma população de 102.609 habitantes (IBGE, 1996) o município de Açailândia, nas duas últimas décadas tem sido alvo dos mais diversos interesses econômicos. Possui uma localização estratégica, no entroncamento rodoviário, formado pelas rodovias Belém-Brasília (BR-010) e BR-222, que liga a Belém/Brasília à BR-316 (Pará/Maranhão), onde se formou ainda o entroncamento das ferrovias Carajás-São Luís e Norte-Sul (primeiro trecho), ligando Açailândia à cidade de Imperatriz situada 80 Km ao sul. No contexto do Programa Grande Carajás (PGC), criou-se em Açailândia um polo industrial que se destaca no estado, com indústrias madeireiras (nos seus diversos segmentos), siderúrgicas e ainda um comércio significativo.

Assim, toda essa infraestrutura de acesso/escoamento, aliada à prática de queimadas, criação de gado, expansão urbana, exploração madeireira sem manejo adequado, vêm deixando o solo exposto à ação dos processos erosivos, além de extinção da fauna existente.

O desequilíbrio ambiental se acelera com a implantação dessas indústrias, e com o crescimento urbano ao longo das rodovias e ferrovias. Em vários trechos pode-se observar a incidência de voçorocas, principalmente nas proximidades da BR-222 e da Estrada de Ferro Carajás.

Em função da topografia acidentada, das chuvas torrenciais de verão, do traçado inadequado das rodovias e do crescente desmatamento, as ocorrências de voçorocas e ravinamentos aumentam a cada período chuvoso que vai de dezembro a março. Os resultados da erosão sucessiva e da interceptação dos

cursos d'água pelas rodovias e ferrovias são vales achatados e assoreados, que compõem a paisagem local.

Problemas erosivos ocorrem também nas estradas vicinais, construídas sem drenos transversais ou valas laterais ou intervenção técnica necessária, além de conservação precária. Esse fato favorece o surgimento e o avanço dos processos erosivos.

Autores como Morgan (1986), Daniels e Hammer (1992), Gerrard (1995), Cunha e Guerra (1998) concordam em apontar o manejo inadequado do solo como principal causa da degradação ambiental, tanto nas áreas urbanas como rurais. Em Açailândia, o desmatamento em grande escala na área urbana e rural, tem levado ao surgimento e intensificação dos processos erosivos. Os problemas ambientais e o uso da terra nesta região, estão intimamente relacionados aos processos histórico e geográfico de ocupação, que nos últimos anos têm transformado a paisagem em diferentes usos, provavelmente, utilizando a topografia aparentemente homogênea como condição ideal para fins urbanos, industriais ou agrícolas.

Desde o início, a erosão em voçorocas, com sulcos profundos e progressivos e o contínuo avanço de suas cabeceiras, atinge, de forma implacável, a periferia da cidade. As ravinas evoluem para voçorocas de grandes dimensões, provocando desastres, como a derrubada de casas e destruição de ruas, aumentando a cada período de chuvas intensas o número de população desabrigada.

Os problemas causados pelas voçorocas em Açailândia têm também reflexo no abastecimento de água da cidade. Isto acontece devido à grande carga de sedimentos carregada para os dois cursos d'água que circundam o núcleo urbano da cidade; o rio Jacu e o córrego Boa Esperança. A poluição do ar, originária das serrarias e guserias localizadas nas proximidades da cidade, também vem a ser um problema para a população.

No entanto, a questão que se levanta é o porquê da ocorrência dos processos erosivos em forma de voçorocas que vêm atingindo as áreas urbanas e rurais de forma inexorável, há mais de duas décadas na área da bacia do rio

Açailândia. Esta região, apesar de apresentar um quadro físico bastante homogêneo, sob o ponto de vista da morfologia e da formação geológica sedimentar, apresenta peculiaridades que apontam para o agravamento do problema, em função do tipo de solo bastante suscetível e o intenso desmatamento aliado à ocupação desordenada da região.

A hipótese investigada nesta tese está relacionada a uma combinação dos fatores físicos e sociais que confere um quadro local bastante alarmante. É preciso definir quais destes fatores são mais ou menos preponderantes na ocorrência dos processos erosivos e de que forma atuam no desenvolvimento das voçorocas. Um deles, relaciona-se ao tipo de solo bastante arenoso característico de toda a região amazônica, que favorecido pelo clima tipicamente tropical e associado à prática de desmatamento na região, podem potencializar-se quando associados a outros fatores ambientais, que possivelmente atuam de forma direta ou indireta na região.

Nesse sentido, há indicativos de que, tanto os processos de mudanças sociais verificadas no município, quanto os processos erosivos favorecidos pelas características físicas, resultantes das combinações da geologia, relevo, solo e vegetação, conferem um quadro local de alta suscetibilidade à erosão. Esses fatores associados às condições climáticas, onde concentra o período de chuvas em três meses do ano, levam a potencializar a ocorrência de erosão em função das características do ambiente.

O presente trabalho foi motivado e norteado por atividades de pesquisa desenvolvidas inicialmente no Departamento de Geografia da Universidade Federal do Pará no ano de 1994. A tese apoiou-se, primeiramente, na caracterização sócio-ambiental por geoprocessamento, através do estudo integrado da pedologia, geomorfologia e geologia como fontes básicas de informações, e na quantificação das transformações do uso da terra nas últimas duas décadas, visando-se caracterizar a tendência da ocupação quanto ao desmatamento na região. O estudo e a conjugação dessas variáveis foram importantes para se analisar as áreas potencialmente suscetíveis à erosão, assim

como definir os fatores preponderantes que estão influenciando a ocorrência das feições erosivas em Açailândia.

O objetivo principal da tese é explicar a suscetibilidade à erosão dos solos no município de Açailândia, levando-se em consideração a compreensão dos processos de mudanças ocorridos na área de estudo (tanto a dinâmica do espaço produzido pelo ser humano, como também a própria dinâmica da natureza que procura adaptar-se às transformações vigentes nesse espaço).

Em uma visão regional, explica-se a ocorrência dos processos erosivos que apresentam magnitudes e interações locais. Isto é, as relações que se estabelecem entre os fatores solo, geomorfologia, geologia e uso da terra, a nível regional apontam para ocorrência dos processos erosivos à nível local que se potencializam e aceleram com a incidência da atividade humana.

Os objetivos específicos estão associados à caracterização ambiental do espaço urbano, através da análise e monitoramento dos processos erosivos. Além disso, fornece subsídios para a gestão integrada da bacia hidrográfica do rio Açailândia, a fim de prognosticar e desenvolver um planejamento adequado à realidade municipal.

O município de Açailândia está localizado no estado do Maranhão, nas coordenadas 4°20' e 5°20' de latitude sul e 47°50' e 48°50' de longitude oeste, abrangendo uma área de 6.665 Km<sup>2</sup>.

A área selecionada para o presente estudo encontra-se na bacia hidrográfica do rio Açailândia, porção central do município, com 1.009 Km<sup>2</sup> do total dos 2.401 Km<sup>2</sup> correspondentes à bacia, e foi denominada de alto curso da bacia do rio Açailândia (Figura 1). Ressalta-se que esta área corresponde a uma das regiões mais afetadas pela erosão englobando todo o alto curso do rio Açailândia. Além disso, sob o ponto de vista geomorfológico e pedológico, esta área também apresenta os melhores contrastes, englobando todos os seus compartimentos. O rio Açailândia nasce nas proximidades da cidade em uma altitude de 290m, drena toda a parte de relevo dissecado e deságua no rio Gurupi, limite dos Estados do Pará e Maranhão, a 190m de altitude.

Esta tese compreende além da introdução, 08 capítulos divididos da seguinte forma: no 2º capítulo é feita uma caracterização sócio-ambiental da bacia do rio Açailândia, abordando os processos de ocupação nas últimas três décadas, e uma descrição do contexto ambiental em que está inserida, no que diz respeito aos aspectos geológico, geomorfológico, pedológico, vegetação e clima. No 3º capítulo são apresentadas as bases conceituais que norteiam este trabalho, com conceitos que fundamentam a questão ambiental, e as relações entre Pedologia e Geomorfologia no estudo dos processos erosivos e no planejamento do uso do solo. No 4º capítulo é apresentada a metodologia com os métodos utilizados e os procedimentos empregados, para a obtenção dos resultados específicos para cada campo do conhecimento.

Os resultados da pesquisa são apresentados nos capítulos seguintes. No 5º capítulo é apresentado o estudo dos fatores sócio-ambientais da área do alto curso da bacia do rio Açailândia. No 6º capítulo apresenta-se a análise dos processos erosivos, para no capítulo 7º ser apresentado a integração dos dados. As conclusões e a bibliografia correspondem aos capítulos restantes.

Sabemos que a realidade do país, no que diz respeito à produção literária do conhecimento e sua aplicação prática dos estudos que se desenvolvem, está concentrada mais nas regiões centro-sul do país. Este trabalho visa, além de outras coisas, somar-se na contra mão da realidade brasileira, em busca do melhor e maior conhecimento para a região amazônica, carente em vários aspectos que dizem respeito ao seu conhecimento científico e ambiental.

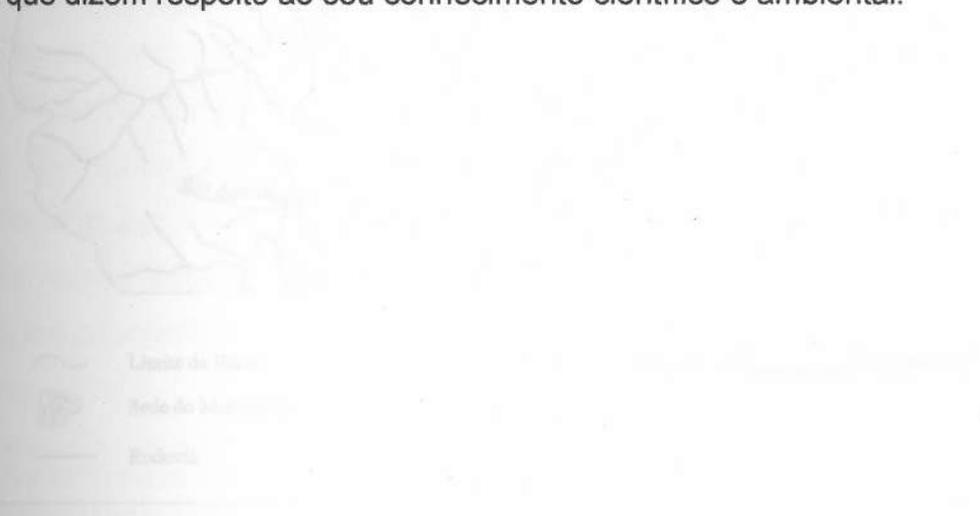


Figura 1. Localização da bacia do rio Açailândia no Brasil.

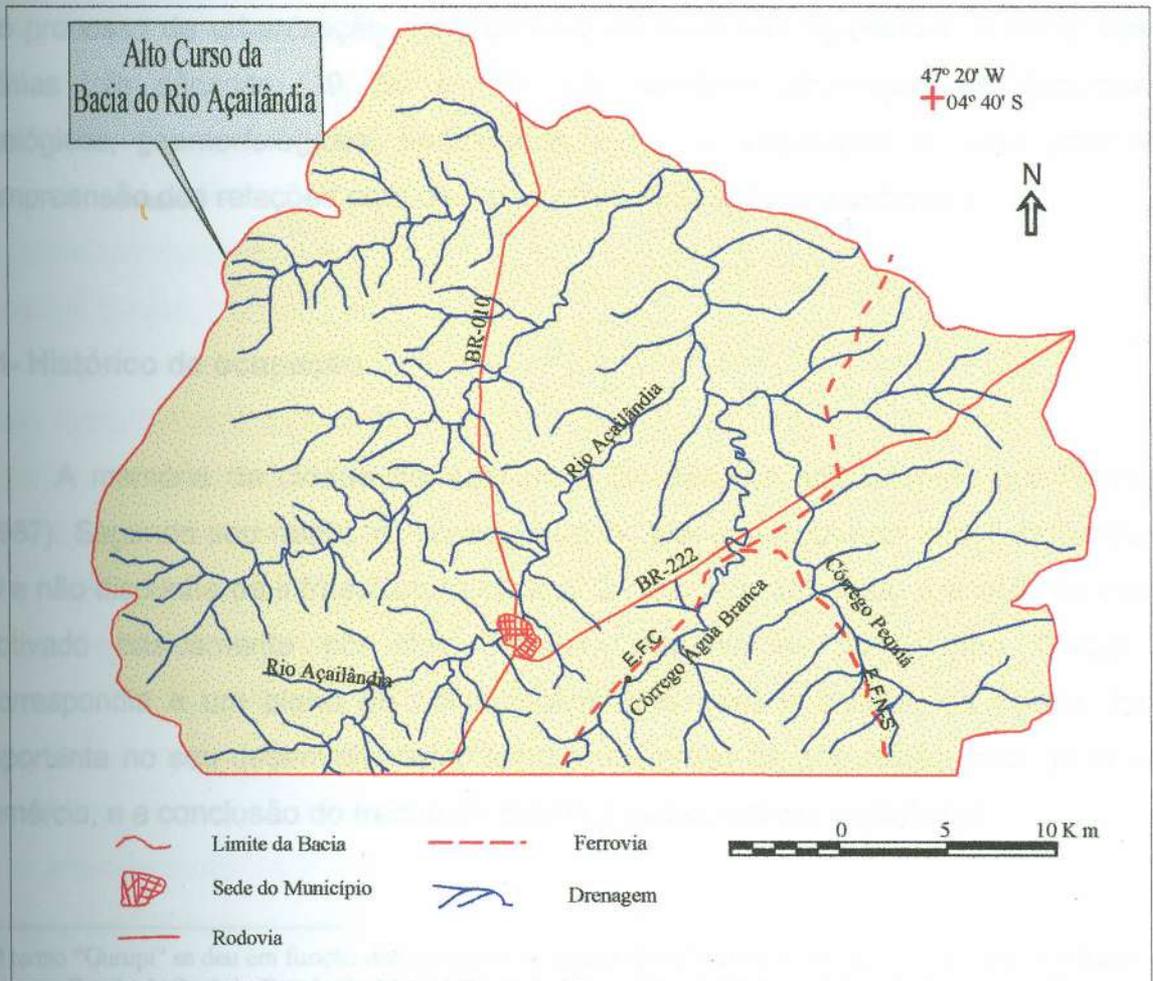
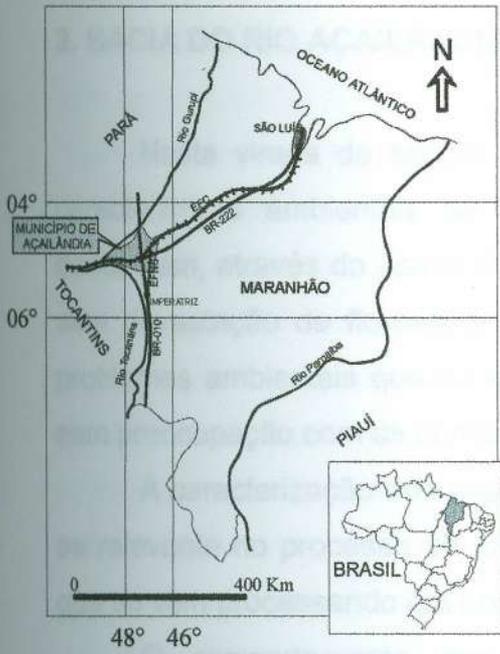


Figura 1 Localização da área de estudo, no município de Açailândia.

## 2. BACIA DO RIO AÇAILÂNDIA NO CONTEXTO AMAZÔNICO

Nesta virada de século, ainda muito se fala e pouco se sabe sobre as características ambientais da Amazônia. Recentemente, estudos do governo denunciam, através do *Jornal do Brasil* (9/7/2000), a falta de política de ocupação sem devastação da floresta e terras da Amazônia. Sabemos que muitos dos problemas ambientais que emergem são oriundos da prática de desmatamento, sem preocupação com as conseqüências que poderão vir a acontecer.

A caracterização dos aspectos ambientais da bacia do rio Açailândia torna-se relevante no processo de análise sobre a suscetibilidade à erosão dos solos que se vem processando em uma área mais restrita, o alto curso da bacia.

O comportamento dos fatores ambientais reflete, sobremaneira, no comportamento erosivo da área. Dessa forma, é imprescindível analisar a história e o processo de urbanização desordenado ocorrido em Açailândia, a partir das últimas três décadas (70, 80 e 90). São também abordados os aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e os de vegetação e clima para a compreensão das relações com os parâmetros abordados na pesquisa.

### 2.1- Histórico da ocupação

A memória da cidade de Açailândia foi descrita, inicialmente por Primo (1987). Segundo seu relato, o povoado de Açailândia surgiu no início dos anos 60 e não dispunha de infraestrutura básica. O crescimento rápido e acelerado era motivado basicamente por dois fatores: implantação do Projeto Gurupi<sup>1</sup> (correspondia a um plano de colonização), que para a cidade, na época, foi importante no seu desenvolvimento local, em termos de população, economia e comércio; e a conclusão do trecho da BR-010, passando por Açailândia.

<sup>1</sup> O termo "Gurupi" se deu em função dos pioneiros na região identificarem o rio Açailândia como rio Gurupi (separa o Estado do Pará do Estado do Maranhão). A área ocupada estaria às margens do suposto rio Gurupi.

A cidade, que surgiu inicialmente como acampamento para trabalhadores, que participavam da construção da Belém-Brasília, tem seu primeiro fluxo migratório registrado por volta de 1960. Os migrantes são de trabalhadores ligados à atividade agrícola como um desdobramento do desenvolvimento de frentes de expansão, composto de camponeses de origem nordestina. Outra corrente, mais heterogênea, chega na segunda metade da década de 60, originária, principalmente, de Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia, vindos diretamente à Açailândia através da Belém-Brasília. São trabalhadores não-agrícolas e camponeses, com o objetivo de instalar comércio e pequenas serrarias (Carneiro, 1997).

Nesse primeiro momento, as obras de construção da rodovia atraíam um grande número de migrantes a Açailândia, em busca de trabalho. Incentivados pela abertura da rodovia e com a criação do Programa de Integração Nacional (PIN), que tinha como um dos objetivos criar Projetos de Colonização para a Amazônia, através do Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), foram atraídas outras pessoas, dando assim, as primeiras características urbanas. Dos anos 60 em diante já se observava a formação de ruas, em decorrência da explosão demográfica. Com isso, houve o surgimento de pequenos comércios, pensões, igrejas, escolas, etc. (Coelho, 1997).

No início dos anos 70, com a construção da BR-222 (que liga São Luís, ao oeste maranhense), o povoado ficou posicionado exatamente no entroncamento entre a nova estrada e a Belém-Brasília, o que acelerou seu crescimento. A partir de então, sua importância geográfica era crescente.

Neste período, a atividade agropecuária e a indústria madeireira firmaram-se na região, no qual estabeleceu a propriedade da terra em Açailândia. A agricultura camponesa já coexistia, mas em condições de difícil reprodução, sobrevivendo "espremida" por latifúndios, ou acompanhando pequenos córregos. Isso ocorria em função do monopólio das terras do município por grupos privados e o arrendamento como estratégia temporária e parcial de reprodução do campesinato (Carneiro, 1997).

Entretanto, na zona urbana, o rápido acúmulo de moradias precárias, associado à falta de infra-estrutura e de um modelo de ocupação adequada, deu à cidade uma imagem de imensa favela que, em meados dos anos 70, expandiu-se em meio às serrarias que ali se instalaram. Estas, junto com a miséria, a prostituição e a poeira, foram responsáveis por uma imagem de desordem e vício (Guerra *et al.*, 1998).

A construção de rodovias como a Transamazônica (BR-230), Belém-Brasília (BR-010), Açailândia-Santa Luzia (BR-222) e outras, foi acompanhada de projetos de colonização ao longo das suas margens, nas décadas de 60 e 70. Vários povoados surgiram, todavia ligados à ocupação espontânea, como por exemplo, Trecho Seco e Santa Tereza. No início da década de 80, começa o trabalho de construção da Estrada de Ferro Carajás (EFC), a qual percorre o sudeste do Estado do Pará e sudoeste do Estado do Maranhão.

Dessa forma, a rodovia Belém-Brasília tornou-se um importante eixo de comunicação e de circulação de imensos fluxos migratórios dentro do próprio Estado do Maranhão, e em outras regiões que se deslocavam pela fronteira. A Belém-Brasília, devido à sua função de orientar contingentes populacionais, transformou-se num elemento modificador e estruturador do espaço (Coelho, 1997).

No final da década de 70, com a abertura da BR-222, que liga Santa Luzia a Açailândia, foi impulsionada a ocupação da parte oriental do município, espaço inicialmente marcado pelas roças de arroz, milho, feijão e mandioca. Com a incorporação de terras devolutas ao patrimônio privado, Açailândia é progressivamente ocupada pelas grandes propriedades voltadas para as atividades madeireiras e agropecuárias. Este processo foi acelerado com a implantação da política de incentivos fiscais do Governo Federal, através da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), órgãos de planejamento, controle e execução de projetos, por estar localizada na área de transição entre o Nordeste e a região Amazônica (Coelho, 1997).

Por outro lado, Carneiro (1997) aponta que os conflitos pela posse da terra concentravam-se na área rural de Açailândia e perduram até as décadas de 80 e 90. Entretanto, no início dos anos 80, há uma expansão dos conflitos agrários em Açailândia para as proximidades das áreas urbanas. Isto pode ser explicado, segundo o autor, pela hipótese de que grande parcela dos trabalhadores não estaria mais interessada na agricultura, buscando postos de trabalho, preferencialmente nos núcleos madeireiros (Itinga, Pequiá e Açailândia-sede) e, posteriormente, no setor industrial (Pequiá) (Carneiro, 1997).

No final desse período, com o rápido crescimento populacional, falava-se na idéia de emancipação do povoado de Açailândia do município de Imperatriz. Isto só foi concretizado no início da década de 80, com o apoio de empresários locais (madeireiros) e alguns políticos de São Luís, no dia 06 de julho de 1981.

Com a criação do Programa Grande Carajás (PGC) na década de 80, Açailândia passa a ser considerado o maior pólo madeireiro da área, contando com 54 madeireiras, além de pequenas serrarias. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 1987, Açailândia era responsável por 255 madeireiras do Maranhão, com volume superior cinco vezes ao produzido em Imperatriz. Com o funcionamento dessas madeireiras, ocorreram várias transformações que alteraram a paisagem da cidade e do município (Carneiro, 1997).

O Projeto Ferro Carajás integra mina-ferrovia-porto, com a finalidade de explorar e exportar o minério de ferro da Serra dos Carajás. A ferrovia possui um percurso de 890 km, que vai das jazidas até o Porto de Ponta da Madeira, em São Luís (MA), passando em Pequiá, povoado a 14 km da sede urbana de Açailândia, onde mantém um de seus cinco postos de manutenção encontrados ao longo de sua extensão (Coelho, 1997; Marçal, 1991 e 1997).

A instalação da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) no município e a perspectiva de industrialização induziu a prefeitura e os empresários a sanear e embelezar a cidade que ficava cada vez mais independente de sua vizinha, a próspera cidade de Imperatriz (Guerra *et al.*, 1998).

Assim, com a construção da Estrada de Ferro Carajás (EFC), impõe-se um novo movimento à estrutura econômica e social em Açailândia, além de contribuir para a formação de um extenso corredor de desmatamento e uma acentuada valorização do espaço urbano (Coelho, 1997).

Durante as obras de construção da Estrada de Ferro Carajás (EFC), a cidade experimentou um processo de crescimento acelerado, com benefícios trazidos pela construção de uma estação local e de moradias para abrigar os funcionários da CVRD. Saneamento de áreas seletivas, postos de saúde, transporte urbano e a tão sonhada energia elétrica foram serviços estimulados na cidade.

Paralelamente à obra da ferrovia, implantou-se também um conjunto de empreiteiras que fez expandir o mercado de trabalho regional, a elevar os preços e a alimentar a especulação imobiliária no espaço urbano (Carneiro, 1997). Isto deu um impulso final e decisivo à ocupação irregular do solo.

O trecho Imperatriz-Açailândia de outra ferrovia, a Norte-Sul, inaugurado em 1989, encontrou a ferrovia de Carajás também em Pequiá (estação Açailândia). Estimulados pelo Programa Grande Carajás (PGC), a prefeitura e o governo do estado criaram o Distrito Industrial de Pequiá, com toda a infraestrutura necessária, acelerando o crescimento da população de Pequiá e, particularmente, da própria Açailândia. Em Pequiá, a população passou de 847 pessoas em 1970 para 1.264 em 1980, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e de 2.282 em 1989 para 5.256 em 1995, segundo a Fundação Nacional de Saúde (FNS).

No Distrito Industrial de Pequiá, usinas siderúrgicas (guserias), atraídas para a região pela CVRD e PGC, transformam o minério de ferro vindo da Serra dos Carajás localizado no Estado do Pará, em ferro gusa, através de altos fornos movidos a carvão vegetal extraídos da floresta. Com a instalação das primeiras empresas siderúrgicas em 1989 (Siderúrgica Viena e Vale do Pindaré) no distrito industrial, além da grande migração urbana, os problemas sociais e ambientais foram ampliados.

Nos anos 90, o afluxo de população migrante e a urbanização acelerada e não-planejada das últimas duas décadas, o corte das florestas e a industrialização mudaram ainda mais a paisagem da cidade e do município de Açailândia. Um dos principais problemas é o desmatamento de extensas áreas, muitas vezes sem manejo adequado, causando um intenso processo de degradação dos solos, principalmente na área considerada de maior índice de ocupação humana do município que é a bacia do rio Açailândia (Figura 1), onde está incluída a cidade.

## 2.2- Caracterização dos aspectos físicos

Recentemente a Bacia do Parnaíba, considerada como uma unidade tectônica única e responsável por toda sedimentação intracratônica paleozóica e mesozóica do meio norte do Brasil, foi dividida em quatro bacias menores com evolução policíclica, apresentando gêneses e idades distintas: Parnaíba (Siluriano-Triássico), Alpercatas (Jurássico-Eocretáceo), Grajaú (Cretáceo) e Espigão-Mestre (Cretáceo) (Góes e Coimbra, 1996). Estas bacias integram a Província Sedimentar do Meio-Norte do Brasil (Figura 2).

De acordo com Góes e Coimbra (1996), a Bacia do Parnaíba com área de 400.000 km<sup>2</sup> e 3.000m de espessura, representa porção remanescente de extensa sedimentação intracratônica afro-brasileira. É constituída por rochas formadas em três grandes ciclos transgressivos-regressivos (Grupo Serra Grande, Canindé e Balsas). Estes depósitos acumularam-se do Siluriano até a continentalização da bacia no Triássico, refletindo a formação do paleocontinente *Pangea*.

No Jurássico, em decorrência dos eventos precursores da desagregação do Supercontinente *Gondwana*, ocorreu um abatimento da região central da Província Sedimentar do Meio-Norte, gerando um sistema de *rifts* interiores, orientados segundo as direções ENE-WSW e NNE-SSW, denominado de Bacia das Alpercatas, com área de 70.000 km<sup>2</sup> e 200m de espessura. O seu preenchimento é formado por sedimentos flúvio-lacustres (formações Pastos Bons e Corda) e rochas básicas associadas (formações Mosquito e Sardinha), de idade Jurássica a eocretácea (Góes e Coimbra, 1996).

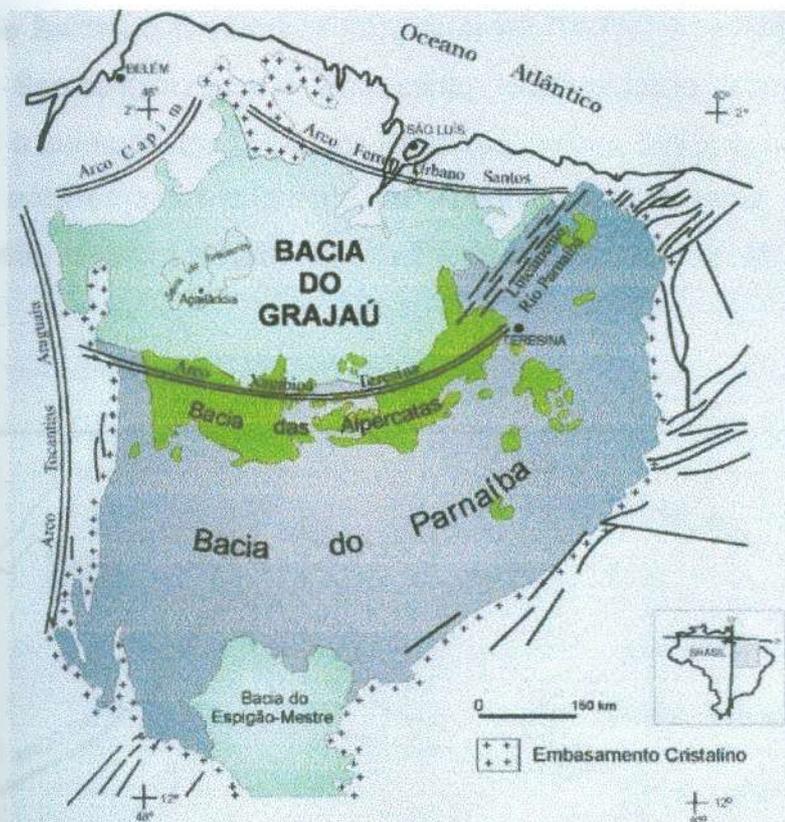


Figura 2 – Província Sedimentar do Meio Norte. A Bacia do Grajaú tem seus limites estruturais ressaltados (Góes, 1995; Góes e Coimbra, 1996 *In* Anaisse Júnior, 1999). A região de Açailândia está situada na parte sudoeste, no domínio da Serra do Tiracambu.

Conforme estes autores, no Cretáceo, com a abertura do Atlântico a sedimentação deslocou-se para novos sítios deposicionais. Ao norte, o início da deposição na Bacia do Grajaú com área de 130.000 km<sup>2</sup>, foi preenchida por depósitos eólicos e lagunares (Formações Codó, Grajaú e Itapecuru), acumulando espessura de 800m de sedimentos. Ao sul, para o interior do continente, tem-se a Bacia do Espigão-Mestre, cuja extremidade norte está contida na Província Sedimentar do Meio-Norte, com área de 170.000 Km<sup>2</sup> e de pelo menos 400m de depósitos predominantemente fluvio-eólicos (Formações Areado e Urucuia).

Localizada a sudoeste da Bacia do Grajaú, a região de Açailândia está inserida no contexto de sua evolução (Figura 2). Esta bacia, que foi também

denominada de Bacia do Capim por Borges *et al.* (1997), é limitada pelos arcos Ferrer-Urbano Santos (Rezende e Pamplona, 1970) a norte, Xambioá-Teresina (Aguiar, 1971) a sul-sudeste, Tocantins-Araguaia (Kegel, 1965) a oeste, e Capim (Góes, 1995; anteriormente chamado de Tocantins por Mesner e Woodridge, 1964) a noroeste, e pelo Lineamento Rio Parnaíba (Cordani *et al.*, 1984) a leste (Figura 3).



Figura 3 –Delimitação da Bacia do Grajaú e unidades representativas de seu preenchimento sedimentar . O Arco Urbano Ferrer-Santos é indicado por linha *hachuriada* por não se constituir em barreira geográfica após o final do cretáceo Inferior (Góes *et al.*, 1999).

A Bacia do Grajaú teve o começo do seu preenchimento no Aptiano com uma fase transgressiva, representada por arenitos finos a conglomeráticos depositados em ambiente flúvio-deltáico (Formação Grajaú) e folhelhos, calcários e anidritas depositados em ambiente marinho (Formação Codó). Estes estratos

repousam sobre unidades pré-cretáceas da Bacia do Parnaíba e rochas graníticas e metassedimentares pré-cambrianas do Cinturão Tocantins-Araguaia e Cráton São Luís. O estágio seguinte de preenchimento, que seria regressivo, recobriu em concordância essas unidades durante o final do Cretáceo e início de Terciário, com depósitos interpretados como flúvio-lacustres das formações Itapecuru e Ipixuna (Francisco *et al.*, 1971; Lima e Leite, 1978; Petri e Fúlfaro, 1983).

Em seguida ao preenchimento da Bacia do Grajaú, houve um período de estabilidade tectônica (Paleógeno), marcado pelo desenvolvimento de bauxita/laterita ferruginosa sobre os depósitos Itapecuru e Ipixuna, dando origem ao Distrito Bauxitífero de Paragominas (Kotschoubey *et al.*, 1997). A área que corresponde a Bacia do Rio Açailândia faz parte da fácies Açailândia (Kotschoubey *et al.*, 1997) essencialmente ferruginosa, diferente das demais fácies situadas mais ao norte da cidade de Açailândia, que apresentam altos teores de gibsitita. Os perfis de laterita ferruginosa, descritos por Kotschoubey *et al.* (1997), atingem mais de 6m de espessura e são recobertos por mais de 10m de argila caulínica (Argila Belterra). Em termos geomorfológicos, a cobertura laterítica capeia vastos platôs, cuja altitude chega a aproximadamente 400m ao sul de Açailândia.

Apesar da Bacia do Grajaú ter sido sempre considerada como região de relativa estabilidade tectônica durante o Cenozóico (Mesner e Wooldridge, 1964; Aguiar, 1971; Lima e Leite, 1978), estudos mais recentes enfocando o arcabouço estrutural mostram que esta área teria experimentado significativas reativações tectônicas relacionadas a sistemas transcorrentes durante este período (Azevedo, 1991; Borges *et al.*, 1997). A presença de falhamentos deslocando horizontes de paleossolo laterítico atribuídos ao Terciário são, segundo Góes *et al.* (1999), evidências de que o processo deformacional teria persistido através de períodos mais recentes.

No contexto geomorfológico, o município de Açailândia está situado no domínio da Serra do Tiracambu, uma feição coincidente com o eixo deposicional da Bacia do Grajaú (Borges *et al.*, 1997). A serra abrange área aproximada de 3.000 Km<sup>2</sup> e é sustentada pelo perfil laterítico/bauxítico paleógeno. Possui altitude

de 340m, topo plano e suave caimento para NE, praticamente sem drenagem. Nas cotas inferiores às do topo plano desenvolve-se, sobre as formações Itapecuru e Ipixuna, um relevo de colinas amplas e suaves com denso padrão de drenagem dendrítica. Estas duas unidades de relevo estão inseridas no domínio do Planalto Coestiforme Maranhão/Piauí (Sistema Tiracambu) (Ramalho, 1981).

Conforme o IBGE (Brasil, 1990), esta região também faz parte do Planalto Setentrional do Pará-Maranhão, com domínio de planaltos amazônicos rebaixados e dissecados, formados por um conjunto de relevos tabulares elaborados sobre rochas da cobertura dedrítico-laterítica paleogênica, com altitudes em torno de 400m. A dissecção realizada pelos rios pertencentes às bacias do Gurupi, Pindaré, Grajaú e outros deram origem a relevos muito fragmentados por serras e mesas isoladas.

O topo do nível de aplainamento apresenta-se em forma de mesas, abaixo do qual aparecem dissecções do tipo ravinhas, voçorocas, vales encaixados e interflúvios tabulares. Esta fase de dissecção atinge o topo das mesas sem desfigurá-las; uma outra fase de dissecção marginal cria uma topografia invertida, que se assemelha a relevos esculpidos e estruturas dobradas (Brasil, 1973).

Observa-se na região que as áreas mais dissecadas, em níveis topográficos mais inferiores, as ocorrências dos processos erosivos são mais freqüentes. Isso se deve, possivelmente, em função de uma combinação de fatores que favorecem a suscetibilidade à erosão nestas áreas, como por exemplo, as condições pedológicas e geológicas, acelerados pelas características climáticas e o uso e manejo da terra na região.

Lima e Leite (1978) atribuem a causa aos processos erosivos, nas unidades predominantemente pelíticas. Os sedimentos impermeáveis são intensamente desgastados mais ou menos rapidamente pela ação erosiva das águas superficiais. Nestas condições, intensifica-se o ravinamento, tendendo a rede de drenagem ao tipo dendrítico denso, enquanto as saliências topográficas são gradualmente arrasadas. Como consequência, as formações ocorrem preferencialmente em áreas rebaixadas, apresentando habitualmente um relevo

colinoso, caracterizado por formas abauladas, o qual muitas vezes evolui para planícies suavemente onduladas.

Para Ab'Sáber (1986 e 1990), a identificação das áreas críticas (predominantemente com problemas erosivos) da faixa territorial amazônica e pré-amazônica, centrada no eixo da Estrada de Ferro Carajás-São Luís, só se tornou mais clara e racional, no campo das questões ambientais, após o conhecimento prévio da compartimentação geomorfológica regional.

A ferrovia São Luís - Serra dos Carajás estende-se por 890 quilômetros, desde a ponta da Madeira até a pera de embarque de minérios localizada na Serra Norte. O perfil do leito da estrada de ferro copia aproximadamente o transecto mais rico para evidenciar a compartimentação topográfica regional. Mesmo escolhendo os setores mais favoráveis para sua locação e implantação, o traçado da ferrovia executa um transecto obrigatório, por quase todos os compartimentos e setores de relevo da região situada entre a ilha do Maranhão e a Serra dos Carajás.

De acordo com Ab'Sáber (1990), o planalto ocidental do Maranhão, drenado pelos rios Gurupi, Pindaré, Buriticupu e Zutiua (também designado de planalto do Pará-Maranhão), comporta os espaços mais homogêneos do ponto de vista fisiográfico, ecológico e fitogeográfico da faixa Carajás - São Luís. Possui, entretanto, vales fortemente encaixados, dotados de alongados fundos aluviais. Com alguma alternância espacial, os vales encaixados dos rios que drenam as terras regionais, constituem alongadas faixas críticas, suscetíveis à erosão acelerada das vertentes em função de manejo agrário inadequado, ou devido a desmatamentos indutores de erodibilidade (Figura 4).

Por outro lado, essas faixas críticas identificadas como suscetíveis à erosão, são mais evidentes na região identificada como Planalto Ocidental do Maranhão (para o lado leste). O problema erosivo é marcante em determinados setores dessa região, que apresenta comportamento diferenciado da região de Carajás, apesar de compor uma região de faixa crítica, sob o ponto de vista erosivo. Com base na identificação dessas áreas, não podemos considerar apenas como causa da erosão acelerada, o manejo inadequado do solo e o

desmatamento na região, caso contrário, todas as regiões na Amazônia Legal com essas características teriam problemas relacionados à erosão, o que não é um fato.

Devem existir outras condicionantes ambientais importantes no processo de desencadeamento dessas faixas críticas, suscetíveis à erosão. Uma delas diz respeito aos aspectos geológicos e geomorfológicos que apesar da condição de homogeneidade, tipicamente sobre terrenos sedimentares, pode-se observar pela figura 4 que a região de Açailândia encontra-se em área de contato litológico, separado por morfologias diferentes. Provavelmente, por esta condição isolada, a área deve responder de maneira direta ou indireta a implicações com relação à ocorrência de processos erosivos que vem se processando de forma marcante nesta região, principalmente, nas vertentes do relevo e em áreas topograficamente mais baixas.

Em termos geomorfológicos, toda a região que compreende o planalto ocidental do Maranhão compõe-se de colinas, serras, vales e planícies que devem refletir a morfologia resultante da implantação da bacia do Grajaú. Com isso, como mencionado anteriormente, toda a região deve ter experimentado significativas reativações tectônicas relacionadas a sistemas transcorrentes, que podem também estar sendo refletida na região de Açailândia, através de linhas de fraqueza, onde a drenagem deve estar se encaixando atualmente. Com isso, não se deve descartar a hipótese de que algumas dessas faixas críticas identificadas por Aziz Ab'Sáber (1990), possa também corresponder, a zonas de cisalhamentos atribuídas à deformação regional imposta pela Bacia do Grajaú, identificadas pelos autores anteriormente.

Ressalta-se, contudo, que outros fatores físicos e sociais têm sua importância e participação nesse processo de desenvolvimento e expansão das erosões. Por essas condições, a área que corresponde ao planalto ocidental do Maranhão representa uma região bastante complexa sob o ponto de vista dos aspectos físicos, que se agravam em função dos problemas sociais característicos da região amazônica, que são a ocupação desordenada e manejo inadequado do solo.

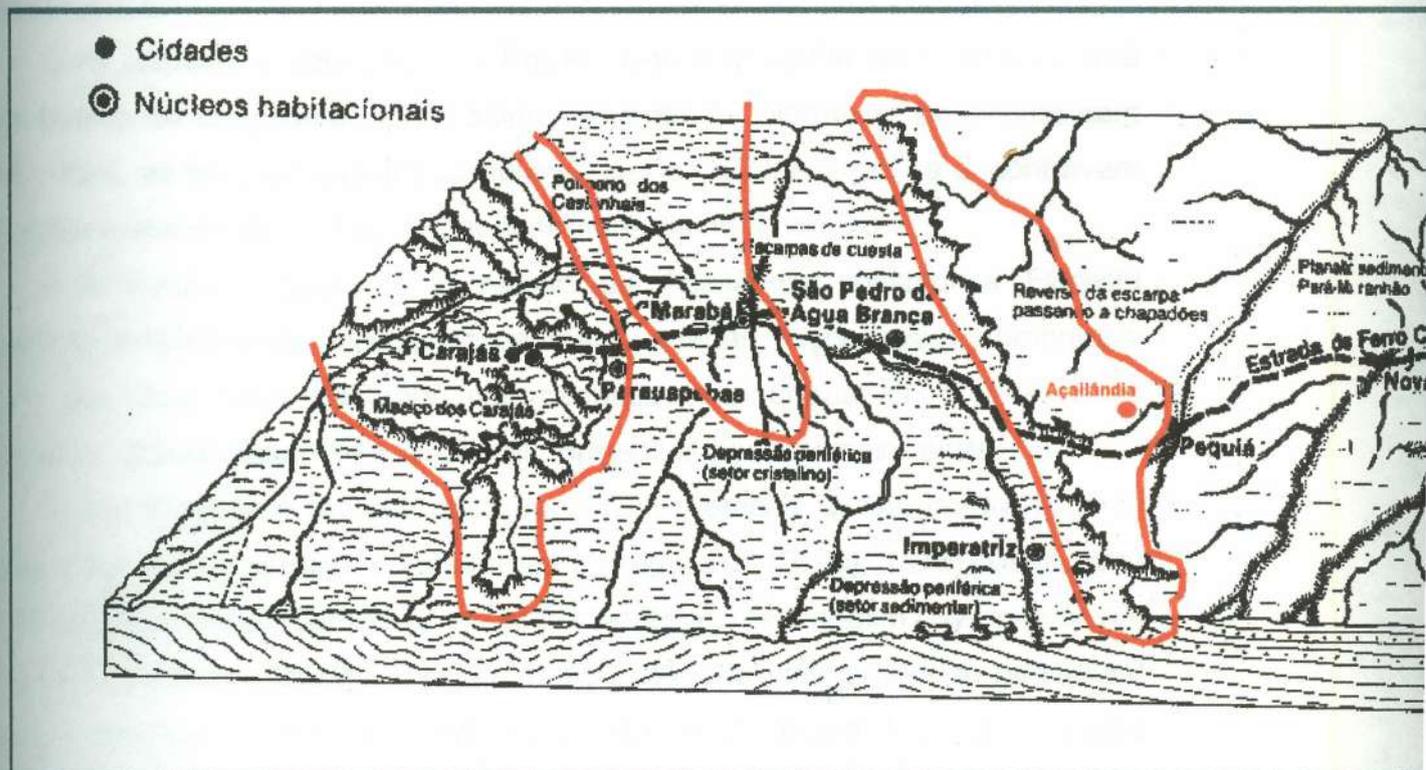


Figura 4 - Diagrama mostrando os setores de relevo da região situada entre as linhas vermelhas correspondem às faixas críticas, sob o ponto de Açailândia está inserida em uma dessas faixas.

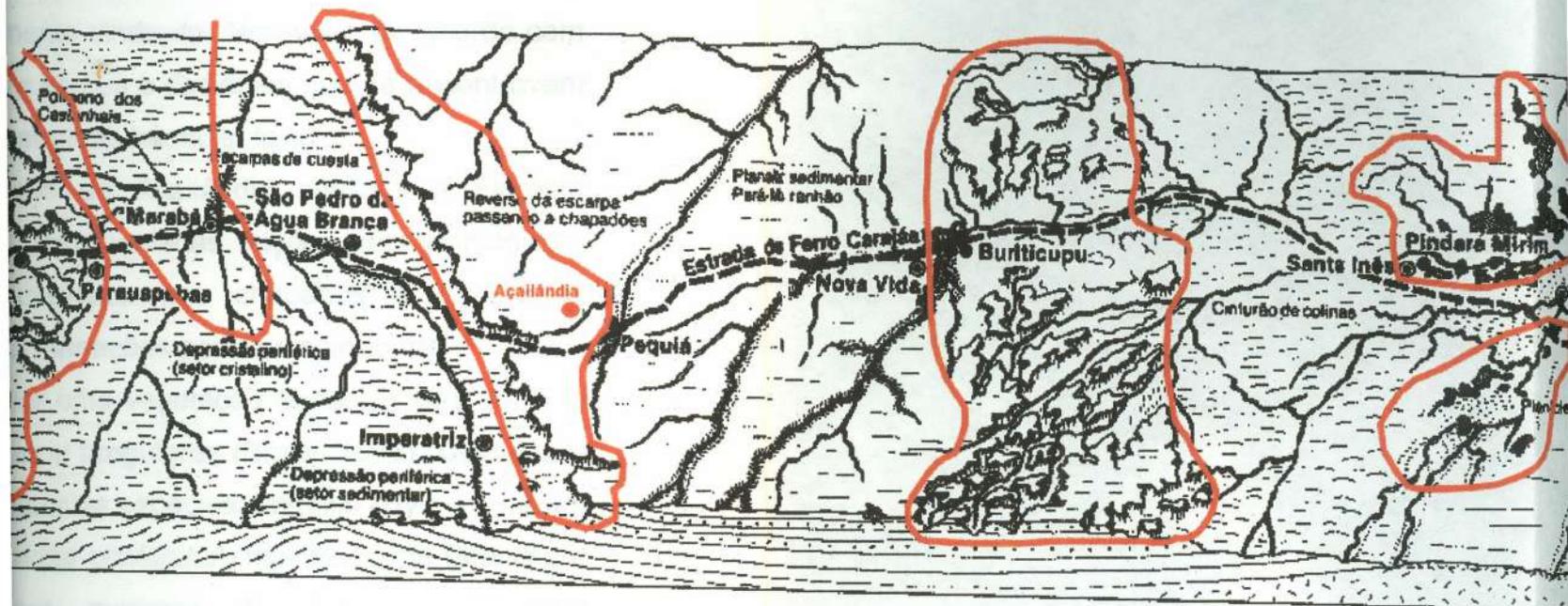
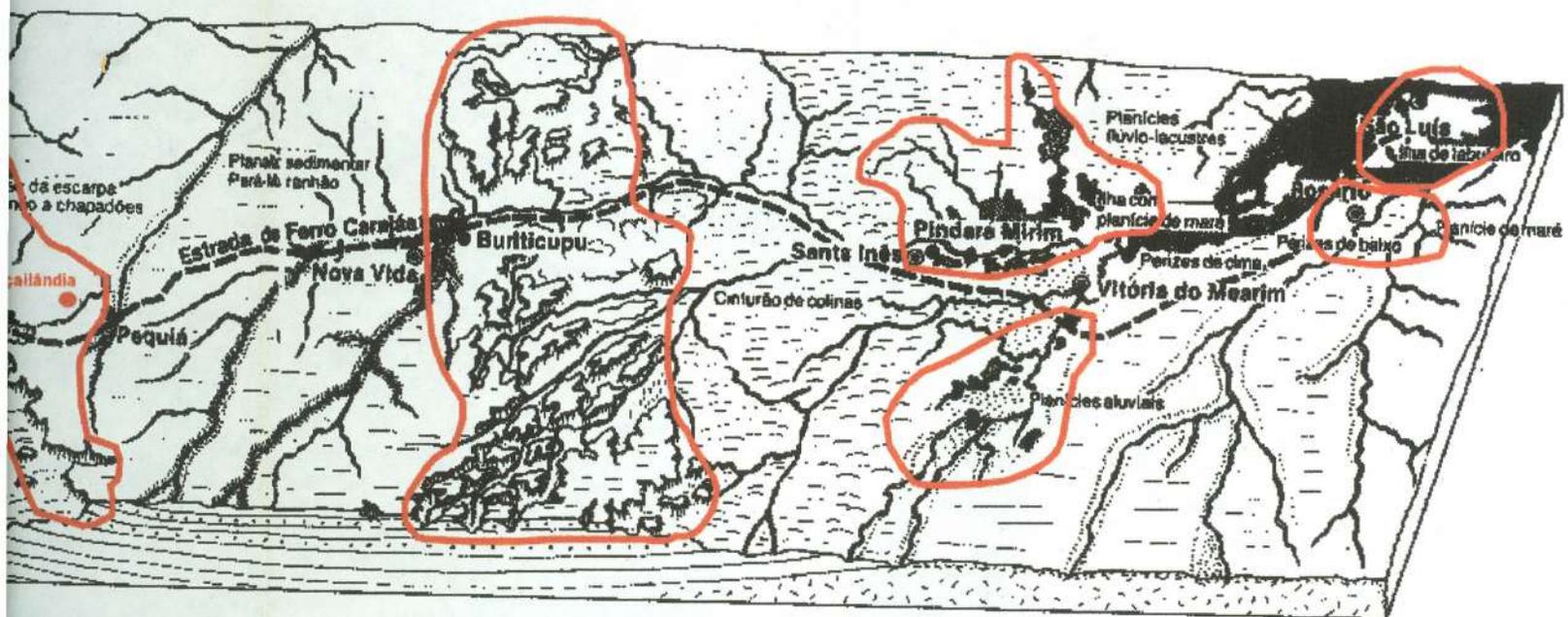


Diagrama mostrando os setores de relevo da região situada entre a Ilha do Maranhão e a Serra dos Carajás. As linhas vermelhas correspondem às faixas críticas, sob o ponto de vista erosivo (Ab'Sáber, 1990). Observar que a região de Açailândia está inserida em uma dessas faixas.



devo da região situada entre a Ilha do Maranhão e a Serra dos Carajás. As linhas de  
 críticas, sob o ponto de vista erosivo (Ab'Sáber, 1990). Observar que a região de  
 as faixas.

De acordo com o Mapa de Solos do Brasil (EMBRAPA, 1981) e com o Projeto Radam (Brasil, 1973), a região de Açailândia é caracterizada predominantemente pela ocorrência de Latossolo Vermelho-Amarelo. É constituída por solos de baixa fertilidade natural que não apresentam deficiência de água ou quando existe é por um período muito curto. A fertilidade natural e o relevo constituem as maiores limitações ao uso agrícola intensivo por causa de sua grande suscetibilidade à erosão.

Com respeito a vegetação, a Pré-Amazônia Maranhense vivenciou uma longa história de colonização, principalmente vinda do Nordeste. De acordo com Kube (1994), as florestas pluviais sempre verdes e decíduais que se encontravam na região central do Maranhão, foram destruídas há muito tempo.

A cobertura vegetal do município de Açailândia constitui a Floresta Equatorial Subperenifólia, ocupando as mais variadas feições geomorfológicas, sendo sua fisionomia bastante característica nas chapadas e nos vales dissecados, diferenciando-se das demais formações por seu maior porte.

O tipo florístico é representado por uma vegetação densa, com árvore de grande porte, tronco grosso, copas largas e irregulares (Brasil, 1973). Destacam-se, por sua importância comercial, as seguintes espécies: angelim (*Hymenolobium* sp.), cedro (*Cedrela odorata* L.), feijó (*Cordia goeldiana*), maçaranduba (*Manilkara huberi*), pau-roxo (*Peltogyne cattingae*), sucupira (*Bowdichia* sp.), jatobá (*Hymenaea courbaril*), cumaru (*Dipteryx odorata*), copaíba (*Copaifera multijuga*), pau-santo (*Zollernia paraensis*), aquariquara (*Minquertia guianensis*), visgueiro (*Parquia oppositifolia*), faveira (*Parquia spejarana*), jarana (*Holopyxidium latifolium*) e breu-preto (*Protium* ssp.).

A vegetação da bacia do rio Açailândia constitui os subtipos Ombrófila, Aberta, Decidual e Secundária (CPRM, 1990). Atualmente esta floresta encontra-se descaracterizada pela exploração de madeira e pelo desmatamento para o estabelecimento de pastagens e agricultura, surgindo uma vegetação secundária mista, caracterizada principalmente pela consorciação de babaçú, que hoje domina a paisagem, e ocorre ao longo dos rios.

Na consorciação do babaçú prevalecem os ecotipos de porte alto e de porte anão, entremeado pelos seus híbridos de porte médio. O primeiro babaçú é de origem florestal e o segundo é de origem savanícola. Daí o alerta a ser feito, pois o problema do hibridismo entre a árvore de babaçu deverá ocorrer devido às devastações florestais e às queimadas que estão sendo realizadas na floresta Ombrófila (CPRM, 1990).

O levantamento da cobertura vegetal no município de Açailândia, realizado por Rua (1997) para o ano de 1991, apontou que cerca de 60% da cobertura vegetal já se constituía de áreas para pastos e outras atividades relacionadas à atividade antrópica. O restante relacionava-se à mata nativa e secundária incluindo-se aí o reflorestamento de áreas por eucalipto.

Em função do programa de reflorestamento realizado pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e da implantação da indústria de celulose no Maranhão, áreas de reflorestamento de eucalipto vêm crescendo na região. No entanto, segundo Van de Berg (1993), o eucalipto jamais poderia ser cultivado na região amazônica, devido à tendência do solo ser extremamente arenoso, com capacidade muito fraca para reter água. O eucalipto é conhecido como secador de pântanos, de brejos, ele suga a água e joga para o ar; a longo prazo ele mexe até com o clima e com as propriedades do solo. Um outro problema apontado, é que ele tem uma série de produtos químicos que inviabilizam a germinação de outras plantas e dos microorganismos do solo. Também quando as folhas caem formam uma cobertura morta que evita o crescimento de qualquer outra planta, podendo a introdução do eucalipto causar a desertificação, uma quebra completa na cadeia alimentar.

Até meados da década de 70, o município possuía, predominantemente, uma vegetação do tipo mata grossa, pré-amazônica com grande quantidade de madeira de lei. Além da existência de uma consorciação de babaçu e outras espécies formando uma vegetação típica de áreas tropicais. A retirada da cobertura vegetal natural e sua substituição por outras espécies vem favorecendo, sem dúvida, grandes danos ambientais para a região, e um deles é expresso pela

expansão crescente de voçorocas nas áreas rurais e urbanas em quase todo o município.

Neste contexto ambiental, o clima também apresenta características regionais que levam ao agravamento dos processos erosivos. A floresta tropical foi aí mantida pela precipitação relativamente alta, variando de 1.300mm a 1.700mm por ano. Entretanto, os mais elevados índices de precipitação ocorrem basicamente em três meses (de janeiro a março), considerados de inverno, denominação correspondente ao período chuvoso. As fortes chuvas de inverno, intensificam a fricção das águas superficiais, ameaçando as escarpas despidas de vegetação. A crescente instabilidade das vertentes causada pela remoção da vegetação e os cortes das rodovias, têm conduzido à crescente erosão em ravinas e voçorocas do solo e à remoção de partes significantes do material sedimentar.

As informações apresentadas pela estação meteorológica da Fazenda Itabaiana (Tabela 1), de propriedade da Floresta Rio Doce S.A., situada no Km 1398 da rodovia BR-010, próximo à cidade de Açailândia, mostram que a pluviosidade média entre os anos de 1990 a 1996 é de 1.505mm/ano, determinando um regime de precipitação tropical (Figura 5).

Devido aos elevados índices térmicos, a região que compreende Açailândia enquadra-se no clima do tipo Am, segundo a classificação de Köppen, essencialmente tropical úmido, muito quente em qualquer época do ano, sendo sua temperatura média anual de 25,4°C.

Embora as temperaturas mantenham-se elevadas durante todo o ano, os meses de agosto, setembro, outubro e novembro são os mais quentes, sendo os de janeiro, fevereiro e março os mais amenos (Figura 6).

Caracteristicamente esta região constitui o domínio da vegetação megatérmica, que exige uma temperatura constantemente alta e chuvas abundantes. É a região da conhecida floresta seca, com cobertura vegetal nativa alimentando-se de água de grandes profundidades.

Tabela 1 - Dados pluviométricos da Fazenda Itabaiana, próximo a cidade de Açailândia.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
JAN	**	407,4	480,8	91,5	315,9	149,3	224,3
FEV	272,8	205,4	276,6	267,4	330,5	275,4	276,0
MAR	259,5	215,5	306,7	232,2	313,5	310,6	472,4
ABR	160,4	145,8	118,4	92,0	187,2	222,2	252,7
MAI	77,4	63,1	18,8	32,4	168,8	294,1	110,1
JUN	0	0	3,2	10,4	60,6	0	1,2
JUL	55,6	0	8,6	15,0	4,8	0	0
AGO	0	0	2,8	19,6	0	0	0
SET	46,0	15,6	43,4	141,2	2,4	0	2,1
OUT	142,8	74,1	30,6	71,0	5,4	35,2	66,4
NOV	31,9	28,8	65,4	102,3	85,0	144,4	210,4
DEZ	146,9	154,2	123,0	232,6	137,6	110,6	146,2
Total	1.193,3	1.309,9	1.478,3	1.307,6	1.611,7	1.541,8	1.780,7

\*\* sem leitura

Fonte: Floresta Rio Doce S.A. (1997)

Figura 8 - Comparação 1990-1996 (Estação Itabaiana, próximo a Açailândia)

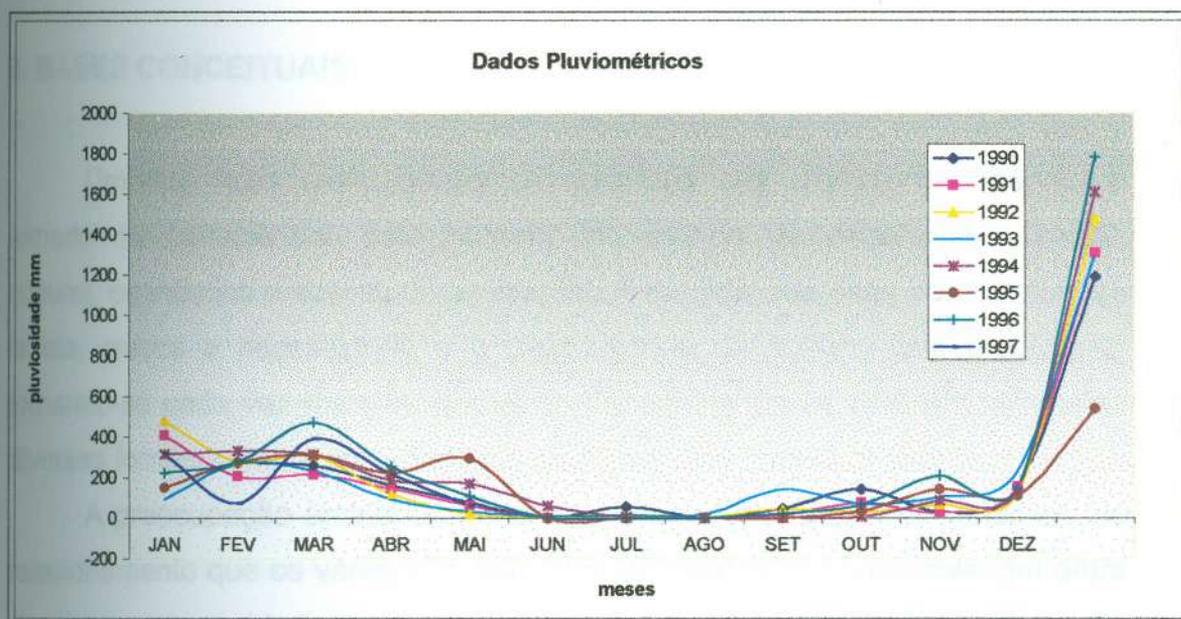


Figura 5 – Comparação dos dados da pluviosidade anual entre os anos de 1990 a 1996. Estação meteorológica da Fazenda Itabaiana, próximo a cidade de Açailândia, pertencente a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD).

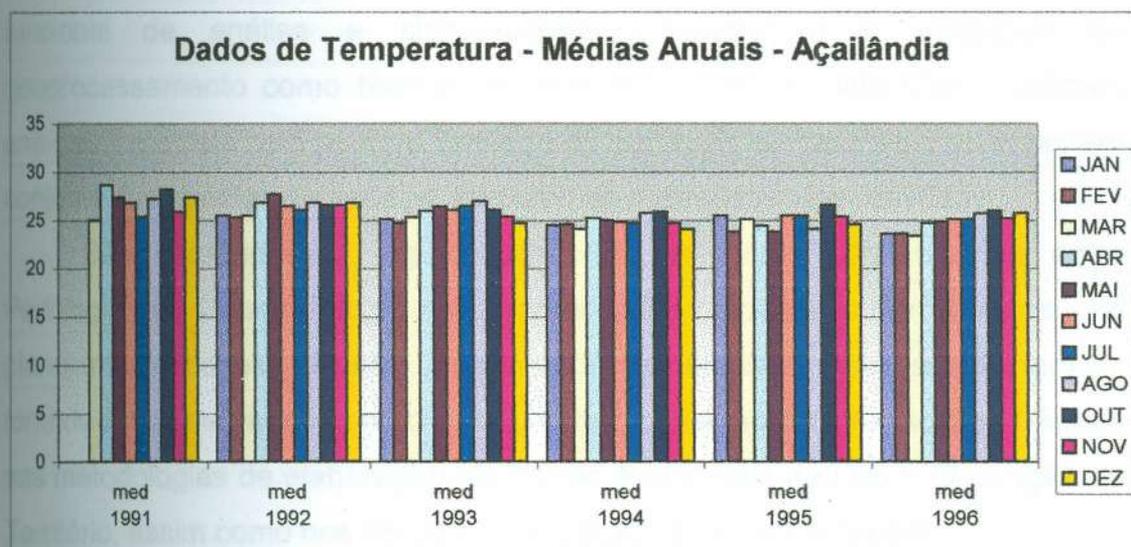


Figura 6 - Comparação das médias anuais das temperaturas entre os anos 1991 a 1996 (Estação Meteorológica da CVRD).

### 3. BASES CONCEITUAIS

Um dos fatos mais marcantes ocorridos nos últimos tempos, foi a tomada de consciência, pelo homem, do estado de desequilíbrio social, cultural, econômico e sobretudo ambiental. À medida que essa consciência se revela, cresce a necessidade e a possibilidade de superar tais problemas, tornando-se cada vez mais claro que os desequilíbrios se caracterizam pelas diversas formas como a sociedade relaciona-se com o meio ambiente.

A preocupação ambiental e social é a busca do equilíbrio dinâmico no relacionamento que os vários componentes do meio natural estabelecem entre si e na sua capacidade de responder aos diferentes distúrbios que lhes são impostos pelas atividades econômicas.

Sendo assim, neste capítulo serão abordados alguns conceitos e teorias que fundamentam a questão ambiental, no que diz respeito à sua análise através da leitura e do entendimento do meio ambiente e sua degradação. Destaca-se a importância do estudo da bacia de drenagem como unidade funcional de análise e planejamento ambiental e a utilização do geoprocessamento como técnica de análise ambiental, visto que, viabilizam análises espaciais com número ilimitado de variáveis de naturezas diversas em conjunto, justapostas no espaço, tal como se apresentam na realidade.

São apresentados, alguns conceitos associados às relações entre Pedologia e Geomorfologia no estudo dos processos erosivos e no planejamento do uso do solo. Nos estudos ambientais, esta relação tem se tornado fundamental e imprescindível, sendo considerada informações básicas nas metodologias de elaboração de Planos Ambientais de Uso e Ocupação do Território, assim como nos estudos de Planejamento da Paisagem.

Ressalta-se que para a bacia do rio Açailândia, torna-se relevante a avaliação da degradação ambiental que vem se processando, tendo como base as relações entre os condicionantes físicos e sociais. Dessa forma, para melhor compreender os problemas sócio-ambientais, no que se refere a erosão dos solos na área, torna-se necessário um entendimento dos processos erosivos a partir do conhecimento teórico, conceitual e metodológico

encontrado na literatura, levando em consideração a dinâmica do espaço produzido pelo homem como a dinâmica da própria natureza.

Os estudos relacionados à pedologia e geomorfologia em Açailândia, são importantes para se definir e auxiliar os aspectos relacionados à ocorrência dos processos erosivos, assim como ajudar na indicação de soluções para a preservação e recuperação dos ambientes degradados. Além disso, fornecer subsídios para o planejamento municipal e gestão da bacia hidrográfica do rio Açailândia, condizente com a realidade do município.

### 3.1- Análise Ambiental

#### 3.1.1 - Meio Ambiente e Degradação Ambiental

Neste final de século a questão ambiental tem levantado questões que ainda precisam ser esclarecidas no que diz respeito à relação entre sociedade e natureza. Tal como o espaço geográfico, o meio ambiente é um produto social, e deve ser entendido como suporte físico e como agente ativo das relações sociais de produção (Sanchez, 1981).

Até um passado recente, a questão ambiental referia-se aos eventos da natureza que interferiam na organização sócio-espacial, independentes da ação humana. Hoje, a questão ambiental diz respeito, principalmente, aos produtos da intervenção da sociedade sobre a natureza. Não se trata mais apenas de "problemas da natureza", meio físico, mas também e, sobretudo, da problemática decorrente da ação da sociedade.

Discute-se muito, atualmente, a ação do ser humano sobre o meio ambiente e suas conseqüências. Entretanto, sob o ponto de vista da melhoria da qualidade de vida e da própria sobrevivência das espécies sobre o planeta, a relação entre ser humano e natureza está sendo reavaliada. A natureza não pode mais ser vista como uma simples fonte de matéria-prima, ou um local de despejo da sucata industrial. Esta idéia amplamente difundida em tempos passados, resultou em desequilíbrio ambiental, como poluição hídrica, poluição

atmosférica, chuvas ácidas, entre outros problemas ambientais (Bastos e Freitas, 1999).

Sabemos que o meio natural, ou meio ambiente físico, é composto por um sistema de vários elementos, interligados com constantes fluxos de matéria e energia. Estes sistemas correspondem, na superfície terrestre, à unidade espacial do meio ambiente físico também chamado de geossistemas. O geossistema é composto por elementos topográficos, biogeográficos, pedológicos, dinamizados pelos fluxos climáticos. A esse conjunto do meio natural deve-se inserir a ação das atividades humanas, que se torna participativa, tanto na caracterização como na dinâmica do ambiente (Christofolletti, 1991). De acordo com este autor, o sistema ambiental físico compõe o embasamento paisagístico, o quadro referencial para se inserir os programas de desenvolvimento, nas escalas locais, regionais e nacionais. A sua abordagem holística e sistêmica nos estudos ambientais, mostra-nos uma visão de mundo integradora e leva-nos à compreensão da estrutura, organização, funcionamento e desenvolvimento dos sistemas.

Entretanto, o agravamento dos problemas ambientais, principalmente nos dois últimos séculos, vem comprometendo o equilíbrio dos ecossistemas e a manutenção da diversidade biológica. Em quase todo o mundo, a erosão dos solos vem preocupando autoridades e habitantes das áreas urbanas e rurais.

O uso irracional do solo leva à degradação, mas é o manejo inadequado do solo em áreas urbanas e rurais a principal causa da degradação ambiental (Morgan, 1986; Daniels e Hammer, 1992; Cunha e Guerra, 1998). Essas áreas aliadas às condições naturais e ocupação desordenada podem acelerar a degradação, como também provocar desastres mais sérios. Quando o uso e manejo do solo não respeitam a fragilidade do ambiente físico, a degradação ambiental pode ser catastrófica, tanto para o próprio ambiente, como para a população que habita a área atingida (Cunha e Guerra, 1998; Guerra e Favis-Mortlock, 1998; Lima-e-Silva *et al.*, 1999).

Erosão, acidificação, acumulação de metais pesados, redução de nutrientes e de matéria orgânica estão dentre as causas mais conhecidas de degradação dos solos (Cunha e Guerra, 1998). Chuvas concentradas,

encostas sem cobertura vegetal, contato solo-rocha abrupto, descontinuidades litológicas são ainda algumas condições naturais que podem acelerar os processos instalados nas encostas das bacias hidrográficas.

Em muitas áreas metropolitanas se notam grandes taxas de degradação ambiental, ocorrendo em contrapartida, reações violentas do meio físico à manipulação antrópica, responsáveis pela multiplicação dos problemas que interferem na qualidade de vida da população e na segurança e eficiência das obras civis (Amaral, 1988).

No Brasil, as favelas se avolumam desenfreadamente em consequência da miséria em que vive o país, os desabamentos provocam verdadeiras catástrofes de perda material e humana, a pluviosidade excessiva não deixa de ser uma das causas da ação destruidora da natureza sobre o ser humano. Os desmatamentos de extensas áreas mudam a circulação das águas e o regime das chuvas (Amaral, 1988; Cavalheiro, 1991; Guerra, 1998).

Nas áreas rurais, as atividades agrosilvopastoris predatórias e o demasiado uso de máquinas e equipamentos pesados, com operações repetidas e sempre na mesma profundidade, resultando em pé de grade ou pé de arado, são operações que degradam os recursos naturais destruindo a matéria orgânica, e originando as camadas endurecidas com redução da permeabilidade do solo, e assim provocando a erosão. Também o cultivo sem rotação de culturas, uso excessivo de fertilizante, queimada e desmatamento, leva à degradação do solo. Essas práticas em desarmonia com a natureza, levam à destruição da flora e da fauna edáfica e, conseqüentemente, a um desastre ecológico.

Planejar para desenvolver é manejar o ambiente, visando à melhoria da qualidade de vida do ser humano. Dessa forma, o planejamento ambiental deve orientar o desenvolvimento regional, e a ausência de políticas adequadas, quanto ao planejamento dos recursos, tem produzido erros, muitos dos quais irreversíveis, induzindo a degradação ambiental (Ferretti, 1997).

Cada vez mais, sente-se necessidade de estudos e planejamento do ambiente, que sejam abrangentes e capazes de avaliar a degradação crescente dos recursos naturais no Brasil. O diagnóstico e a avaliação das

características e funcionamento dos elementos componentes dos sistemas ambientais físicos, como os condicionantes geológicos, geomorfológicos, pedológicos, entre outros, assinalam potencialidades para os programas de desenvolvimento, apesar de serem fatores limitantes (Christofolletti, 1991). De acordo com esse autor, os programas que visam o bem-estar das populações e o desenvolvimento sustentado, econômico, social e político, devem ser formulados adequadamente, considerando as potencialidades dos recursos ambientais, pois é o embasamento físico que deve ser manejado.

Apesar do peso dado aos problemas físicos, explícita ou implicitamente, a análise ambiental trata de problemas relacionados com impactos ou conservação de unidades vivas, que variam em níveis de organização, desde populações até ecossistemas. Com isso, a análise do ambiente deve responder às questões formuladas pelos órgãos de decisão e às inquietudes dos cidadãos (Fowler e Aguiar, 1991).

### 3.1.2 - Bacia de Drenagem como unidade de Análise e Planejamento Ambiental

O meio ambiente é o resultado de uma relação imbricada de diversos fatores, que interferem uns sobre os outros e variam no tempo e no espaço. A paisagem e os lugares estão em movimento, como tudo está em movimento.

Dessa forma, variações de lugar para lugar representam uma qualidade inerente da paisagem, que constitui um sistema espacial, ao menos em regiões definidas, notadamente a bacia de drenagem, onde as interações espaciais ocorrem por meio de escoamento subsuperficial, rastejamento, escoamento superficial, movimentos de massa, transporte eólico, e outros processos de erosão, transporte e deposição.

De acordo com Becker e Egler (1996), a unidade territorial é uma entidade geográfica que contém atributos ambientais, que permitem diferenciá-la de suas vizinhas, ao mesmo tempo em que possui vínculos dinâmicos que articulam à complexa rede integrada por outras unidades territoriais. Nesta

perspectiva, a utilização da bacia de drenagem como unidade de referência para o desenvolvimento de atividades vinculadas ao Planejamento Ambiental, constitui-se uma das iniciativas tomadas pelo homem na busca do gerenciamento do meio ambiente.

Nos últimos anos, existe um consenso mundial de que a área relacionada a uma bacia de drenagem constitui-se na unidade básica de gestão. Tal premissa encontra respaldo desde a Declaração de Princípios de Estocolmo, de 1972, onde há registro de que a administração dos recursos hídricos deve se processar no nível da bacia hidrográfica, sem jamais atrelar-se a fronteiras políticas e administrativas (Giometti, 1997).

Passados vinte anos, a preocupação com o meio ambiente e desenvolvimento continua a ser tema central da Conferência realizada em junho de 1992 no Rio de Janeiro. Fica clara a necessidade de sustentabilidade para a gestão do meio ambiente, onde a água é considerada bem escasso e essencial para a sobrevivência da humanidade, sugerindo modelos mais racionais de controle, incluindo os sistemas de gerenciamento de bacias, ou de recursos hídricos. A água bruta deve ser considerada como um bem econômico e o abastecimento humano como prioritário, fazendo com que a gestão dos recursos seja descentralizada por bacia de drenagem.

No entanto, Peixoto *et al.* (1997) apontam que as primeiras abordagens utilizadas para o estudo dos diversos tipos de problemas enfrentados com relação à utilização dos recursos hídricos, visavam geralmente "corrigir", ou reduzir os problemas diagnosticados através de análises e medidas ligadas ao recurso hídrico propriamente dito, priorizando o controle de inundações e/ou secas pronunciadas, o abastecimento público e industrial e a instalação e/ou manutenção de hidrovias. De acordo com Peixoto *et al.* (1997), em um período mais recente, existe uma tendência da utilização das bacias de drenagem como unidades fundamentais de análise e planejamento ambiental assumindo um novo caráter, onde todos os componentes físicos e bióticos da área drenada pelos sistemas fluviais (relevo, solo, vegetação, etc.) são igualmente considerados, incluindo aí a integração com os aspectos sociais, econômicos e políticos. Deste modo permite o melhor aproveitamento de todos os recursos e,

ao mesmo tempo, minimiza os impactos e riscos ambientais associados à sua utilização. Nesse sentido, a bacia de drenagem como unidade de estudo torna-se importante para garantir o sucesso do planejamento e gestão, de forma integrada, isto é, no próprio contexto da bacia, considerando-se todos os setores usuários (abastecimento, irrigação, pesca, lazer e outros).

Entretanto, a maioria das abordagens empregadas até o momento, geralmente voltadas ao manejo agrícola dos solos e ao controle de enchentes em áreas urbanas, têm se concentrado, na detecção de processos/respostas às entradas de chuvas e/ou alterações no uso e manejo dos solos, desconsiderando a dinâmica de comportamento das bacias em escala temporal mais ampla, como aspecto básico para a compreensão do seu funcionamento atual (Peixoto *et al.*, 1997).

A bacia de drenagem é definida por Christofletti (1980), como área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial. Dessa forma, os fatores que compõem este ambiente interagem entre si, originando processos interrelacionados, definindo as paisagens geográficas, que apresentam potencial de utilização baseado segundo características de seus componentes: substrato geológico, formas e processos geomorfológicos e mecanismos hidrogeológicos. Ou seja, a bacia de drenagem, segundo este autor, corresponde a um sistema aberto que recebe suprimento contínuo de energia através do clima reinante e que, sistematicamente, perde energia através da água e dos sedimentos que a deixam.

Ross (1998) afirma que bacia pode ser considerada uma unidade hidrogeomorfológica da paisagem com seus canais fluviais, saídas e divisores que acabam por constituir um importante geoecossistema. Ou seja, a bacia de drenagem tem papel fundamental na evolução do relevo, pois seus cursos d'água constituem importantes modeladores da paisagem, considerando tanto as mudanças que ocorrem em seu interior, como as que o homem tem participado como agente acelerador de processos e de desequilíbrios.

De acordo com Cunha (1998), a geomorfologia das bacias hidrográficas detém o estudo das características das bacias que condicionam o regime hidrológico e estão interrelacionadas aos aspectos geológicos, às formas de

relevo (e processos geomorfológicos), às características hidrológicas, à biota e à ocupação do solo. Numa perspectiva temporal tem se preocupado com as modificações decorrentes da ação antrópica sobre o ambiente fluvial, em especial com as obras de engenharia ou usos indevidos.

O Brasil atualmente possui inúmeros problemas relacionados à degradação ambiental. As cidades sofrem com grandes catástrofes provocadas pelas chuvas ou pela falta das mesmas, e o campo sofre com o excesso de mecanização, com o uso indiscriminado de agrotóxicos e com o despreparo dos produtores em relação ao solo, cometendo uma série de equívocos que logo provocam uma reação da natureza.

Os novos caminhos percorridos evidenciam o papel da inter-multi-transdisciplinaridade no tratamento da questão ambiental e a importância da reflexão metodológica, para o planejamento e gestão ambiental (Peixoto *et al.*, 1997). Nesse sentido, uma metodologia para o diagnóstico da situação real em que se encontram os recursos naturais numa determinada área, passa a ser um instrumento necessário para a preservação visando, principalmente, a manutenção dos recursos água, solo e vegetação em bacias hidrográficas (Beltrame, 1994).

Dessa forma, a pesquisa proposta baseia-se no estudo da bacia do rio Açailândia como análise integrativa do meio ambiente, visando a abordagem dos componentes físicos e socio-econômicos da região para explicar a ocorrência de processos erosivos. Tal escolha também se deve ao fato de permitir um melhor planejamento e gestão da área da bacia estudada.

### 3.1.3 - Geoprocessamento como Técnica de Análise Ambiental

O crescimento populacional e o estilo de vida ditado pela sociedade moderna acarretam o uso e a ocupação indiscriminada do solo, bem como o consumo descontrolado dos recursos naturais. Essa realidade, agravada pela possibilidade de comprometimento da água disponível para o consumo humano, gera problemas que exigem o desenvolvimento de ferramentas para a

gestão dos recursos naturais, sob pena de se legar às gerações futuras um planeta exaurido e totalmente comprometido em termos de condições ambientais.

Com isso, a evolução rápida e constante nas últimas décadas da tecnologia computacional, associada à demanda exponencial de dados ambientais e vinculada à proliferação de problemas ambientais, vem contribuindo de forma relevante para o desenvolvimento das técnicas em Geoprocessamento.

O Geoprocessamento, definido como um conjunto de procedimentos computacionais que operam sobre bases de dados geocodificados ou, mais ainda, sobre bancos de dados geográficos, executa análises, reformulações e sínteses sobre os dados ambientais disponíveis (Xavier da Silva, 1998). De uma forma mais simplificada, corresponde a um conjunto de técnicas de processamento eletrônico de dados associados a Sistemas de Informações Geográficas (*Geographic Information System*), ou SIG simplesmente.

Nos últimos anos, há uma verdadeira corrida dirigida à Integração do Planejamento Territorial com as Informações Espaciais Automatizada e Sistematizada. Desta corrida resultou o interesse crescente pela utilização dos SIGs. A característica principal destes sistemas é a localização geográfica do fenômeno, baseando-se em um sistema de coordenadas geográficas, sobre o qual o registro é codificado, permitindo a expressão da territorialidade e da topologia dos dados ambientais (Goes, 1994).

O desenvolvimento da filosofia dos Sistemas de Informações Geográficas, possível graças à evolução da tecnologia de informática, possibilita a integração de dados digitais, buscando modelos para a solução de problemas que afligem as sociedades contemporâneas. A construção desses modelos requer, contudo, a captura e a organização de dados com a utilização de *softwares* específicos e desenvolvimento de procedimentos.

Num país de dimensão continental como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre problemas urbanos e ambientais, esta maneira de usar a tecnologia do Sistema de Informação Geográfica representa uma grande e valiosa contribuição.

O SIG, foi utilizado pela primeira vez na década de 60, e tinha como objetivo combinar e sobrepor vários tipos de dados em um mapa. Pode associar atributos gráficos como não gráficos de recursos cartográficos. Os mapas resultantes mostram dados geográficos, ambientais ou demográficos, e podem ser mostrados individualmente ou em combinação. Possui uma estrutura bastante flexível de dados em diversas tipologias, sendo que através dessa estrutura podemos realizar diversas análises nos dados geográficos, com atributos espaciais contendo suas localizações. Pode, também, manipular dados de diversas fontes como mapas, imagens de satélite, imagens de radar, fotografias aéreas, cadastros e outras, podendo recuperar e combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análise sobre os dados.

Paralelamente aos SIGs, desenvolvem-se sistemas de compartimentação gráfica destinada ao processamento das informações e dados espaciais, com o CAD (*Computer Aided Design*), como uma ferramenta básica apenas de desenho digital, podendo ser utilizado inclusive na digitalização de mapas (Goes, 1994).

Entretanto, o maior uso da tecnologia de SIG no Brasil está no mapeamento cartográfico- CAD, apesar da sua vasta aplicação. À medida que são realizados projetos de maior porte e crescem a experiência das equipes e a importância do Geoprocessamento nas organizações, a ênfase passa para a construção e manutenção de grandes bases de dados espaciais (Câmara e Freitas, 1995). Segundo estes autores, o primeiro e natural uso dos SIGs na maioria das organizações, e/ou instituições, é como ferramenta para produção de mapeamento básico. Tanto na montagem de mapas de cadastro de lotes de um município, como no monitoramento do desmatamento, este tipo de trabalho gera mapas temáticos ou cadastrais, na maioria dos casos, inéditos. Nestes casos, os SIGs são usados como sistemas CAD que possuem a capacidade de representar projeções cartográficas e de associar atributos a objetos espaciais.

A Cartografia Automatizada (CAD) ou CAC - *Computer Aided Cartography*, preocupa-se em automatizar determinadas etapas da produção de mapas, principalmente restituição e elaboração do produto final, além da representação gráfica, símbolos, escala, codificação de elementos,

extrapolação e interpolação. Mesmo de maneira precária, permitem ainda, a interface de entidades geográficas com bancos de dados relacionados através de programas aplicativos.

A continuidade e a proliferação do uso de sistemas CAD e CAC na produção de documentos cartográficos propiciaram o desenvolvimento dos sistemas AM/FM (*Automated Mapping/Facilities Management*), que gerenciam informações gráficas e tabulares. Ou seja, representa basicamente o mundo real, enquanto que o SIG representa o modelo do mundo real, estabelecendo as relações entre os dados.

Ressalta-se, contudo, que os usuários de SIG frequentemente precisam integrar dados de diferentes fontes, usando o denominador comum geralmente disponível: a localização geográfica. Por isso é preciso ter modelos de dados flexíveis para acomodar a heterogeneidade e, simultaneamente, manter a possibilidade de executar diversas tarefas, rotineiras ou eventuais.

Um SIG deve representar graficamente o mundo real com a sofisticação de um sistema CAD e, ao mesmo tempo, permitir que os usuários analisem os dados disponíveis em diferentes níveis conceituais, com variados graus de complexidade.

O SIG é considerado multidisciplinar por natureza, o sucesso da sua implementação depende fundamentalmente de profissionais de diferentes áreas (Becker e Egler, 1996). Permite também que sejam trabalhados dados disponíveis em diversas escalas de representação (nominal, ordinal, intervalo e razão), na elaboração da base de dados ambientais, entendida como base de dados de natureza diversa, ou seja, dados econômicos, sociais, naturais, etc., estudados em conjunto e relacionados entre si (Xavier da Silva, 1994). A tecnologia do SIG vem crescendo e é utilizada nas mais diversas áreas do conhecimento, em especial no campo das análises geográficas e ambientais, destacando-se estudos de casos sobre definição de áreas de riscos, potenciais e impactos ambientais, zoneamentos e monitoramento de eventos.

O Geoprocessamento compreende a combinação da tecnologia da cartografia digital, do SIG e das técnicas de sensoriamento remoto (Processamento Digital de Imagens). O técnico se utiliza desse recurso não

apenas para representar algo, mas para inferir, analisar, tratar e concluir (Maillard, 1992).

Internacionalmente o SIG é conhecido como GIS (*Geographical Information System*), difundido por inúmeros países, inclusive os latino-americanos. No Brasil, cada vez mais instituições e órgãos federais, estaduais e municipais desenvolvem e/ou aplicam SIGs com os mais diversos objetivos, como entre outros, o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), a Empresa Brasileira de Pesquisas Agrárias (EMBRAPA), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Centro de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e as Universidades.

Para o estudo da suscetibilidade à erosão na bacia do rio Açailândia a utilização de técnicas em Geoprocessamento e dos Sistemas de Informações Geográficas se mostram como ferramentas fundamentais e bastante eficientes na busca da análise integrada a que se propõe a pesquisa.

### **3.2 – Pedologia e Geomorfologia no Estudo dos Processos Erosivos**

#### **3.2.1 – Formação dos Solos e Relevô**

##### ***Os Processos de Formação***

A definição de solo é controversa, variando conforme as áreas de atuação (Costa e Baker, 1981). De acordo com a definição do *American Geological Institute* (1976), solo corresponde aos materiais da crosta que foram modificados por agentes físicos, químicos e biológicos, tornando-se capazes de dar suporte às raízes das plantas.

Os pedólogos estudam com maior detalhe apenas as camadas mais superficiais do solo, definindo-o como o material terrestre superficial, que sofreu ação dos processos pedológicos e foi afetado por atividade biológica, sendo capaz de suportar plantas. Essa tênue camada é composta por partículas de rochas em diferentes estágios de desagregação, água e

substâncias químicas em dissolução, ar, organismos vivos e matéria orgânica em distintas fases de desagregação. Em Geotecnia, estuda-se o comportamento mecânico e hidráulico dos solos, utilizáveis como suporte de obras civis, ou como material de construção, definindo-o como todo material terrestre com baixa resistência mecânica, escavável sem necessidade de explosivos ou maquinário pesado (Costa e Baker, 1981).

Ainda que a definição de solo possa se diferenciar dentro das visões geológicas, pedológicas e geotécnicas, considera-se que os solos representam toda a superfície inconsolidada que recobre as rochas e mantém a vida animal e vegetal da Terra (Vieira, 1988). Da ação combinada dos fatores de formação do solo, determinando os processos pedogenéticos que se operam no material de origem, resultam seções mais ou menos paralelas à superfície do terreno que se sucedem verticalmente compondo os solos. Essas seções, denominadas de horizontes ou camadas, que se diferenciam uma das outras pela organização, pelos constituintes ou pelo comportamento (Oliveira *et al.*, 1992), é o que se denomina de perfil do solo.

De acordo com Prado (1995), para o solo se formar há necessidade de a rocha sofrer a ação da água e do calor, que fisicamente atuam tanto diminuindo o tamanho da rocha como alterando sua composição química. Se essa influência for em grau mais elevado, a alteração será mais rápida, ou seja, o intemperismo ou meteorização irá se acelerar.

Existem portanto, dois tipos de processos que atuam na formação do solo. Os processos pedogenéticos, que agem sobre o material de origem, e que por sua vez é resultado da atuação dos processos de intemperismo na rocha sã. O intemperismo é tradicionalmente subdividido em físico e químico, ambos muito influenciados pelos organismos. O intemperismo físico representa os processos responsáveis pela destruição mecânica da rocha, sem alterar sua composição química, sendo mais intenso em áreas de clima frio ou desértico (Fontes e Fontes, 1992). Por intemperismo químico se entende todo o processo que leva à modificação química da rocha (Fontes e Fontes, 1992).

Para a formação do solo pedológico é preciso que atuem os processos pedogenéticos sobre o material de origem. Há uma tendência de se expressar

o desenvolvimento do solo em termos de quatro processos gerais: transformação, translocação, perda e adição.

A combinação desses quatro processos possibilita que se explique como se formam as principais classes de solo. Tem sido generalizado o uso de expressões que indicam a dominância de alguns processos associados com certa condição de clima e organismos, ou a uma condição local de topografia e excesso de água ou de sais (Oliveira *et al*, 1992). A estas combinações de processos dá-se o nome de processos pedogenéticos específicos, que são denominados de latolização, podzolização, calcificação, hidromorfismo e halomorfismo.

A latolização é a transformação dos minerais primários e remoção da sílica e das bases, com acumulação relativa de ferro e alumínio, gerando o solo tropical mais freqüente, os latossolos. Já a podzolização corresponde à translocação de material do horizonte A ou E para o B; quando o solo contém argilominerais, estes podem ser transportados e acumulados no B, formando-se os Podzólicos; quando o solo é essencialmente arenoso, a matéria orgânica, associada ou não com óxidos de ferro e de alumínio (complexos organometálicos), pode ser transportada e acumulada no horizonte B, formando os Podzóis.

O processo de calcificação, por sua vez, consiste na translocação de carbonato de cálcio e sua acumulação em algum horizonte no perfil. O processo de hidromorfismo ocorre em qualquer clima, desde que as condições locais sejam favoráveis, como nas depressões, baixadas, mangues, várzeas ou qualquer outro ambiente saturado por água em boa parte do ano. Por último, o processo de halomorfismo ocorre nos baixos topográficos de regiões com déficit hídrico; há tendência de se acumular sais solúveis à superfície, pois a evapotranspiração é maior que a precipitação, gerando os solos halomórficos ou salinos.

## **A Influência do Relevo nas Características do Solo**

A Pedologia considera o solo em formação e em evolução sob o efeito de fatores bioclimáticos, que intervêm sobre o solo, provocando redistribuição, reestruturação e organização em horizontes. Segundo Moniz (1995), nas situações mais freqüentemente observadas, tais horizontes se sucedem verticalmente, numa série que corresponde a uma ou diversas seqüências de organizações elementares, derivando umas das outras, com uma orientação vertical.

Segundo a clássica definição de Jenny (1941), cinco fatores independentes governam a formação dos solos: material de origem (geologia), clima, relevo (geomorfologia), organismos (biologia) e tempo. Para haver desenvolvimento de solo são necessários detritos do material de origem (provenientes do intemperismo), sobre os quais atuarão os processos pedogenéticos, que dependerão do clima, do relevo, dos organismos e do tempo.

Dessa forma, solo pode ser definido como resultado da ação do clima e de organismos atuando sobre determinado material de origem, em determinado relevo e durante um certo tempo. Algumas atividades antrópicas também interferem no comportamento dos solos, como o desmatamento, que tende a provocar acréscimo da erosão e de movimentos de massa. As queimadas induzidas, práticas agrícolas no país desde os primórdios da colonização, causam decréscimo da fertilidade e podem gerar uma camada subsuperficial impermeável à água (camada hidrofóbica), também favorecendo o incremento dos movimentos de massa e erosão (*National Research Council*, 1996).

O relevo exerce uma forte influência na evolução e desenvolvimento dos solos, pois sua conformação exerce um controle efetivo na dinâmica da água e dos sedimentos, e é um dos agentes mais importantes que influem na capacidade produtiva do solo, juntamente com o clima (Oliveira *et al.*, 1992; Silva, 1996; Palmieri e Larach, 1998).

Palmieri e Larach (1998) através de uma representação esquemática da influência do relevo na drenagem interna, na cor, na espessura e na natureza

do horizonte superficial, mostram que nas partes altas e relativamente planas, os solos apresentam boa drenagem interna; o horizonte A é orgânico-mineral, em geral, pouco espesso e de coloração bruno-escuro ou bruno-avermelhado-escuro, o horizonte B apresenta cores vivas avermelhadas ou amareladas, podendo apresentar pouco mosqueado de oxi-redução, a partir de 180cm da superfície.

Nas encostas com declives mais acentuados apresentam drenagem boa ou excessiva, porém são mais secos. O horizonte A é orgânico-mineral, em geral, pouco espesso de coloração bruno-acinzentado-escuro, o horizonte B apresenta cores vivas amareladas ou avermelhadas, podendo ser comum a partir de um metro da superfície a ocorrência de mosqueados de oxi-redução de cores cinzentas e ocres devido à influência do lençol freático.

Nas partes inferiores das vertentes e nas de várzeas e/ou depressões, há predominância de água na massa do solo durante o ano. Esta permanência de água resulta em solos imperfeitamente drenados ou mal drenados, dependendo se o lençol freático está próximo à superfície ou não, respectivamente. O horizonte superficial A é, normalmente, formado por material orgânico bem decomposto, de natureza turfosa e de cor preta, e os horizontes e/ou camadas subjacentes apresentam, freqüentemente, matizes cinzentos e/ou azulados e mosqueados de oxi-redução.

De acordo com Oliveira *et al.* (1992), Osaki (1994) e Silva (1996) em regiões montanhosas, os declives fortes favorecem a erosão, quase sempre em níveis superiores ao limite de tolerância de perda de solo. Se a quantidade de solo erodido for maior que o formado, a capacidade produtiva do solo diminui. Mas se a quantidade do solo formado é relativamente igual ao erodido, é provável que se formem solos profundos. Se a erosão for pouca, consequência do relevo ser mais ou menos plano, formam-se solos muito mais profundos.

Ao se estabelecer a relação solo-relevo, Kertzman e Diniz (1995) e Resende *et al.* (1995) verificam que nos relevos muito íngremes, a taxa de erosão muitas vezes sobrepuja a taxa de pedogênese, resultando em solos delgados, pouco desenvolvidos (Litossolos). Quando o relevo é menos

íngreme, como nos morrotes e colinas, os solos podem tornar-se mais desenvolvidos (solos podzólicos). Nas situações de relevo mais plano e de drenagem desimpedida, como nas chapadas do Centro-Oeste e no topo das colinas na Bacia do Paraná, os solos, com o tempo e sob condições climáticas favoráveis, desenvolvem-se e se espessam, dando origem aos latossolos. Nas regiões mal drenadas de relevo plano, como nas várzeas, pântanos e mangues, o lençol freático próximo à superfície favorecerá o processo de hidromorfia, com desenvolvimento de solos sob ambiente redutor (solos hidromórficos).

Um outro exemplo da influência do relevo nas características do solo, são as faces voltadas para o Norte em relação às faces no sentido Sul. Esta influência se destaca nas latitudes mais elevadas, em virtude dos maiores ângulos do azimute solar, que é o sol mais próximo do horizonte no meio dia. No Brasil, as áreas que se encontram abaixo do Trópico de Capricórnio, como é o caso dos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Sul de Mato Grosso, as faces das montanhas que se encontram voltadas para o Norte são mais quentes e secas, do que aquelas voltadas para o Sul, por receberem maior quantidade de luz solar. Resultado disso, são os solos das encostas que recebem menos luz, intemperizam-se menos, sendo mais rasos e possuem horizontes menos desenvolvidos que aqueles voltados para o Norte onde recebem mais luz (calor).

De modo geral, todos os solos existentes na paisagem refletem sua história. Solo e relevo são vistos como um sistema aberto, onde estão continuamente recebendo e perdendo matéria e energia do seu meio ambiente.

Visto dessa forma, muitos autores discutem a funcionalidade da relação entre os fatores de formações dos solos apresentadas por Jenny (Birkeland, 1984; Gerrard, 1995; entre outros). Apesar de ser a muito tempo bastante utilizada e difundida nos estudos dos solos, o grande problema está na quantificação de seus fatores da equação. Ou seja, o problema reside em como isolar completamente as variáveis relevo e clima, pois estão em interação constante assim como, com o recobrimento da vegetação (Birkeland, 1984).

Em suas observações sobre a grande quantidade de teorias relacionadas à gênese dos solos, Johnson e Watson-Stegner (1987), mostram que apesar de serem agrupadas em fatores-função e processos-sistemas, todas consideram que os solos e a paisagem são um sistema aberto.

### **Toposequência na Formação e Evolução do Solo**

De modo geral, tanto pedólogos quanto geomorfólogos estão de acordo com a idéia de que os solos, aparecendo em todas as posições do relevo, têm sua história ligada à própria história do relevo, tanto localmente quanto regionalmente (McFadden e Knuepfer, 1990).

A análise estrutural da cobertura do solo permite ultrapassar a visão verticalista da Pedologia, calcada em perfis isolados, na direção da análise detalhada da organização lateral e espacial (tridimensional) da cobertura pedológica ao longo das vertentes (Boulet, 1992; Queiroz Neto, 1995). De acordo com esses autores, a cobertura pedológica é contínua ao longo das vertentes, e as diferenciações registradas dizem respeito a sistemas de transformação lateral e não a perfis justapostos, como a visão apenas de perfis verticais levava a pensar.

De acordo com Birkeland (1990), os trabalhos sobre Solos e Geomorfologia teriam pelo menos um dos seguintes objetivos, obtidos com a aplicação desses princípios: determinar cronosequências de solos, que seriam utilizadas para estimar a idade dos depósitos superficiais; empregar os solos como indicadores de maior ou menor estabilidade das paisagens; determinar propriedades dos solos indicadoras de mudanças climáticas; e finalmente, relacionar o desenvolvimento dos solos, à infiltração e ao escoamento superficial das águas de chuva com a erosão nas vertentes.

Sem dúvida o solo depende do relevo, da morfologia do terreno e de sua altitude. A morfologia e a altitude influem na distribuição diferenciada dos solos. Mas a importância do relevo não está apenas na declividade, está também relacionada com o substrato *mater* e com a drenagem. Tanto um como outro podem ter a influência da declividade, como também da posição do perfil. O

estudo da topossequência tem importante papel, pois mostra a existência de uma relação entre o perfil de solo e o ângulo de inclinação da vertente.

As variações de altitudes provocam uma seqüência de camadas geneticamente ligadas entre si, todavia com características morfológicas diferentes. O solo recebe denominações próprias, conforme a sua posição topográfica em: eluviais, coluviais e aluviais.

### 3.2.2- Dinâmica Hidrológica no Sistema Solo-Relevo

Os estudos ligados à dinâmica hidrológica dos solos têm-se tornado fundamentais na compreensão dos processos erosivos e deposicionais que governam as transformações do modelado terrestre no tempo.

Desde Horton (1945), as pesquisas hidrológicas se concentraram, principalmente, na dinâmica das águas superficiais, tendo sido posteriormente dada ênfase à água subterrânea. Nas últimas décadas muito destaque tem sido dado aos fluxos subsuperficiais, os quais, segundo Fernandes (1990), têm mostrado assumir papel relevante na resposta dos canais fluviais e na estabilidade das encostas.

Segundo Dunne e Leopold (1978), em uma encosta, a água da chuva quando alcança a superfície do solo segue vários caminhos até chegar ao canal. O fluxo superficial Hortoniano, estaria ligado a situações onde a intensidade da precipitação supera a capacidade de infiltração do solo.

Segundo Fernandes (1990), este conceito tem sido utilizado por pesquisadores e formam a base de muitos modelos matemáticos de produção de escoamento. De acordo com Dunne (1970), este mecanismo pode também se aproximar da realidade de muitas regiões áridas e semi-áridas, onde as precipitações são de alta intensidade e os solos tendem a possuir baixas capacidades de infiltração. Já em áreas úmidas, este mecanismo tem sido questionado, onde a densa vegetação propicia aos solos valores elevados de infiltração, absorvendo grande parte da precipitação.

O fluxo subterrâneo estaria mais ligado a solos profundos e homogêneos, atuando diretamente na recarga do lençol freático. Já o fluxo subsuperficial da chuva é o mais ligado aos processos erosivos e vem sendo muito estudado nos últimos anos, destacando-se os trabalhos de McCarg (1985), Fernandes *et al.* (1994), Thurler *et al.* (1996), Montgomery *et al.* (1997), Coelho Netto (1998), Guerra (1998). O fluxo superficial de saturação engloba o fluxo de retorno e a precipitação direta.

A dinâmica hidrológica das encostas é controlada por diversos fatores que atuam de forma integrada. Dentre eles destacam-se o volume e a intensidade da precipitação, as propriedades físicas, químicas e hidráulicas dos solos, a cobertura vegetal, a fauna atuante e a morfologia das encostas (Fernandes, 1990; Coelho Netto, 1998).

A precipitação é um importante fator controlador do ciclo hidrológico. As quantidades relativas de precipitação (volume), seus regimes sazonais, ou diários (distribuição temporal), e as intensidades de chuvas individuais (volume/duração) são algumas das características que afetam a natureza e a magnitude do trabalho geomorfológico em bacias de drenagem e, portanto, o planejamento de áreas urbanas, industriais ou rurais (Coelho Netto, 1998).

A água entra no solo por infiltração, e os solos definem as quantidades de chuvas que infiltram, ou que excedem, para escoar na superfície do terreno. Segundo Summerfield (1991), muitos fatores influenciam na capacidade de infiltração, sendo os mais importantes o tamanho das partículas do solo, a quantidade de matéria orgânica e a atividade da fauna. De acordo com Guerra (1998), as propriedades físicas e químicas dos solos afetam diretamente as taxas de infiltração. Geralmente solos de textura mais grosseira como os arenosos, possuem taxas de infiltração maiores do que a dos argilosos. No entanto, outras propriedades como arranjo espacial, agregação das partículas (grumos) e presença de micro e macroporos (porosidade), podem levar a que solos argilosos tenham uma elevada taxa de infiltração.

Os solos são constituídos por milhões de partículas de diferentes composições mineralógicas, e diversos tamanhos. Os espaços vazios entre as partículas de solos são chamados de poros e podem estar parcial ou

totalmente preenchidos com água (solos não-saturados e saturados, respectivamente). Os poros com diâmetro inferior a 0,2 mm são denominados microporos; os de diâmetro superior são chamados de macroporos (Fontes e Fontes, 1992).

O arranjo espacial dos materiais do solo, ou sua estruturação, influencia no direcionamento e no tempo de viagem dos fluxos de água. Os solos com estrutura granular possuem grande número de poros que permitem o movimento dos fluxos em todas as direções; as estruturas em bloco também formam grande número de poros, porém de menor tamanho, onde os fluxos se movem em todas as direções; as estruturas prismáticas são geralmente associadas aos agregados maiores e com poros maiores e bem definidos no sentido vertical, favorecendo os fluxos nesta direção; e finalmente, nas estruturas em placas os fluxos se distribuem preferencialmente na direção horizontal (Fontes e Fontes, 1992).

O movimento da água pode se dar lentamente através dos microporos da matriz do solo (fluxo laminar) ou de forma bem mais rápida através dos vazios maiores do solo (fluxo turbulento) (Knapp, 1978; Libardi, 1995). Este último se dá através dos macroporos ou canais não-capilares, possuindo sua origem associada à atividade biológica, ou mesmo à atuação de fluxos subsuperficiais nos solos (Knapp, 1978; McCarg, 1985). A caracterização e o papel desempenhado por estes fluxos tornam-se fundamentais na compreensão da resposta hidrológica das encostas, podendo mesmo condicionar fenômenos como voçorocamentos, deslizamentos e, conseqüentemente, a própria evolução do relevo (Fernandes *et al.*, 1994; Coelho Netto, 1998; Fernandes e Amaral, 1998).

Eyles (1967) e Thornes (1979), através de determinações de campo, demonstraram que a taxa de infiltração pode também variar bastante, num mesmo local, em função de diferenças de estrutura ao longo do perfil, diferenças em grau de compactação e teor de umidade antecedente.

Heuvelman e McInnes (1997), estudando a variação espacial do fluxo da água no solo, determinaram que a variação espacial torna-se simétrica em horizontes mais homogêneos, e assimétrica em horizontes mais heterogêneos,

onde concluem que a descrição das propriedades físicas, tais como estrutura e textura, se tornam importantes para se prever o padrão de fluxo e a variação espacial do fluxo no solo.

Muitos autores têm demonstrado que a análise dos principais modelos de evolução de encostas tem evidenciado o caráter dedutivo e limitado dos conhecimentos sobre a atuação dos processos e as formas a eles relacionadas. Segundo Faniran e Jeje (1983), a diversidade de feições geomórficas e perfis de encosta vêm ressaltando que as formas de encosta e os processos operantes sobre elas são tão variados e complexos, que não é possível atribuir explicações rígidas como as que estabelecem um único modo de desenvolvimento das encostas, mesmo considerando-se condições de estrutura, litologia e clima uniforme.

Dessa forma, com o desenvolvimento dos estudos de hidrologia e o progressivo emprego de equações matemáticas na modelagem física das encostas, alguns trabalhos buscam dar enfoque ao aprimoramento de uma metodologia integrativa entre forma x sedimento/solo. Nos últimos anos, a abordagem tridimensional dos sistemas de encosta vem subsidiando a interpretação das relações entre a evolução pedogenética e a do relevo (Hack e Goodlett, 1960; Kirkby e Chorley, 1967; Boardman, 1985).

Hack e Goodlett (1960) introduziram uma perspectiva tridimensional à análise das formas topográficas em cabeceiras de drenagem, estabelecendo uma classificação para os segmentos de encosta baseada na sua forma geométrica. Segundo esses autores, a área do interflúvio, cujos contornos são convexos é definida como *nose*; a zona aproximadamente retilínea existente entre o segmento convexo e o fundo do vale é denominada de *side slope*; a parte central da cabeceira de drenagem ou qualquer outra área da encosta cujos contornos sejam côncavos é definida como *hollow*.

Kirkby e Chorley (1967) enumeraram quatro zonas onde o fluxo d'água da encosta seria máximo: na base das encostas, nos *hollows*, em encostas com perfis côncavos e em áreas com solos pouco espessos, ou pouco permeáveis. A maioria dos estudos estão concentrados na base das encostas,

analisando a saturação na base de um único perfil de encosta, praticamente retilíneo (Weyman, 1973; Harr, 1977).

De acordo com Kirkby e Chorley (1967), quando se consideram encostas em três dimensões, o efeito da convergência dos fluxos é paralelamente à linha de gradiente máximo da encosta. Dessa forma, numa encosta côncava, em perfil e em planta, existirá uma marcante convergência do fluxo em direção ao *hollow*, particularmente onde a anisotropia do solo for também marcante.

O termo "complexo de rampa", definido por Meis e Monteiro (1979), a partir do conceito de "rampa de colúvio", introduzido por Bigarella e Mousinho (1965), identifica em abordagem estratigráfica, variações temporais e espaciais no direcionamento dos retrabalhamentos dos materiais de subsuperfície, associados aos vários episódios de formação de depósitos coluviais, dentro das reentrâncias dos *hollows* (Moura *et al.*, 1991).

Estudos desenvolvidos sobre o Quaternário Superior no Planalto Sudeste do Brasil têm procurado explicar a evolução das encostas, com base em argumentos estratigráficos e geomorfológicos (Meis e Moura, 1984; Moura *et al.*, 1991; Moura *et al.*, 1995; Peixoto *et al.*, 1997). Segundo Peixoto *et al.* (1997), a integração de análises detalhadas do registro sedimentar de idade quaternária e das feições geomorfológicas identificadas nas encostas e vales fluviais da região do médio vale do rio Paraíba do Sul têm permitido a individualização de sucessivos episódios de estabilidades e instabilidades ambientais, evidenciados através de padrões distintos de associação forma/depósito/solo.

Por outro lado, em modelos de evolução de perfis de encostas Fernandes (1996) acredita que a modelagem matemática, quando baseada em processos físicos, pode ser uma importante ferramenta para estudos que visam a previsão, por exemplo, de áreas de risco a deslizamentos, de áreas submetidas a processos de enchentes ou de erosão (Beven *et al.*, 1984, Moore *et al.*, 1988, Brooks *et al.*, 1995, *in* Fernandes, 1996).

Fernandes (1995) utilizando-se de modelos numéricos, demonstra que os processos difusivos tais como rastejo, salpico, atividade biogênica, entre

outros, contribuem diretamente para o desenvolvimento de perfis convexos nas encostas, evidenciando com isso que os topos convexos da paisagem não representam formas em equilíbrio dinâmico, como muitos autores acreditam.

Ainda segundo este autor, embora a idéia proposta por Kirkby (1971) e por Smith e Bretherton (1972) de que existe uma relação direta entre o tipo de transporte atuante e a forma do perfil de encosta resultante sejam úteis, muitos outros fatores podem complicar tal relação. Alguns autores (Armstrong, 1987; Parsons, 1987) chamam atenção para o fato de que nestes modelos matemáticos as condições de contorno impostas são tão importantes no controle da forma final da encosta quanto o tipo de processo atuante (Fernandes, 1995).

Assim, acredita-se que o conhecimento sobre a dinâmica hidrológica nas encostas, levando-se em consideração todos os fatores envolvidos, são fundamentais ao entendimento e quantificação da erosão dos solos, na modelagem geomorfológica, no planejamento em geral, sobretudo porque permitem o reconhecimento rápido das parcelas da paisagem com maior suscetibilidade para a produção de escoamento rápido em superfície, ou escoamento mais lento em subsuperfície.

### 3.2.3- Dinâmica Erosiva no Sistema Solo-Relevo

#### ***Tipos, Agentes e Mecanismos da Erosão***

O termo erosão refere-se ao desgaste da superfície terrestre sob a ação dos agentes erosivos, principalmente a água e o vento e, em zonas montanhosas, a neve e o gelo; dentre estes o mais comum é a erosão causada pela água das chuvas.

De acordo com Guerra (1999), o processo erosivo causado pela água das chuvas tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, em especial nas áreas com clima tropical, onde os totais pluviométricos são bem mais elevados do que em outras regiões do planeta.

Os geocientistas distinguem diversos tipos de erosão do solo, estabelecendo uma nítida distinção entre erosão geológica, erosão natural e erosão acelerada. A erosão geológica, via de regra, tem sido utilizada numa abordagem de escala de milhares a milhões de anos. Um exemplo típico desta escala, tem sido os estudos referentes à reconstituição dos ciclos erosivos do passado, responsáveis pela modelagem de superfícies erosivas e pedimentares, das quais resultaram os depósitos correlativos que preenchem diversas bacias continentais cenozóicas.

A erosão natural, por sua vez, reporta-se a mecanismos operantes em sistemas não modificados, embora sujeitos a um equilíbrio dinâmico. Com frequência, os fenômenos geológicos são confundidos com erosão natural, o que só é resolvido com o entendimento da escala de desenvolvimento de um solo e suas condições de equilíbrio dinâmico.

A erosão acelerada, de outra forma, é o incremento da taxa de erosão que ocorre quando os sistemas naturais são modificados. Normalmente a modificação é atribuída à intervenção humana. Neste caso deveria ser considerada antrópica, pelo fato do ser humano intervir como agente acelerador da erosão. A erosão acelerada por definição, é uma taxa de erosão que excede a taxa presumida sob condições naturais. No entanto, a exemplo dos ciclos erosivos que ocorrem na escala geológica, as condições geoambientais estão em constante mudança, podendo levar a que solos tenham aceleração de suas taxas de erosão, sem estarem necessariamente associados à ação antrópica. Drew (1994) afirma que os solos permanecem em equilíbrio dinâmico com os fatores que determinam suas características.

A erosão dos solos tem se tornado um problema crônico no mundo todo. A erosão hídrica, muito comum nos solos brasileiros, pode ocorrer de distintas maneiras, em função dos processos erosivos básicos que variam no tempo e no espaço. As rotas preferenciais dos fluxos, tanto superficiais como subsuperficiais, podem definir mecanismos específicos de erosão e deposição, resultantes da interação de fatores tais como o clima, as propriedades do solo, a forma das encostas e o uso do solo, entre outros.

De acordo com Guerra (1998 e 1999), a água que chega ao solo pode ser armazenada em pequenas depressões ou se infiltra, aumentando a umidade do solo, ou abastece o lençol freático. Quando o solo não consegue mais absorver água, o excesso começa a se mover em superfície ou em subsuperfície, podendo provocar erosão, através do escoamento das águas. As taxas de infiltração variam ao longo de um evento chuvoso, mas variam também de acordo com as características dos solos, tais como textura, agregação das partículas (grumo), presença de micro e macroporos, além do tipo de cobertura vegetal, uso e manejo do solo, características das encostas e microtopografia da superfície do terreno (Coelho Netto, 1998; Guerra, 1998 e 1999).

Oliveira (1999), ao enumerar os mecanismos responsáveis pela erosão por ravinas e voçorocas, aponta o escoamento superficial como um dos principais, principalmente, quando associados a fatores como a declividade e características mecânicas dos materiais envolvidos.

Horton (1945) integrou o modelo de hidrologia superficial com o modelo de erosão pela ação dos fluxos, enfatizando o processo de formação de canais, rede de canais e vales, ou bacias de drenagem em seus múltiplos níveis hierárquicos. Este autor descreve o escoamento superficial como recobrimdo dois terços ou mais das encostas, em uma bacia de drenagem, durante um pico de um evento chuvoso, e resulta de a intensidade da chuva ser maior do que a capacidade de infiltração do solo. A interação entre o fluxo de água e as gotas de chuva que caem sobre esse fluxo pode aumentar ainda mais sua energia (Guerra, 1998).

Os danos causados pelas gotas de chuva que golpeiam o solo a uma alta velocidade constituem o primeiro passo no processo da erosão (Bertoni e Lombardi Neto, 1990), é a erosão por salpicamento (*splash*). O salpicamento é um processo eficaz no destacamento e transporte dos sedimentos. O impacto das chuvas tende a desagregar os agregados em partículas menores, capazes de serem arrastadas pelo escoamento na superfície. De acordo com Guerra (1998), além das partículas serem transportadas pelo impacto causado pela

gota de chuva, algumas são deslocadas pelo choque proporcionado por sedimentos que batem uns contra os outros.

Segundo Farres (1978), a formação de crostas é um dos mecanismos, mais importantes que ocorrem na superfície do solo antes de acontecer o escoamento superficial. O principal agente formador das crostas é o impacto das gotas de chuva, que podem quebrar os agregados e selar a superfície do solo. As gotas de chuva ao caírem sobre o solo, quebram os agregados em partículas menores que são arremessadas pelo impacto das gotas, dando origem à um lençol de água repleto de sedimentos finos retirados dos agregados do solo.

De acordo com Guerra (1998), a grande importância do estudo das crostas para o processo erosivo é que, uma vez formadas, a superfície do solo se torna selada, diminuindo bastante a infiltração de água e aumentando, conseqüentemente, o escoamento superficial. Segundo este autor, isso muda o sistema erosivo de elevada remoção/baixo transporte, antes de ocorrer o escoamento superficial, para baixa remoção/elevado transporte, durante a fase de escoamento superficial.

De Ploey (1981) classifica como solos *estáveis* aqueles que apresentam teores de matéria orgânica e de argila maiores do que os dos solos *instáveis*, apresentando por isso, maior coesão e menor propensão à formação de crostas. Guerra e Almeida (1993), observaram que a formação de crosta e a compactação do solo, em condições naturais, são os principais responsáveis pelo aumento das taxas de escoamento superficial e surgimento de ravinas.

O fluxo subsuperficial gerado nas encostas pode emergir na superfície do solo como fluxo de retorno, também chamado de exfiltração (Dunne, 1980 e 1990). A água emergindo a partir deste ponto do solo, o qual se encontra completamente saturado, é aumentada pela precipitação direta e o fluxo resultante é chamado de fluxo superficial saturado (SOF). Para Dunne (1980), o surgimento do fluxo subsuperficial raso será mais comum no sopé das encostas, em fundos planos e sobre solos pouco espessos com baixa permeabilidade.

Ainda segundo Dunne (1990), os mecanismos de erosão associados aos fluxos d'água subsuperficiais incluem: (1) erosão por vazamento (*seepage erosion*), quando o fluxo exfiltrante atinge uma descarga crítica capaz de deslocar a partícula do meio poroso, e (2) incisão em túnel (*tunnel scour*), quando uma força cisalhante atua nas margens de um macroporo, originado independente do fluxo d'água, promovendo sua lavagem interna. O trabalho erosivo nas faces de exfiltração pode conduzir à formação de canais e vales e, posteriormente, à expansão de redes de drenagem canalizadas como foi proposto por Dunne (1980).

Contudo, os diversos mecanismos da erosão devem ser abordados e estudados de forma conjunta e em escalas diferenciadas de análise, para se alcançar o objetivo desejado que é a explicação da ocorrência dos processos erosivos. Os diversos tipos e agentes da erosão se comportam de forma diferenciada frente aos aspectos físicos da natureza, principalmente, quando estão associados à dinâmica social. Tentar compreendê-los dentro de uma ótica sistêmica e abrangente, é o melhor caminho para se alcançar o objetivo.

### **As Formas Erosivas nas Encostas**

A erosão hídrica pode ocorrer de distintas maneiras nas encostas, dentre elas as mais significativas são a erosão em lençol (ou laminar), em sulcos (ou ravinas) e a erosão em voçorocas. As três formas de erosão podem ocorrer simultaneamente no mesmo terreno.

A erosão em lençol tem início quando a intensidade das chuvas ultrapassa a capacidade de infiltração no solo. O excedente da água que não infiltra, escoar pela superfície, acompanhando a declividade do terreno (Horton, 1945). Recebe a denominação de erosão em lençol, porque o escoamento superficial, que dá origem à erosão, se distribui pela encosta de forma dispersa, não se confinando em canais. Segundo Guerra (1998), esses fluxos raramente se apresentam em forma de lençol, com profundidade uniforme, sendo sempre formados por pequenos cursos anastomosados, sem canais definidos. Ainda, de acordo com Guerra (1998), essa forma de escoamento

ocorre, quase sempre, sob condições de chuvas prolongadas, quando a capacidade de armazenamento da água no solo e nas suas depressões e irregularidades satura.

A erosão laminar que é o primeiro estágio da erosão, pode provocar sulcos rasos ou profundos no terreno, que ao contrário do primeiro, são visíveis. De acordo com Guerra (1998) as ravinas são formadas quando a velocidade do fluxo de água aumenta na encosta, para velocidades superiores a 30cm/s, tornando o fluxo turbulento. Este aumento no gradiente hidráulico tem relação com uma série de causas: aumento da intensidade da chuva, aumento do gradiente da encosta, ou ainda, porque a capacidade de armazenamento de água, na superfície, é excedida, e aí a incisão começa a acontecer no topo do solo.

Segundo Bigarella e Mazuchowski (1985), a erosão em sulcos e ravinas deixa traços acentuados de sua ação. Os sulcos são abertos pelos filetes que se encaixam na superfície, pela remoção de detritos ao longo de seu fluxo, na maior inclinação da vertente. O escoamento deixa de ser laminar e uniforme, concentrando-se em filetes líquidos, onde a velocidade da água causa ação erosiva, cada vez mais intensa, tanto para jusante como para montante, iniciando uma dissecação vertical embrionária.

As voçorocas são características erosivas relativamente permanentes nas encostas, sendo constituídas geralmente por um canal de drenagem de paredes laterais íngremes e fundos chatos, terminando numa cabeceira extremamente íngreme e escarpada. No interior das voçorocas ocorre fluxo de água durante os eventos chuvosos. A erosão geralmente é intensa e as incisões produzidas no terreno são profundas.

De acordo com Bigarella e Mazuchowski (1985), a voçoroca é nitidamente um fenômeno hídrico, envolvendo tanto a ação das águas superficiais como também das águas subterrâneas, iniciando-se com a concentração de água na superfície da vertente, a princípio como pequenos regos que evoluem rapidamente para sulcos e ravinas, cada vez mais profundos. Algumas vezes, as voçorocas se aprofundam tanto, que chegam a atingir o lençol freático (Guerra, 1998).

Segundo Guerra (1998), as voçorocas estão associadas com processos de erosão acelerada, e portanto, com a instabilidade da paisagem. Os desmatamentos, uso agrícola das terras, superpastoreio e as queimadas são quase sempre os responsáveis diretos pelo surgimento de voçorocas, associados com o tipo de chuva e as propriedades do solo. Segundo este autor, as voçorocas podem ter origens variadas, e estão ligadas a um desequilíbrio entre a quantidade de água que se escoia na superfície da encosta, o tipo de escoamento, a forma da encosta e a erodibilidade do material.

Fiori e Soares (1976) enumeram as condições que favorecem o desenvolvimento de voçorocas, colocando em 100% dos casos a presença de uma cobertura arenosa inconsolidada, em 95% dos casos a presença de encostas côncavas, principalmente coletoras, ou seja, com curvas de nível apresentando concavidade para jusante, e em 90% dos casos a presença de substrato arenoso e mal consolidado, ou alterado.

Através de um trabalho de mapeamento e cadastramento de voçorocas em áreas de cabeceira de drenagem no planalto Sudeste do Brasil, Oliveira e Meis (1985) evidenciaram a existência de incisões erosivas que podem tanto estar conectadas quanto desconectadas da rede hidrográfica. Processos como escoamento superficial (concentrado e difuso), erosão por percolação (*seepage erosion*), movimentos de massa e erosão em dutos foram considerados importantes para a gênese e evolução das incisões erosivas. Incisões desconectadas da rede hidrográfica foram consideradas como primariamente relacionadas à ação do escoamento superficial nos setores superiores das encostas, enquanto incisões conectadas à rede hidrográfica foram associadas ao escoamento hipotético e/ou subterrâneo nas partes baixas das encostas (Oliveira e Meis, 1985; Oliveira, 1990).

Com isso, um modelo conceitual foi proposto para a evolução de canais erosivos ao longo de tributários do rio Paraíba do Sul, no Planalto Sudeste brasileiro, a partir da observação e medição de 110 voçorocas (Oliveira e Meis, 1985; Oliveira, 1990).

Oliveira *et al.* (1996), através do estudo da evolução de um sistema de incisões erosivas potencialmente integrativas ao longo do tempo no município de Resende (RJ), propõem que esse modelo de caráter conceitual deixe de ser simplesmente uma idéia e passe a ser uma hipótese provável de evolução e de integração de incisões erosivas em áreas de cabeceiras de drenagem.

### **Fatores Condicionantes da Erosão**

No intuito de compreender como, onde e porque a erosão ocorre, têm sido inúmeros os trabalhos baseados em experimentações empíricas, estatísticas e deterministas. Entre os trabalhos produzidos com este objetivo, podem ser citados Meyer e Wischmeier (1969); Wischmeier e Smith (1978); Lombardi Neto *et al.* (1980); Williams (1982); De Ploey (1981 e 1985); Morgan (1985 e 1986); De Ploey e Poesen (1988); Lane e Nearing (1989); Guerra (1998).

Meyer e Wischmeier (1969) e Wischmeier e Mannering (1969), desenvolveram a partir de estudos de Zing (1940) um modelo matemático para o cálculo da erosão hídrica, denominada Equação Universal de Perda de Solos (Universal Soil Loss Equation). A equação é expressa pela fórmula:  $A=(0,244) RKLSCP$ , onde

A= perda de solo máxima tolerável por unidade de área, t/ha

R= fator erosividade das chuvas

K= fator erodibilidade do solo

L= fator comprimento da encosta

S= fator gradiente do terreno

C= fator cultura sobre o solo ou tipo de cobertura vegetal

P= fator práticas de controle da erosão

Esta equação é um modelo clássico, elaborado com o objetivo de projetar a perda do solo, num dado período, em uma área pequena e uniforme, a leste das Montanhas Rochosas nos Estados Unidos (Wischmeier e Smith, 1978).

No Brasil, os trabalhos iniciais sobre a Equação Universal de Perda de Solo foram desenvolvidos por Bertoni *et al.* (1975), utilizando os dados existentes para as condições do estado de São Paulo. A partir de 1975, vários autores vêm tentando avaliar os fatores da equação para outras regiões.

Embora amplamente utilizado em função de sua simplicidade e facilidade de uso da equação, o modelo vem sendo muito criticado (Bigarella e Mazuchowski, 1985; Morgan, 1986; Mc Isaac, 1990; Summerfield, 1991). Muitos desses autores duvidam de sua aplicabilidade quando utilizada fora da área para a qual foi desenvolvida, ou para áreas maiores do que as parcelas padrão nas quais foram calibradas. Para Bigarella e Mazuchowski (1985), devido à grande complexidade dos processos erosivos e variabilidade entre solos, clima e topografia, a equação deve ser vista com reservas, não sendo considerada precisa.

Apesar da Equação Universal de Perda de Solos (USLE) não ter sido desenvolvida para determinação de erosão por voçorocamento, alguns autores a utilizam para essa finalidade.

Atualmente o modelo WEPP (Water Erosion Prediction Project), desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos no final da década de 80, surge visando substituir a Equação Universal de Perda de Solo (USLE), cuja estrutura essencialmente empírica limitava sua capacidade preditiva e seu potencial de aprimoramento.

Este novo modelo de predição de erosão, incorpora os processos hidrológicos fundamentais de precipitação, infiltração e escoamento superficial e os processos erosivos básicos de destacamento, transporte e deposição. Ele não apenas calcula os impactos decorrentes da erosão nas áreas fontes, mas é também capaz de quantificar impactos em áreas a jusante, tais como o aporte de sedimentos e a relação de enriquecimento de sedimento (Chaves, 1994).

Chaves (1994) ressalta, que apesar de ser um modelo baseado em processos e, portanto, com um bom potencial de transferibilidade para diferentes regiões, sua utilização no Brasil requer alguns estudos prévios, tais

como: a calibração de parâmetros e a validação do modelo para algumas situações típicas de solos, climas culturas e manejos do país.

Segundo Guerra (1998), entre os fatores controladores da erosão emerge como mais significativos a erosividade da chuva, erodibilidade dos solos, cobertura vegetal e a características das encostas, pois juntos, determinam as taxas de erosão. Segundo Hudson (1961), erosividade é a habilidade da chuva em causar erosão. A intensidade da chuva tem papel importante nas taxas de infiltração, e depende das propriedades do solo, características das encostas, cobertura vegetal e do próprio tipo de chuva. De acordo com Horton (1933) e Kirkby (1980), ela influencia no escoamento superficial quando a capacidade de infiltração é excedida.

A erosão tem lugar, quando a intensidade das chuvas é maior do que a sua capacidade de infiltração no solo e será tanto maior, quanto os fatores de erodibilidade (conjunto de propriedades físicas e químicas dos solos) facilitem o processo erosivo. O controle proporcionado pela erodibilidade, faz com que seja enorme a variabilidade dos processos erosivos na escala espaço-temporal, porque as propriedades físicas e químicas dos solos permitem diferentes combinações ao longo de uma encosta e podem sofrer alterações temporais naturais ou antrópicas.

Morgan (1986) define erodibilidade dos solos como a resistência do solo à remoção e ao transporte, sendo dependente da textura, estabilidade dos agregados, força de cisalhamento, capacidade de infiltração, teor de matéria orgânica e propriedades químicas. As taxas de erodibilidade, por sua vez, dependem da textura do solo, do teor de matéria orgânica, do teor de agregados e sua estabilidade, da formação de crostas, da força de cisalhamento e da coesão do solo.

A erodibilidade é expressa pelo fator K da Equação Universal de Perda de Solo. No Brasil, são ainda relativamente poucos trabalhos envolvendo estudo de erodibilidade do solo, dada a morosidade na obtenção em experimentos com chuva natural (Guerra, 1998).

Wischmeier e Mannering (1969), descrevem a erodibilidade como o principal fator na predição da erosão e planejamento do uso do solo,

dependendo da capacidade de infiltração para resistir à remoção e transporte pela chuva e escoamento. De acordo com Hadley *et al.* (1985), a remoção e o transporte do solo depende das propriedades físicas, químicas e biológicas, coletivamente denominadas de erodibilidade dos solos.

A cobertura vegetal tem como uma de suas múltiplas funções o papel de interceptar parte da precipitação pelo armazenamento de água nas copas arbóreas e/ou arbustivas, de onde é perdida para a atmosfera por evapotranspiração durante e após as chuvas. Quando a chuva excede a demanda da vegetação, a água atinge o solo por meio das copas e do escoamento pelos troncos. Uma outra parte da chuva é armazenada na porção extrema superior do solo que comporta os detritos orgânicos que caem da vegetação e é denominada de serapilheira (Coelho Netto, 1998).

De acordo com Guerra (1998), os fatores relacionados à cobertura vegetal podem influenciar os processos erosivos de várias maneiras: através dos efeitos espaciais da cobertura vegetal, dos efeitos na energia cinética da chuva, e do papel da vegetação na formação de húmus, que afeta a estabilidade e teor de agregados. Para Morgan (1984), a cobertura vegetal pode reduzir a quantidade de energia que chega ao solo durante uma chuva, e com isso, minimizar os impactos das gotas, diminuindo a formação de crostas no solo, reduzindo a erosão.

Segundo Morgan (1984 e 1986) a declividade, comprimento e forma das encostas são também colocados como fatores importantes que podem influenciar, e por sua vez, afetar a erodibilidade dos solos. Em encostas muito íngremes, a erosão pode diminuir devido ao decréscimo de material disponível, e com isso diminui a densidade de ravinas (Poesen e Govers, 1986). Com relação ao comprimento da encosta, Guerra (1998) destaca ser um parâmetro difícil de ser avaliado, mas estudos comprovam que à medida que o comprimento das encostas aumenta, o escoamento superficial também aumenta. A forma das encostas é um dos parâmetros mais importantes na erosão dos solos. Encostas convexas, por exemplo, onde o topo das elevações é plano e a água pode ser armazenada, podem gerar a formação de ravinas e voçorocas quando a água é liberada. Entretanto, as características

relativas à declividade, comprimento e forma das encostas atuam em conjunto entre si e com fatores relativos à erosividade da chuva e propriedades do solo, promovendo maior ou menor resistência à erosão (Guerra, 1998).

Vale ressaltar, contudo, que a erosão dos solos não é somente um problema físico-mecânico, mas, também, um problema social e econômico, e o êxito de qualquer programa de estudo sobre conservação do solo depende de um conjunto de implicações sociais e econômicas.

#### 3.2.4- A Importância da Pedologia e da Geomorfologia no Planejamento do Uso do Solo

A importância de se entender o meio físico adquire hoje maior intensidade, com reflexos na necessidade de maior conhecimento das suas limitações e de imposição de medidas legais mais eficientes de proteção ao meio ambiente.

O conhecimento do meio físico, indispensável ao uso racional do solo, exige uma abordagem multidisciplinar. Neste contexto, a Pedologia e a Geomorfologia, e em particular, a Geologia de Engenharia, através do conhecimento das solicitações impostas ao meio físico, podem fazer um prognóstico de como essas solicitações afetarão o meio físico, bem como as conseqüências resultantes.

O ambiente geológico é um sistema complexo, com multicomponentes dinâmicos, que não pode ser inteiramente definido em sua total conexão com as obras de engenharia. Um modelo simplificado desse sistema compreende aqueles componentes do ambiente geológico que, do ponto de vista da Geologia de Engenharia, são de significado decisivo: distribuição e propriedades de rochas e solos, água subterrânea, características de relevo e processos geodinâmicos (Amaral, 1988).

O solo ocupa uma porção considerável da superfície do planeta, que afeta a vida humana, e é o principal substrato produtor de alimentos e uma das principais fontes de nutrientes e sedimentos que vão para os rios, lagos e

mares (Resende *et al.*, 1995). O relevo exerce uma influência sobre os solos, sobretudo sobre a circulação interna e externa da água, condicionando a ocorrência de determinados tipos de solo a determinados tipos de relevo.

De acordo com Antunes *et al.* (1987), os levantamentos pedológicos constituem-se em uma enorme quantidade de dados analíticos e descrições de perfis de solo, acrescidos de informações sobre clima, relevo e rocha matriz, ou material parental dos solos. Com a finalidade de oferecer suporte à elaboração dos mapas de solos, estes dados também podem ser utilizados com objetivos diversos, entre os quais aqueles com caráter geotécnico visando o planejamento do uso do solo, principalmente o urbano.

A crescente, e cada vez maior, pressão exercida pela expansão dos centros urbanos e a população como um todo torna o uso da terra cada vez mais competitivo, refletindo-se em uma necessidade contínua de se criar, e/ou expandir, infra-estruturas públicas e privadas e a produção de alimentos. Assim, destaca-se a importância da terra como meio de se manter e melhorar as condições de vida dos seres humanos. O planejamento do uso do solo, nesse sentido, é premente, em função da aptidão do solo para atender às prioridades de uso e ocupação do espaço terrestre (Palmieri e Larach, 1998).

Assim, as informações pedológicas são úteis nas etapas iniciais da investigação geotécnica (Simonson, 1973), principalmente em obras de engenharia de grande porte (ex.: estradas e barragens) e em projetos de ocupação urbana (ex.: loteamentos) ou rural (ex.: irrigação). Nestas atividades, a investigação geotécnica pode se tornar demorada e dispendiosa, se não houver racionalização do método de trabalho. O conhecimento da distribuição do solo, do relevo e do tipo de rocha facilita esta caracterização, reduzindo os custos e maximizando a confiabilidade dos resultados. Além disso, os dados pedológicos simplificam consideravelmente a avaliação dos impactos ambientais, de execução obrigatória em vários tipos de atividades.

Na área do planejamento do uso do solo, o mapa geológico-geotécnico se constitui no elemento de importância capital ao conhecimento da parte física do meio ambiente, possibilitando integrar os parâmetros dos materiais existentes com as espécies de uso a que serão submetidas (Amaral, 1988).

Antunes *et al.* (1987) elaboraram um mapa geotécnico da Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, utilizando-se de mapeamento pedológico já existente, na escala de 1:50.000, para indicar as aptidões naturais da área para uso e ocupação, classificando as áreas mapeadas em três classes: áreas de preservação ambiental, áreas destinadas à ocupação urbana e áreas destinadas à atividade agrícola.

Bastos e Alves (1996) basearam-se em mapas pedológicos e geológicos disponíveis, para elaborar uma carta de aptidão das diversas unidades pedológicas para uso como subleito de estrada e para construção de edificações (aptidão à construção de fossas sépticas e fundações).

Assim, exemplos como estes, mostram que os estudos pedológicos são essenciais para o planejamento, ordenamento e ocupação de áreas pois, cada tipo de solo tem uma vocação, uso e ocupação adequados. O uso racional do solo significa a obtenção de todas as características do meio físico e, dentro da dinâmica do planejamento, deve ser ressaltada a necessária correlação entre ocupação do meio físico e o solo.

A unidade solo, deve portanto, servir de referencial para o estabelecimento de políticas e estratégias para o desenvolvimento urbano e rural, nas esferas municipais, estaduais e federais. No Brasil, dispomos de solos com potencialidades e limitações, aos mais distintos usos e sistemas tecnológicos de produção. Para a maioria dos estados brasileiros dispomos de levantamento de solos, base para o planejamento de ocupação adequada de terras. Parece faltar vontade política na implementação das leis existentes. Atualmente os diagnósticos ambientais estão voltados para o zoneamento sócio-econômico-ambiental com propostas de conservação dos solos e recuperação de áreas degradadas.

#### 4. METODOLOGIA

Levou-se em consideração o desafio de combinar metodologias tipicamente pedológicas, geomorfológicas e geológicas para se chegar à análise dos processos erosivos que ocorrem no alto curso da bacia do rio Açailândia. O estudo e a conjugação dessas variáveis são importantes para se compreender e classificar os ambientes suscetíveis à erosão, identificando as áreas potenciais à ocorrência desses processos.

A análise ambiental deve ter como ponto de partida uma visão integrada das relações entre Sociedade e Natureza. É preciso conhecer a dinâmica de funcionamento e evolução da paisagem para verificar sua vulnerabilidade frente às atuais formas de utilização do território, avaliar e espacializar os processos e as formas como sociedade e natureza interagem.

Com isso, a avaliação do meio ambiente é básica e fundamental para implementações de políticas de desenvolvimento sustentável, pois permite a identificação de suas potencialidades de uso (ou de não uso), suas vulnerabilidades e seu desempenho futuro, possibilitando que se tomem decisões quanto à sua preservação.

Dessa forma, realizou-se a análise ambiental da área considerando, além dos condicionantes físicos (solo, relevo, geologia, drenagem, declividade, clima e feições erosivas), as interações entre os elementos geográficos tais como localização, posição, mapeamento do uso da terra, formas de urbanização e atividades econômicas da área de estudo. Estas interações são reproduzidas sob a forma de cruzamento de planos de informações, com base em técnicas de geoprocessamento, onde foram elaborados mapas temáticos georreferenciados.

Com uma visão regional, procurou-se explicar a ocorrência dos processos erosivos que apresentam magnitudes e interações na área urbana do município de Açailândia. Isto é, as relações que se estabelecem entre os fatores solo, geomorfologia, declividade e uso do solo tanto a nível regional quanto local, respondem à ocorrência dos processos erosivos, que se potencializam e aceleram com a incidência das atividades humanas.

Para esse estudo utilizou-se técnica de geoprocessamento - o Sistema de Informação Geográfico e Sensoriamento Remoto - importantes na aquisição, manipulação e interpretação de dados temáticos, oferecendo subsídios para a correlação dos processos erosivos com os condicionantes físicos, e a caracterização das áreas suscetíveis à erosão.

Os trabalhos envolveram atividades de gabinete, campo e laboratório. Os trabalhos de gabinete corresponderam ao levantamento bibliográfico e fointerpretação preliminar de fotografias aéreas e imagens de satélites. Os trabalhos de campo compreenderam a identificação das feições erosivas e o monitoramento das mesmas, o levantamento das unidades estudadas com descrição e coleta de amostras, além de entrevistas na administração pública e empresas particulares; e aplicação de questionários nas comunidades envolvidas diretamente com as erosões. Os trabalhos de laboratório envolveram análises morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, de amostras de solo. As atividades de fointerpretação e de mapeamento definiram os elementos de informações como tipos de relevo, solo, drenagem e declividade. A técnica do geoprocessamento envolveu a conversão dos mapas analógicos para o formato digital, onde os mesmos foram rasterizados, georreferenciados e vetorizados, para posterior realização das funções de cruzamento entre imagens, vetores e análises multitemporais. O mapa final de suscetibilidade à erosão foi elaborado a partir de informações sobre solo, relevo, geologia, declividade e uso do solo.

A escala de trabalho (1:100.000) foi definida em função das dimensões da área (1.009 Km<sup>2</sup>), e da inexistência de mapas e produtos fotográficos disponíveis em uma escala de maior detalhe. As técnicas e obtenção dos dados desenvolvidos nos trabalhos de campo, laboratório, fointerpretação, mapeamento e geoprocessamento são descritas com detalhes nos itens que se seguem.

#### 4.1 – Trabalhos de gabinete

Os trabalhos de gabinete corresponderam à revisão bibliográfica e análise crítica do estado de conhecimento da região estudada, envolvendo temas relacionados a processos erosivos, análise e impacto ambiental, levantamento de material de apoio disponíveis nas instituições, incluindo livros, mapas, fotografias aéreas, imagens de satélites e radar, e análise e revisão bibliográfico-cartográfica referente à área em questão, destacando-se estudos de solo, relevo e geologia realizados pelo RadamBrasil (Brasil, 1973) e EMBRAPA/1986.

Foram realizados ainda trabalhos preliminares de fotointerpretação das fotografias aéreas selecionadas e interpretação das imagens de satélite *Landsat* de 1986, 1991 e 1996. Os mapas resultantes serviram de base para o mapeamento definitivo das unidades interpretadas e mapeadas.

#### 4.2 – Campanhas de campo

Foram realizadas no período de agosto de 1997 a dezembro de 1999 com três viagens ao município de Açailândia, concentrando-se na área urbana e redondezas.

##### 4.2.1 – Reconhecimento e identificação das feições erosivas

Ressalta-se que nos dois anos que antecedem esta pesquisa, 1994 e 1995, foram realizadas as primeiras investigações em campo, percorrendo todo o município de Açailândia, inclusive municípios vizinhos como Carajás, Marabá, Eldorado do Carajás, Imperatriz e Santa Luzia.

Nesta etapa, foram feitas quatro viagens além do reconhecimento detalhado da área, foram identificadas 12 feições erosivas, somente na área urbana. Destas, foram eleitas três para mapeamento e monitoramento, servindo assim de base para investigações futuras, seguindo os métodos e os

resultados alcançados. Foram realizados quatro monitoramentos, em intervalos de aproximadamente quatro meses - outubro de 1994, janeiro de 1995, maio de 1995, agosto de 1995.

O primeiro campo relacionado ao período de afastamento para a realização da tese foi realizado entre os dias 28 de julho de 1997 a 12 de agosto de 1997 com o objetivo central de reconhecimento e identificação das voçorocas no perímetro urbano e nas áreas rurais, procedendo com medições e iniciando o planejamento do levantamento das unidades morfológicas e pedológicas.

Paralelamente, foram coletados dados referentes ao histórico de ocupação, clima, vegetação e informações técnicas-cadastrais, principalmente à Prefeitura Municipal, empresas como a Companhia Vale do rio Doce (CVRD), indústria siderúrgica Vale do Pindaré e serraria Gramacosa.

Entrevistas foram realizadas junto às comunidades que habitam os bairros onde ocorrem as voçorocas, e aqueles que estavam provisoriamente instalados em acampamentos aguardando a definição governamental para a transferência definitiva.

#### 4.2.2 - Mapeamento e monitoramento das erosões

A grande incidência de voçorocas no espaço urbano da bacia do rio Açailândia, fez com que os trabalhos fossem direcionados para o monitoramento das mesmas, na intenção de se entender a evolução desses processos erosivos.

Para se monitorar uma voçoroca existem várias possibilidades. Nesse trabalho, optou-se pela metodologia proposta por Guerra (1996). Após o levantamento e o mapeamento na área urbana da cidade, foram selecionados para estudo três voçorocas, dentre as várias existentes, com o objetivo de compreender como e para onde estão evoluindo. Os critérios de seleção vão desde ao acesso, passando pela carência da população que reside no local, até o caráter científico de podermos avançar no estudo dos processos erosivos acelerados.

Uma vez selecionadas essas três voçorocas, foram feitas estacas de madeira, com 30cm de altura e 3cm de espessura. Cada estaca foi marcada com tinta vermelha, e devidamente enumerada, para fácil identificação no terreno, o que ajudava em sua rápida localização no campo, a fim de facilitar o monitoramento das voçorocas (Anexo 1). Esse monitoramento consiste em:

1. As estacas são enterradas no solo, com um afastamento de aproximadamente 10 a 20 metros entre cada uma, e mais ou menos 10 metros da borda da voçoroca;
2. São feitas três medidas, entre cada estaca e a borda da voçoroca, utilizando-se uma trena e uma bússola de geólogo (três visadas, contendo os ângulos de orientação);
3. Esses dados são plotados, numa folha de papel vegetal (ou milimetrado), com o objetivo de poder fazer novas medidas, a cada três ou quatro meses (isso depende da distribuição das chuvas);

Além do monitoramento das voçorocas, em si, essas devem ser localizadas com a máxima precisão, numa carta topográfica ou com o GPS (*Global Position System*) e, sempre que possível, amostras de solo devem ser coletadas, para determinação de propriedades físico-químicas, em laboratórios. Neste trabalho, utilizamos tanto a carta topográfica, como o GPS. Amostras de solo foram coletadas, para determinação das análises físicas e químicas.

Essa metodologia, apesar de simples, pode ter resultados significativos nas regiões tropicais, onde os processos de erosão acelerada têm atingido vastas áreas, em especial no território brasileiro. Na área rural, realizou-se o mapeamento das formas erosivas (erosão laminar, ravinas e voçorocas) ao longo das duas rodovias que cortam a área da bacia do rio Açailândia, a BR-010 e BR-222, e em áreas próximas a elas.

#### 4.2.3 – Identificação e levantamento das unidades estudadas

Etapa fundamental da pesquisa realizada no segundo trabalho de campo - 16 de abril de 1998 à 23 de abril de 1998 – que consistiu em percorrer integralmente as áreas rurais, objetivando a identificação e localização das formas erosivas e unidades de solo, com coleta de amostras para análises laboratoriais, visando posterior mapeamento. Nos procedimentos de campo seguiram-se as normas de levantamentos pedológicos recomendados pela EMBRAPA (1997).

As formas erosivas e os pontos de identificação foram devidamente localizados e plotados na base cartográfica. As observações de campo para descrição morfológica dos solos foram realizadas em cerca de 50 pontos de identificação, dos quais 30 foram acompanhados de preenchimento de ficha de descrição da unidade de mapeamento (Anexo 2).

Foram coletadas amostras referentes aos horizontes e subhorizontes de perfis representativos das classes de solo encontradas. Dois tipos de amostragem foram realizados: amostras brutas ou deformadas, com cerca de 2.000g, para a determinação das características físicas, químicas e mineralógicas; e as volumétricas, contendo 100 cm<sup>3</sup> de solo, retiradas com o auxílio do Anel de *Kopeck*, para cálculo das densidades aparente e real. As amostras de solo coletadas foram encaminhadas para análises laboratoriais referentes às características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas.

Para o estudo do relevo e geologia os trabalhos de campo compreenderam o reconhecimento, identificação e mapeamento das unidades fotointerpretadas, como será visto mais adiante.

#### 4.2.4 – Aplicação de questionários

Etapa cumprida no período de 1997 (28 de julho a 12 de agosto) e posteriormente no período de 08 de dezembro de 1999 a 20 de dezembro de 1999.

Os questionários seguiram um roteiro prévio, conforme o Anexo 3, visando compreender a ocorrência dos processos erosivos e possíveis correlações com as atividades humanas, sejam elas urbano-industrial ou rural-agropastoris.

#### 4.3 - Análises de laboratório

As amostras de solo coletadas foram encaminhadas para análises laboratoriais referentes às características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, no Laboratório de Pedologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e EMBRAPA-SOLOS (RJ).

As determinações morfológicas realizadas compreenderam *cor*, utilizando a carta de *Münzel* (1975) e nomes correspondentes em português; *estrutura*, com relação a forma e tamanho; *consistência*, em amostra seca, úmida e molhada; e *raízes*, fazendo a determinação com relação à quantidade.

As amostras de solo foram pesadas, destorroadas e passadas em peneira de 2,0 mm de diâmetro de malha, para se realizar a separação das frações calhau e cascalho da fração terra fina seca ao ar (TFSA). A partir daí, as análises realizadas foram: granulometria, densidade aparente e real.

As determinações das análises químicas foram realizadas no Laboratório de Pedologia da Universidade federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Sendo que, as análises de ataque por  $H_2SO_4$  foram realizadas pela EMBRAPA/CNPS. As seguintes determinações foram realizadas: teor de matéria orgânica e carbono orgânico, pH,  $SiO_2$ ,  $AlO_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ , Ki e Kr.

As determinações das análises mineralógicas foram realizadas a partir da fração argila, por difratometria de raio-X, de amostras de horizontes subsuperficiais, dos perfis representativos dos tipos de solo identificados na área. Tais análises foram executadas pela EMBRAPA/CNPS.

#### 4.4 - Interpretação de fotografias aéreas, imagens de satélite e mapeamentos

Primeiramente foram realizados os levantamentos básicos com o auxílio da carta planialtimétrica (IBGE/DSG) na escala de 1:100.000 (1984) das folhas: SB23-V.A-IV (Açailândia), SB23-V.A-V (Açailândia-E), SA23-V.A-II (Guaramandi), SB23-V.C-I (Cidelândia), SB23-V.C-II (João Lisboa). Posteriormente, foram realizadas interpretação visual das imagens de satélite *Landsat* TM/5 de 1991 e 1996, composição colorida das bandas 3B 4G e 5R, orbital/ponto (222/63 e 222/64) na escala de 1:100.000, e das fotografias aéreas na escala 1:100.000 da CPRM, ano de 1980.

Os mapeamentos e as informações obtidas em campo foram integrados para a elaboração de mapas temáticos: solo, geomorfologia e feições erosivas, drenagem e lineamentos de drenagem, declividade e hipsometria. O mapeamento sobre uso da terra nos anos de 1985, 1991 e 1996 também foi realizado através das imagens de satélite *Landsat*, o que possibilitou a análise temporal e a quantificação das transformações ocorridas com relação ao desmatamento na região.

O mapeamento dos solos foi elaborado com base nas normas estabelecidas pelo Centro Nacional de Pesquisas de Solos (EMBRAPA, 1995). A partir da interpretação das imagens de satélite e fotografias aéreas (escala 1:100.000), trabalhos de campo para abertura de perfis e realização de tradagens, foram identificadas as classes de solo e suas áreas de abrangência. A legenda final foi elaborada com base nos resultados das análises laboratoriais, já enquadradas no novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

Foram identificadas cinco classes de solo, sendo que apenas duas foram mapeadas na escala do trabalho. *Intergrades* entre essas duas classes mapeadas foram individualizadas e separadas, compondo uma legenda final com associações entre as unidades. Ressalta-se que as associações se devem, pelo fato da dificuldade em individualizar as classes de solos identificadas como *intergrades* na escala apresentada no trabalho.

A compartimentação geomorfológica do alto curso da bacia do rio Açailândia foi baseada nas informações do mapeamento e interpretação das feições geomorfológicas realizadas para o município de Açailândia, por Marçal e Corrêa (1995) e Corrêa (1997). Os trabalhos foram baseados na metodologia utilizada pelo Projeto Radambrasil (Brasil, 1990).

Primeiramente foi realizada a interpretação de imagens de satélite *Landsat TM/5* na escala de 1:250.000 e imagem de Radar das folhas SB.23.V.A e SB.23.V.C de 1990, também na escala de 1:250.000, devido à fácil disponibilidade dessas imagens. Posteriormente, com a aquisição das imagens de satélites, na escala de 1:100.000, pela Universidade Federal do Pará, transportou-se as informações de fotointerpretação realizadas em escala de 1:250.000, para a base na escala de 1:100.000 acrescentado-se ai, os detalhes adquiridos em escala de maior detalhe.

Após a análise visual das imagens, foi possível obter uma descrição da paisagem, onde foram caracterizados os aspectos físicos e identificados a presença de uma superfície de aplainamento e três níveis de dissecação na área.

Para a identificação e detalhamento das superfícies de dissecação, foi considerado o grau de dissecação de acordo com a predisposição à erosão, características da rede de drenagem, índice de dissecação e a intensidade de aprofundamento da drenagem. Foram observados e mapeados os processos erosivos relacionados a cada compartimentação do relevo, resultantes da ação antrópica e dos agentes naturais.

Vale ressaltar que os limites entre as superfícies de dissecação apresentados de forma abrupta no mapeamento, na verdade, se constituem em faixas de transição morfológica do relevo. Consideravelmente sensíveis à ocorrência de processos erosivos quando combinadas com solos e atividades antrópicas.

Desde o início da pesquisa, foram elaborados mapas com a ocorrência dos processos erosivos, tanto na área rural como urbana. Na primeira, as feições erosivas encontradas foram registradas na base cartográfica através de símbolos, destacando os pontos com erosão linear e laminar, para

posteriormente serem correlacionados com os demais aspectos físicos estudados.

Na área urbana de Açailândia, utilizou-se a planta da cidade na escala aproximada de 1:7.500 cedida pela Prefeitura Municipal de Açailândia, onde foi identificado um total de 12 voçorocas, sendo que três foram selecionadas para monitoramento.

O mapa de declividade foi realizado com base nas cartas topográficas referentes às folhas Açailândia e Açailândia-E, ambas na escala de 1:100.000 (Garcia *et al.*, 1998). As classes de declive usadas neste mapeamento foram adaptadas do Centro Nacional de Pesquisas de Solos (EMBRAPA/CNPS-1995), a fim de atender adequadamente à caracterização do ambiente estudado.

Baseando-se na metodologia de De Biase (1970) e contribuições de Sanchez (1993), foi feita a construção dos ábacos. O ábaco complementar é uma ferramenta prática e útil na representação mais realista do relevo, caracterizando melhor os topos dos morros e fundos de vales. Para o uso dos ábacos, foram consideradas as equidistâncias entre as curvas de nível de 50 metros, de acordo com as cartas topográficas utilizadas.

Foram definidas as seguintes classes, de acordo com o relevo correspondente: 0-3% (plano), 3-8% (suave ondulado), 8-12% (moderadamente ondulado), 12-20% (ondulado), 20-30% (forte ondulado), 30-45% (forte ondulado), e maior do que 45% (montanhoso). Cada classe está representada por cores que variam de tons mais claros, para classes mais baixas, até os tons mais escuros, usados para declives mais elevados.

Visando a elaboração de um Modelo Digital do Terreno foram compiladas as curvas de nível das cartas topográficas, através do processamento digital efetuado no *software Idrisi for Windows 2.0* e *AutoCAD R14*. Este procedimento permitiu a visualização dos mapeamentos produzidos em três dimensões, facilitando a compreensão de suas interações na produção dos processos erosivos.

O levantamento detalhado da rede hidrográfica da área, foi realizado através da fotointerpretação das imagens de satélite *Landsat*, na escala de 1:100.000, e das fotografias aéreas também em escala de 1:100.000.

Com base na rede hidrográfica detalhada, pode-se caracterizar o padrão de drenagem, correlacionando com os aspectos regionais da área de estudo. Além disso, foi possível individualizar dois domínios do padrão de drenagem predominante, que coincidem com os tipos de feições geomorfológicas encontrados na área.

Considerando relevante as informações concernentes às estruturas geológicas, como fraturamentos e lineamentos de drenagem, realizou-se o mapa com essas feições foto-interpretativas, a fim de correlacioná-las com as formas erosivas identificadas na área, e com o arcabouço estrutural regional.

A expansão do desmatamento é um problema que cresce a cada ano na região de Açailândia. Os dados apresentados por Coelho (1991), para o período de 1978 a 1988 mostraram o rápido avanço das áreas desmatadas, evidenciado pelas altas taxas de desmatamento verificadas principalmente na zona oeste, região onde está localizada a cidade de Açailândia. Com isso, realizou-se no município, o levantamento do uso da terra para constatar o nível de desmatamento que o mesmo vem sofrendo, no período correspondente a 1985, 1991 e 1996.

Os resultados desses monitoramentos foram obtidos mediante a interpretação visual de imagens de satélites *Landsat TM/5*, composição preto e branco nas bandas 4 e 5, para o ano de 1985; e de composição colorida nas bandas 3B, 4G e 5R, para os anos de 1991 e 1996. Algumas observações foram realizadas durante os trabalhos de campo.

Para a interpretação visual das imagens de satélite, foram utilizados os parâmetros interpretativos de cor. Para definição da legenda, foram considerados todos os tipos de ocupação antrópica (pasto, agricultura e área com queimada), como "área agropastoril". As áreas onde a floresta permanece nativa e secundária, foram consideradas "áreas com vegetação". O núcleo urbano e a área industrial foram considerados como classe à parte.

#### 4.5 - Geoprocessamento

A atualização permanente e em tempo real para este tipo de trabalho é fundamental, por isso, decidiu-se utilizar o Sistema de Informação Geográfica (SIG) que permite o estabelecimento de relações espaciais entre informações temáticas georreferenciadas.

Utilizou-se o *software Idrisi for Windows 2.0* e *Auto CAD R14* para o geoprocessamento. Primeiramente foi realizada a conversão do formato analógico para digital através do *scanner*, seguido do georreferenciamento e finalmente a vetorização em tela, onde foi possível utilizar o recurso de *zoom*, o que facilitou a identificação das feições, sem que fossem produzidas distorções.

Tais *softwares* oferecerem recursos suficientes para manuseio dos dados disponíveis. O *Idrisi* se revela um sistema de fácil manipulação, permitindo avaliações simples e complexas da área estudada, gerando produtos por cruzamento de informações das mais diferentes características, permitindo ainda, o uso simultâneo de dados na estrutura vetorial e raster.

A compatibilização entre um SIG e um CAD deveu-se ao melhor aproveitamento das funções de cada sistema, com relação às análises espaciais exclusivas dos SIGs e elaboração de planos de informações digitais associados às facilidades oferecidas pelo CAD, sistema exclusivo de desenho digital.

Com base em cruzamentos entre os mapas de solo, geomorfologia, uso da terra e declividade foi produzido um mapa temático indicador de áreas suscetíveis à erosão. Este mapeamento baseou-se em considerações sobre as relações observadas entre as classes obtidas em cada mapeamento isolado. Desta forma, pode-se analisar as diversas combinações entre os temas abordados isoladamente, solo e geomorfologia; solo e uso da terra; solo e declividade; geomorfologia e declividade. A cada cruzamento gerou-se um novo mapa temático, onde foram agrupadas classes que apresentavam propensão similar à ocorrência da erosão. A partir destes mapas finais efetuou-se um último cruzamento e, finalmente, chegou-se às combinações de fatores que

delimitavam áreas propensas à ocorrência de erosão. Os exemplos destes cruzamentos estão apresentados no capítulo 7, onde estão também descritas as considerações sobre as combinações de classes e delimitação de novas áreas.

Vale ressaltar, que o uso do geoprocessamento possibilitou a realização de inúmeros cruzamentos entre os mapas, imprescindíveis na avaliação e análise da área estudada. Esses, foram obtidos através dos módulos de *Crosstab* e *Álgebra*, com mapas disponíveis no *Idrisi for Windows 2.0* que permitem o agrupamento de dois ou mais mapas temáticos denominados planos de informação (PI). Nestes módulos são empregadas imagens do tipo *raster* e o sistema efetua uma varredura entre os PIs, produzindo uma nova classe que contém os outros.

A partir daí, novos mapas são produzidos e serviram para além de retratar e diagnosticar a área em questão, propiciar a análise, a avaliação e subsidiar propostas coerentes com a realidade local.

## 5. ALTO CURSO DA BACIA DO RIO AÇAILÂNDIA: Caracterização Sócio-Ambiental

Para compreender os problemas ambientais no município de Açailândia, é preciso pensar em um planejamento de ocupação que considere as peculiaridades físico-ambientais, os aspectos culturais e os sócio-econômicos.

Assim, hipoteticamente, os estudos dos aspectos sócio-ambientais demonstram uma associação da incidência das feições erosivas com o uso atual nas áreas urbana e rural.

### 5.1 - Solos

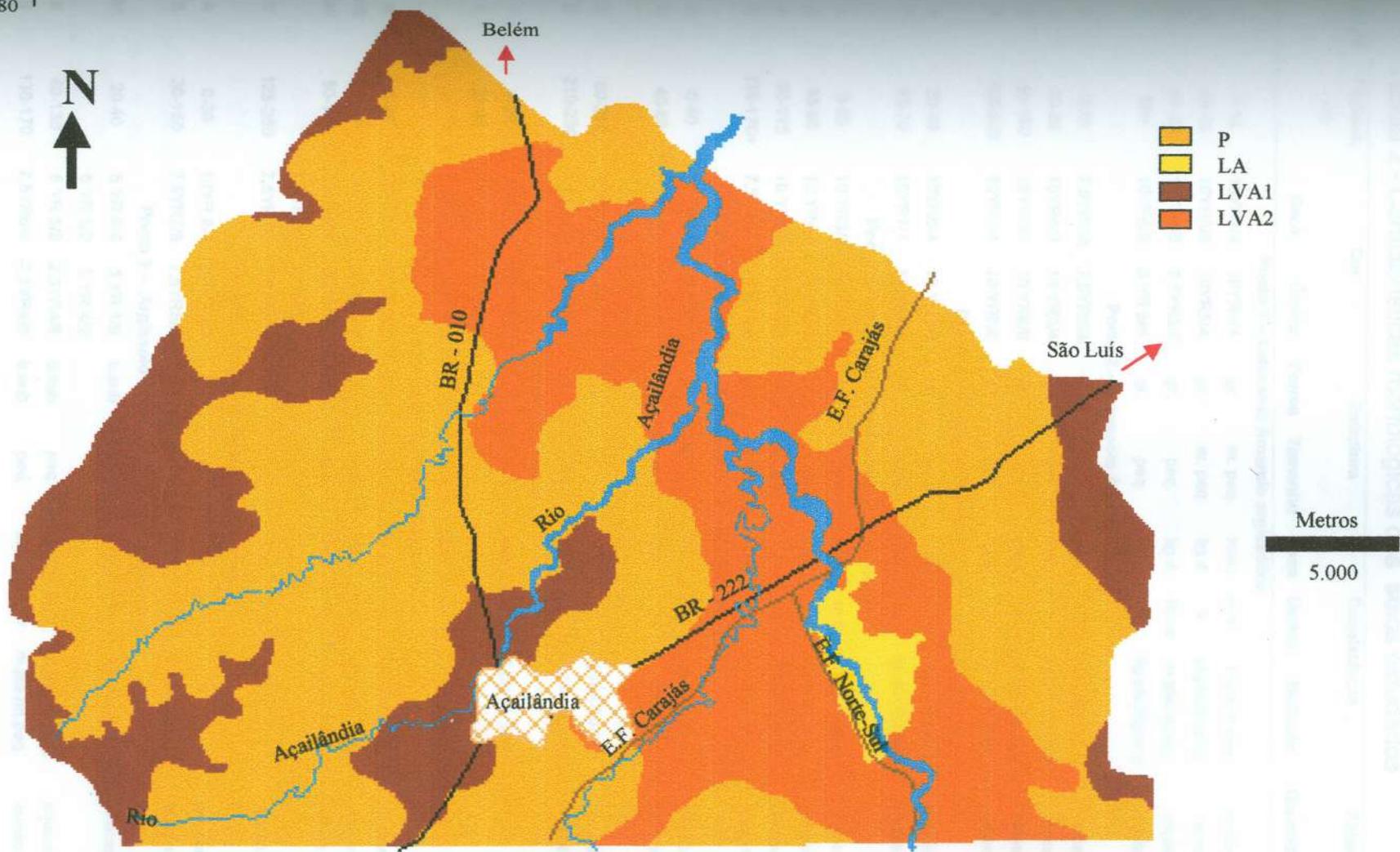
O Mapa de Solos do Brasil (EMBRAPA, 1981) e outros (Brasil, 1973; EMBRAPA, 1986) na escala de 1:1.000.000 mostra que as principais classes de solos encontradas na Amazônia brasileira, correspondem aos Latossolos e Podzólicos distróficos que, juntos representam cerca de 70% das terras da região. Os solos com horizonte B latossólico estão representados pelas classes Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Escuro e Latossolo Roxo, com predominância dos dois primeiros, que juntos perfazem 1.447.408 Km<sup>2</sup>, representando 28,3% da Amazônia Legal (Brasil, 1990).

O Projeto Radam (Brasil, 1973), em mapa de solos da folha Teresina/Jaguaribe, na escala ao milionésimo, identifica na área da bacia do rio Açailândia, há ocorrência de Latossolo Vermelho-Amarelo textura média, profundo a muito profundo, fortemente drenado, estrutura maciça e fertilidade natural baixa. Possuem perfil A, B e C friável, bastante poroso, permeável, com estrutura granular, sendo esta uma das características morfológicas de classificação desta unidade.

Considerando que esses trabalhos foram realizados para áreas muito amplas, em escala de pouco detalhe, ao nível do levantamento exploratório-reconhecimento de solos, o mapeamento de solos apresentado nesta pesquisa, corresponde a um trabalho de mais detalhe em relação aos

levantamentos anteriores. A escala de trabalho e apresentação deste levantamento é de reconhecimento de alta intensidade dos solos (EMBRAPA, 1995).

Os solos encontrados no alto curso da bacia do rio Açailândia (Figura 7) são, predominantemente, Latossolo Vermelho-Amarelo (**LVA1**) (155,24 Km<sup>2</sup>), associação de Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico (**LVA2**) (282,82 Km<sup>2</sup>), Latossolo Amarelo (**LA**) (16,91 Km<sup>2</sup>), e associação de Argissolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico, Argissolo Amarelo e Argissolo Amarelo latossólico (**P**) (553,97 Km<sup>2</sup>). Apresentam-se com textura arenosa, média e argilosa, distróficos, com baixos teores de matéria orgânica e fortemente ácidos. A natureza desses solos reflete uma pedogênese tropical com intenso processo de lixiviação. Cambissolo, Neossolo Flúvico, Neossolo Quartzarênico Órtico húmico e Gleissolos podem ser encontrados, porém não são mapeáveis na escala apresentada. Moderadamente estruturados, com predomínio da estrutura granular, com exceção dos Argissolos e *intergrades* que possuem estrutura em blocos subangulares e angulares (Tabela 2). Os horizontes superficiais (A) são, em sua maioria, moderados, com ocorrência de Latossolo Vermelho-Amarelo com horizonte A proeminente, com 25cm de espessura (Figura 8) e Neossolo Quartzarênico com horizonte A húmico (Figura 9).



- P
- LA
- LVA1
- LVA2

Metros  
5.000

Figura 7 : Mapa de Solos do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia. P=Associação de solos Argissolo Vermelho-Amarelo+Argissolo Amarelo+intergrade com Latossolo. LA= Latossolo Amarelo. LVA1= Latossolo Vermelho-Amarelo. LVA2= Associação de solos Latossolo Vermelho-Amarelo+Latossolo Amarelo+ intergrade com Argissolo.

Tabela 2 - Características morfológicas dos solos estudados

Horizonte	Profund. cm	Cor		Estrutura		Consistência			Raízes
		Seca	Úmida	Forma	Tamanho	Seca	Úmida	Molhada	Quantidade
<b>Ponto 1 – Latossolo Amarelo argissólico</b>									
A	0-10	10YR6/4	10YR4/4	gr.	m. peq.	mac.	m.fr	ñ.pla./ñ.peg.	muitas
B	10-45	10YR6/6	10YR5/4	gr.	m. peq.	lig.d.	fr.	m.pla./m.peg.	raras
B	45-90	10YR6/6	7,5YR5/6	gr.	peq.	lig.d.	firme	m.pla./m.peg.	raras
C	90+	10YR6/8	5 YR 5/6	gr.	peq.	mac.	fr.	lig.pla./lig.peg	raras
<b>Ponto 2 – Latossolo Amarelo</b>									
A	0-30	7,5YR7/6	7,5YR5/4	gr.	m.peq.	mac.	fr.	pla./ lig.peg.	poucas
B	30-60	10YR6/3	10 YR5/4	gr.	peq.	mac.	fr.	lig.pla./lig.peg	raras
B	60-190	10YR7/6	10 YR6/6	gr.	peq.	mac.	fr.	lig.pla./lig.peg	raras
B	190-220	10YR7/4	10 YR6/6	gr.	peq.	lig.d.	fr.	pla./lig. Peg.	ausen.
<b>Ponto 3 – Neossolo Flúvico</b>									
A	20-30	10YR6/4	10 YR5/4	gr.	peq.	mac.	fr.	lig.pla./lig.peg	poucas
C	60-70	10YR7/4	10 YR6/6	gr.	med.	mac.	m.fr	lig.pla./lig.peg	poucas
<b>Ponto 4 – Neossolo Quartzarênico Órtico húmico</b>									
A	0-65	10 YR3/2	10 YR2/1	gr.	m. peq.	solta	m.fr	ñ.pla./ñ.peg.	raras
A	65-90	10 YR4/4	10 YR3/3	gr.	m. peq.	solta	solt	ñ.pla./ñ.peg.	raras
A	90-115	10 YR4/4	10 YR3/3	gr.	m. peq.	solta	solt	ñ.pla./ñ.peg.	raras
C	115-170+	7,5YR6/8	7,5YR4/6	gr.	m. peq.	solta	solt	ñ.pla./ñ.peg.	ausen.
<b>Ponto 5 – Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico</b>									
A	0-40	10 YR6/4	10 YR4/4	gr.	peq/m.peq	mac.	fr.	pla./lig. peg.	poucas
B	40-60	7,5YR7/8	7,5YR6/8	gr.	m.peq/peq	mac.	fr.	pla./peg.	poucas
B	60-210	7,5YR7/8	7,5YR6/8	gr.	peq.	mac.	fr.	lig.pla./lig.peg	raras
B	210-230	7,5YR7/8	7,5YR6/8	gr.	peq.	mac.	fr.	lig.pla./lig.peg	raras
<b>Ponto 6 – Gleissolo</b>									
I	0-20	10YR6/4	10YR4/3	-	-	mac.	fr.	ñ.pla./ñ. peg.	-
II	20-40	7,5YR6/8	7,5YR5/8	-	-	muito	solta	pla./peg.	-
		7,5YR6/0	7,5YR5/0			dura			
<b>Ponto 7 – Latossolo Vermelho-Amarelo</b>									
A	0-25	10YR5/3	10YR3/2	gr.	peq,	mac.	fr.	pla./m. peg.	muitas
AB	25-50	7,5YR7/8	7,5YR6/8	gr.	peq,	mac.	m.fr.	pla./lig. peg.	poucas
BA	50-125	10YR7/6	10YR5/6	gr.	peq,	mac.	fr.	lig.pla./peg.	raras
		7,5YR5/1	7,5YR3/2						
B	125-250	7,5YR7/8	7,5YR6/8	gr.	peq,	mac.	m.fr.	pla./lig.peg.	ausen.
<b>Ponto 8 – Argissolo Vermelho-Amarelo</b>									
A	0-30	10YR 6/4	10 YR4/6	gr.	peq.	lig.d.	firme	pla./peg.	poucas
B	30-160	7,5YR7/8	7,5YR5/8	b.ang	peq.	lig.d.	firme	m.pla./m.peg.	ausen.
<b>Ponto 9 – Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico</b>									
BA	20-40	5 YR 6/8	5 YR 4/6	b.sub	peq.	lig d.	fr.	lig. pla./peg.	poucas
		5 YR 5/2	5 YR 4/2						
B	40-130	5 YR 5/8	2,5YR4/8	b.sub	peq.	lig d.	m. fr.	m.pla./m.peg.	poucas
B	130-170	7,5YR6/8	2,5YR4/8	b.sub	peq.	mac.	m. fr.	m.pla./m.peg.	ausen.

**Ponto 13 – Neossolo Flúvico**

A	0-40	7,5YR6/0	7,5YR3/2	gr.	m.peq.	solta	solta	ñ. pla./ñ. peg.	poucas
C	40-50	7,5YR6/4	7,5YR5/6	gr.	m. peq.	mac.	m. fr.	ñ. pla./ñ. peg.	raras

**Ponto 14 – Argissolo Vermelho-Amarelo**

A	0-20	10 YR5/3	10 YR4/2	gr.	med.	lig.d.	firme.	pla./lig. peg.	muitas
B	20-60	10 YR6/3	10 YR4/4	b.ang	peq.	lig.d.	firme.	pla./lig. peg.	poucas
B	60-110	10 YR6/4	10 YR4/4	b.ang	peq.	mac	fr.	pla./m. peg.	abund.
		10 YR3/1	10 YR2/1						
B	110-150	10 YR7/4	10 YR5/4	b.ang	Peq.	mac	fr.	pla./m. peg.	abund.

**Ponto 15 – Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico**

A	0-30	5 YR 6/8	5 YR 4/6	gr.	peq.	lig.d.	m.fr.	ñ.pla./lig.peg.	muitas
B	30-110	7,5YR7/4	7,5YR7/8	b.sub	peq.	mac.	m.fr.	pla./peg.	-
B	110-190	7,5YR7/4	7,5YR7/6	b.sub	peq.	mac.	m. fr.	pla./peg.	-

**Ponto 20 – Argissolo Vermelho-Amarelo**

A	0-20	10 YR5/3	7,5YR4/2	gr.	m.peq.	lig.d.	m.fr.	ñ.pla./lig.peg.	muitas
B	20-120	7,5YR7/8	7,5YR6/8	b.sub	peq.	lig.d.	firme	pla./peg.	-
BC	120+	7,5YR7/8	7,5YR6/8	b.sub	peq.	lig.d.	firme	pla./peg.	-

**Ponto 21 – Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico**

B	0-50	7,5YR7/8	7,5YR5/8	b.sub	m.peq.	mac.	m. fr.	ñ.pla./lig.peg.	raras
B	50-180	7,5YR7/6	7,5YR5/6	b.sub	m.peq.	mac.	m. fr.	m. pla./peg.	raras

**Ponto 25 – Argissolo Vermelho-Amarelo**

AB	0-20	7,5YR5/4	5YR4/4	gr.	m.peq.	mac.	fr.	ñ.pla./lig.peg.	muitas
B	20-70	5 YR 5/6	5YR4/6	b.sub	peq.	mac.	fr.	pla./peg.	raras
B	70-110	5 YR 5/6	5YR4/6	b.sub	peq.	mac.	fr.	pla./lig.peg.	ausen.

**Ponto 26 – Argissolo Amarelo latossólico**

AB	0-50	10 YR7/4	10YR 5/4	gr.	m. peq.	lig d.	fr.	lig.pla./peg.	poucas
B1	50-70	10YR 7/6	10YR 5/6	b.sub	m. peq.	lig d.	fr.	m. pla./peg.	ausen.
B1	70-150	10YR 7/8	10YR 5/8	b.sub	m. peq.	lig d.	m. fr.	m. pla./peg.	ausen.
		10YR 3/3	10YR 2/2						

**Ponto 28 – Argissolo Vermelho-Amarelo**

A	0-15	7,5YR7/8	7,5YR6/8	gr.	peq.	lig d.	m. fr.	ñ. pla./ñ. peg.	muitas
BA	15-30	7,5YR7/8	7,5YR6/8	b.sub	peq.	mac.	fr.	m.pla./peg.	raras
		7,5YR3/2	7,5YR3/1						
B1	30-60	7,5YR7/8	7,5YR6/8	b.sub	peq.	mac.	fr.	m. pla./peg.	comuns
B2	60-110	7,5YR7/8	7,5YR6/8	b.sub	peq.	mac.	fr.	m. pla./peg.	raras

**Ponto 30 – Argissolo Vermelho-Amarelo**

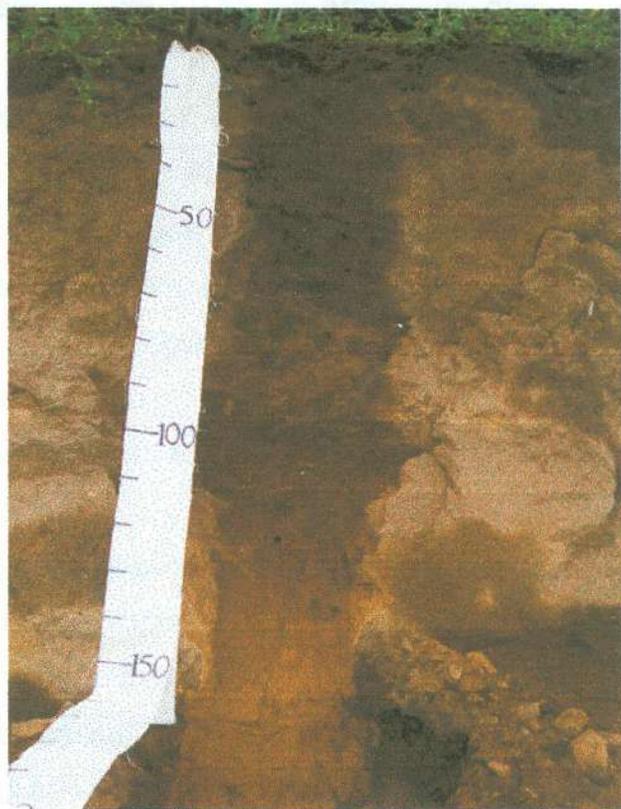
AB	0-20	7,5YR6/6	7,5YR4/6	gr.	peq.	lig.d.	fr.	lig. pla./peg.	poucas
		7,5YR5/2	7,5YR4/2						
BA	20-40	7,5YR7/8	7,5YR6/8	b.sub	m. peq.	lig.d.	fr.	pla./peg.	raras
B1	40-110	7,5YR6/8	7,5YR5/8	b.sub	m. peq.	lig.d.	fr.	pla./peg.	raras
B2	110-180	5 YR 6/8	7,5YR5/8	b.sub	m. peq.	mac.	fr.	pla./peg.	ausen.

Profund.= profundidade, gr.= granular, b.sub.= em blocos subangulares, b.ang.= em blocos angulares, med.= médios, peq.= pequenos, m. peq.= muito pequenos, mac.= macia, lig.d.= ligeiramente dura, fr.= friável, m. fr.= muito friável, ñ pla.= não plástico, ñ peg.= não pegajoso, lig. pla.= ligeiramente plástico, lig. peg.= ligeiramente pegajoso, m.pla.= muito plástico, pla.= plástico, peg.= pegajoso, ausen.= ausente, abund.=abundantes.



Figura 8— Latossolo Vermelho-Amarelo com horizonte A proeminente, Ponto N° 1.

Figura 9 – Neossolo Quartzarênico com Horizonte A húmico, Ponto N° 4.



A textura dos solos varia de franco-argilo-arenosa a muito argilosa, em Argissolos e *intergrades* (Figuras 10 e 11), franco-arenosa em Latossolos e *intergrades* (Figuras 12 e 13), franco-arenosa em Neossolos Flúvicos e Gleissolos e areia franca em Neossolo Quartzarênico (Tabela 3). Existe solo com presença significativa de cascalho, com percentual de 19,80%. Ocorre a presença de linha de seixo nos Latossolos e *intergrades*, com profundidade que pode variar de 90cm a quase 2 metros de profundidade, e largura em média de 40cm. Os grãos de seixos possuem diâmetro que variam de 0,5cm a 3cm, em matriz bastante arenosa (Figura 14).

De acordo com os critérios do CNPS (EMBRAPA, 1999), os solos da área são, em sua maioria, fortemente ácidos, com pH entre 4,4 e 5,4, podendo apresentar-se moderadamente ácidos (pH entre 5,5 e 6,5) em Latossolos Vermelho-Amarelo argissólico, Neossolo Flúvico e Argissolo Vermelho-Amarelo, e extremamente ácidos em Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico, Latossolo Amarelo e Argissolo Amarelo latossólico (pH entre 3,4 e 4,2). O teor de matéria orgânica, varia de 0,95% em Neossolo Flúvico, a 3,48% nos Argissolos, sendo que podem ocorrer valores de até 7,02% em Argissolos, com textura muito argilosa (Tabela 4).

Os solos apresentam argila de baixa atividade, em função não só dos valores já revelados nos mapeamentos do Projeto Radam (Brasil, 1973) e EMBRAPA (1986), como também, os resultados do ataque sulfúrico determinado nos horizontes subsuperficiais dos solos, mostram que estes são todos cauliniticos ( $K_r > 0,75$ ). Além disso, a mineralogia da fração argila aponta para o predomínio dos argilos minerais do tipo 1:1, sendo encontrado a caulinita como o argilomineral predominante em todos os tipos de solos identificados (Figuras 15, 16 e 17).

Quando se relaciona as propriedades do solo com ocorrência de feições erosivas, observa-se que estes apresentam propriedades que explicam a maior ou menor suscetibilidade à erosão, quando despidos de vegetação e sob condições climáticas que lhes acentua o processo. Um dos fatores observados nos trabalhos sobre a cobertura pedológica, é o baixo percentual de matéria orgânica, associada à sua característica textural, cujo teor de areia, silte e

argila apresentam-se em alta discordância, prevalecendo o grande percentual de areia, que não exerce a propriedade de coesão e agregação do solo proporcionada pela argila.

A matéria orgânica é imprescindível para a resistência do solo à erosão. À medida que seu teor diminui com os anos de cultivo, ou com a própria retirada da cobertura vegetal, a coesão do material torna-se frágil, e eles podem ser facilmente desagregados. Na área de estudo, os baixos valores encontrados, podem estar relacionados à retirada da cobertura vegetal, para as atividades de cultivo e pastagem, muito comuns na região.

O clima tipicamente tropical, com temperaturas elevadas o ano inteiro, e chuvas concentradas durante os meses de dezembro a maio, aceleram a ação dos processos erosivos, dificultando as taxas de infiltração e aumentando o escoamento das águas superficiais. A intensidade das precipitações neste período, que apresentam em média 1.500mm/ano, caracteriza-se por chuvas torrenciais, que ajudam no processo de desagregação das partículas dos solos, transporte e deposição, contribuindo para o surgimento de processos erosivos e o assoreamento dos rios da região.



Figura 12 – Latossolo Vermelho-Amarelo com textura franco-arenosa.

Figura 10– Argissolo Vermelho-Amarelo com textura muito argilosa, Ponto N° 8.

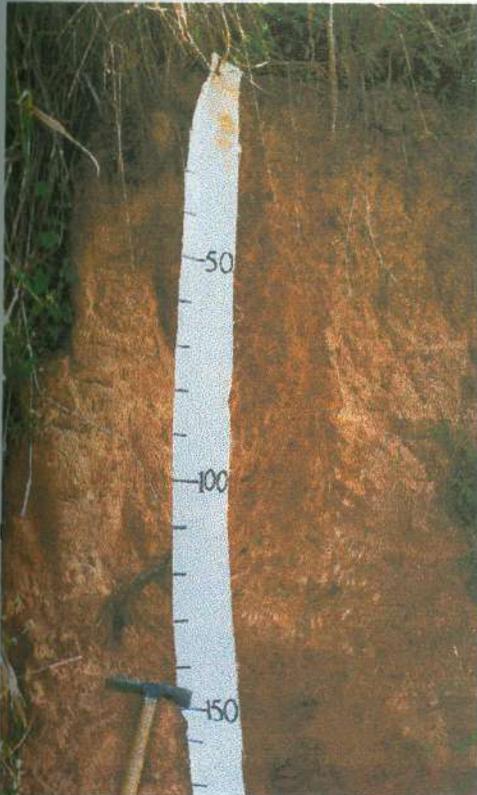


Figura 11 – Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico com textura franco-argilo-arenosa, Ponto N° 9.

Fig



Figura 12 – Latossolo Amarelo com textura franco-arenosa, Ponto N° 2.



Figura 13 – Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico com textura franco-arenosa, Ponto Nº 5

Figura 14 – Latossolo Amarelo latossólico com linha de seixo, Ponto Nº 1.

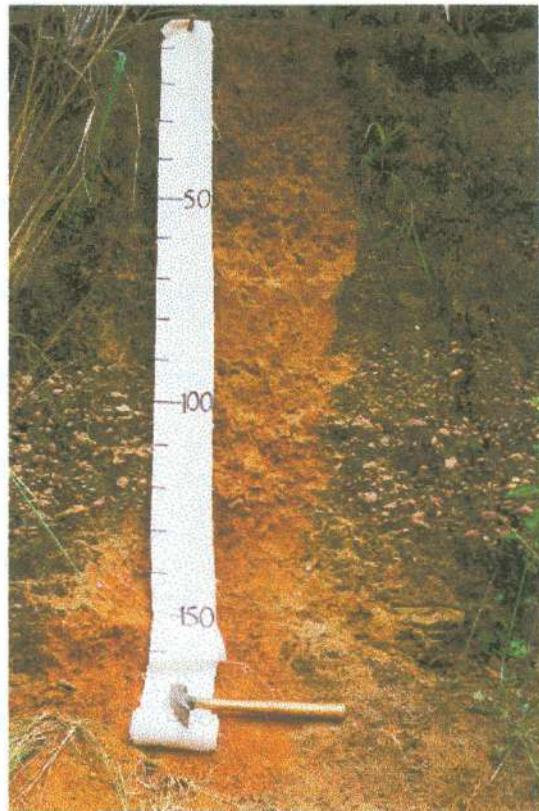


Tabela 3 - Características físicas dos solos estudados

Horizonte	Profundidade cm	Granulometria %				S	Ar	Cascalho %	DR --g/m <sup>3</sup> --	DA	Relação Textural --g/m <sup>3</sup> --	Silte / Argila	Classe Textural
		At	Ag	Af	S								
<b>Ponto 1 - Latossolo Amarelo argissólico</b>													
A	0-10	68	23	45	30	2	0,65	2,52	1,36	8	15,0	franco arenosa	
B	10-45	61	20	41	23	16	0,66	2,49	1,50		1,43	franco arenosa	
B	45-90	63	18	45	5	32	3,94	2,77	1,54		0,15	franco arenosa	
C	90+	69	31	38	7	24	19,80	2,43	1,90		0,29	franco arenosa	
<b>Ponto 2 - Latossolo Amarelo</b>													
A	0-30	71	32	39	12	17	1,12	2,46	-	0,9	0,70	franco arenosa	
B	30-60	67	29	38	16	17	1,15	2,56	-		0,94	franco arenosa	
B	60-190	73	35	38	27	13	0,70	2,56	-		1,46	franco arenosa	
B	190-220	72	32	40	12	16	1,55	2,52	-		0,75	franco arenosa	
<b>Ponto 3 - Neossolo Flúvico</b>													
A	20-30	75	44	31	10	15	2,87	2,55	-	-	0,66	franco arenosa	
C	60-70	75	39	36	9	16	2,50	2,58	-		0,56	franco arenosa	
<b>Ponto 4 - Neossolo Quartzarênico Órtico húmico</b>													
A	0-65	85	43	42	9	6	1,20	2,48	1,58	-	1,50	areia	
A	65-90	86	47	39	9	5	1,13	2,52	1,60		1,80	areia franca	
A	90-115	84	38	46	13	3	1,25	2,62	-		4,33	areia franca	
C	115-170+	84	41	43	8	8	1,01	2,55	-		1,00	areia franca	
<b>Ponto 5 - Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico</b>													
A	0-40	75	39	36	12	13	0,18	2,37	1,37		0,92	franco arenosa	
B	40-60	65	35	30	25	10	0,8	2,43	1,62	1,1	2,50	franco arenosa	
B	60-210	63	33	30	19	18	0,36	2,43	-		1,05	franco arenosa	
B	210-230	61	25	36	13	26	1,46	2,46	-		0,50	fr. argilo-arenosa	
<b>Ponto 6 - Gleissolo</b>													
I	0-20	81	54	27	5	14	1,65	2,50	-	-	0,35	franco arenosa	
II	20-40	82	57	25	14	4	4,12	2,16	-		3,50	areia franca	

Ponto 7 – Latossolo Vermelho-Amarelo												
A	0-25	70	30	40	14	16	0,92	2,45	1,56		0,87	franco arenosa
AB	25-50	59	27	32	25	16	0,93	1,90	1,16	1,3	1,56	franco arenosa
BA	50-125	59	19	40	9	32	0,63	2,48	-		0,28	fr. argilo-arenosa
B	125-250	57	18	39	32	11	1,03	2,46	-		2,90	franco arenosa
Ponto 8 – Argissolo Vermelho-Amarelo												
A	0-30	7	3	4	18	75	0,45	2,33	-	1	0,24	muito argilosa
B	30-160	4	3	1	17	79	0,04	2,38	-		0,21	muito argilosa
Ponto 9 – Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico												
BA	20-40	65	20	45	11	24	0,10	2,49	-	-	0,45	fr. argilo-arenosa
B	40-130	61	18	43	12	27	0,25	2,56	-		0,40	fr. argilo-arenosa
B	130-170	64	18	46	15	21	0,50	2,66	-		0,70	fr. argilo-arenosa
Ponto 13 – Neossolo Flúvico												
A	0-40	89,5	67,5	22	6,5	4	0,36	2,40	-	-	1,62	areia
C	40-50	86	68	18	8	6	0,81	2,42	-		1,33	areia/areia franca
Ponto 14 – Argissolo Vermelho-Amarelo												
A	0-20	65	32	33	14	21	0,95	2,25	-	1,5	0,66	fr. argilo-arenosa
B	20-60	56	28	28	13	31	1,01	2,33	-		0,41	fr. argilo-arenosa
B	60-110	54	27	27	11	35	0,38	2,51	1,62		0,31	argila arenosa
B	110-150	50	24	26	14	36	0,40	2,33	-		0,38	argila arenosa
Ponto 15 – Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico												
A	0-30	68	28	40	12	20	0,15	2,35	-	1,2	0,60	fr. aren./fr. arg-aren
B	30-110	49	18	31	27	24	0,15	2,49	-		1,12	franco/fr. arg-aren
B	110-190	53	26	27	30	17	0,32	2,49	-		1,76	franco/franco aren
Ponto 20 – Argissolo Vermelho-Amarelo												
A	0-20	65	29	36	10	25	0,07	2,33	-	1,3	0,60	fr. argilo-arenosa
B	20-120	40	20	20	27	33	0,26	2,42	-		0,81	franco argilosa
BC	120+	40	12	28	29	31	0,03	2,00	-		0,93	franco argilosa

Ponto 21 – Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico												
B	0-50	26	6	20	11	63	0,06	2,44	1,17	-	0,17	muito argilosa
B	50-180	27	8	19	20	53	0,15	2,47	0,98	-	0,37	argila
Ponto 25 – Argissolo Vermelho-Amarelo												
AB	0-20	74	30	44	16	10	8,40	2,20	-	2,8	1,60	franco arenosa
B	20-70	57	24	33	15	28	2,09	2,43	-	-	0,53	fr. argilo-arenosa
B	70-110	58	22	36	13	29	1,70	2,43	-	-	0,44	fr. argilo-arenosa
Ponto 26 – Argissolo Amarelo latossólico												
AB	0-50	70	33	37	9	21	1,93	2,45	-	2,6	0,42	fr. argilo-arenosa
B1	50-70	64	36	28	9	27	7,05	2,51	-	-	0,33	fr. argilo-arenosa
B1	70-150	61	30	31	10	29	4,10	2,42	-	-	0,34	fr. argilo-arenosa
Ponto 28 – Argissolo Vermelho-Amarelo												
A	0-15	80	40	40	14	6	1,52	2,40	-	4	2,30	areia franca
BA	15-30	62	26	36	15	23	4,86	2,42	-	-	0,65	fr. argilo-arenosa
B1	30-60	59	30	29	16	25	1,71	1,60	-	-	0,64	fr. argilo-arenosa
B2	60-110	60	25	35	25	15	4,66	2,45	-	-	1,66	franco arenosa
Ponto 30 – Argissolo Vermelho-Amarelo												
AB	0-20	64	25	39	15	21	0,60	2,46	-	1	0,71	fr. argilo-arenosa
BA	20-40	54	18	36	31	15	1,10	2,38	-	-	1,12	fr. argilo-arenosa
B1	40-110	49	17	32	25	26	0,60	2,53	-	-	0,96	fr. argilo-arenosa
B2	110-180	47	16	31	20	33	3,31	2,48	-	-	0,60	fr. argilo-arenosa

DA= Densidade Aparente, DR= Densidade Real, At= areia total, Ag= areia grossa, Af= areia fina, S= silte, Ar= argila, fr=franco, arg=argilo, aren=arenoso

Tabela 4 - Características químicas dos solos estudados

Horizonte	Profundidade cm	MO --%--	CO	pH	Ataque por H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> g/kg				Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
					H <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
<b>Ponto 1 - Latossolo Amarelo argissólico</b>											
A	0-10	2,17	1,3	5,8	-	-	-	-	-	-	-
B	10-45	-	-	5,3	94	95	35	5,6	1,68	1,37	4,26
B	45-90	-	-	5,1	79	86	34	5,4	1,56	1,24	3,97
C	90+	-	-	5,2	77	72	34	4,5	1,82	1,39	3,32
<b>Ponto 2 - Latossolo Amarelo</b>											
A	0-30	1,47	0,9	4,8	-	-	-	-	-	-	-
B	30-60	-	-	4,8	73	69	13	4,5	1,80	1,61	8,33
B	60-190	-	-	4,2	79	74	15	4,3	1,81	1,60	7,75
B	190-220	-	-	4,6	67	74	14	5	1,54	1,37	8,30
<b>Ponto 3 - Neossolo Flúvico</b>											
A	20-30	0,95	0,6	4,7	-	-	-	-	-	-	-
C	60-70	-	-	5,5	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ponto 4 - Neossolo Quartzarênico Órtico húmico</b>											
A	0-65	2,21	1,3	5,9	-	-	-	-	-	-	-
A	65-90	1,43	0,8	5,1	30	29	22	4,1	1,76	1,19	2,07
A	90-115	1,56	0,9	5,1	27	28	25	3,6	1,64	1,05	1,76
C	115-170+	1,03	0,5	5,1	34	31	25	4,3	1,86	1,23	1,95
<b>Ponto 5 - Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico</b>											
A	0-40	2,03	1,2	5,3	-	-	-	-	-	-	-
B	40-60	-	-	5,3	-	-	-	-	-	-	-
B	60-210	-	-	4,9	-	-	-	-	-	-	-
B	210-230	-	-	4,6	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ponto 6 - Gleissolo</b>											
I	0-20	1,88	1,1	4,5	-	-	-	-	-	-	-
II	20-40	1,1	0,6	4,9	-	-	-	-	-	-	-

<b>Ponto 7 – Latossolo Vermelho-Amarelo</b>											
A	0-25	3,21	1,9	5,1	-	-	-	-	-	-	-
AB	25-50	2,12	1,2	4,9	-	-	-	-	-	-	-
BA	50-125	-	-	4,8	-	-	-	-	-	-	-
B	125-250	-	-	4,6	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ponto 8 – Argissolo Vermelho-Amarelo</b>											
A	0-30	7,02	4,1	4,6	-	-	-	-	-	-	-
B	30-160	-	-	4,7	297	267	91	16,1	1,89	1,55	4,61
<b>Ponto 9 – Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico</b>											
BA	20-40	1,56	0,9	6,0	-	-	-	-	-	-	-
B	40-130	-	-	4,8	94	96	35	4,4	1,66	1,36	4,31
B	130-170	-	-	4,4	93	92	33	4,3	1,72	1,40	4,38
<b>Ponto 13 – Neossolo Flúvico</b>											
A	0-40	1,69	1,0	6,5	-	-	-	-	-	-	-
C	40-50	-	-	5,8	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ponto 14 – Argissolo Vermelho-Amarelo</b>											
A	0-20	3,48	2,0	5,3	-	-	-	-	-	-	-
B	20-60	-	-	6,2	-	-	-	-	-	-	-
B	60-110	-	-	5,8	-	-	-	-	-	-	-
B	110-150	-	-	4,8	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ponto 15 – Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico</b>											
A	0-30	2,88	1,7	5,1	-	-	-	-	-	-	-
B	30-110	-	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-
B	110-190	-	-	4,6	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ponto 20 – Argissolo Vermelho-Amarelo</b>											
A	0-20	3,06	1,8	5,0	-	-	-	-	-	-	-
B	20-120	-	-	5,3	-	-	-	-	-	-	-
BC	120+	-	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ponto 21 – Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico</b>											
B	0-50	-	-	3,4	-	-	-	-	-	-	-
B	50-180	-	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-

<b>Ponto 25 – Argissolo Vermelho-Amarelo</b>											
AB	0-20	1,60	0,9	5,2	-	-	-	-	-	-	-
B	20-70	-	-	6,1	-	-	-	-	-	-	-
B	70-110	-	-	5,4	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ponto 26 – Argissolo Amarelo latossólico</b>											
AB	0-50	2,01	1,2	3,5	-	-	-	-	-	-	-
B1	50-70	-	-	4,8	110	106	28	4,8	1,76	1,51	5,94
B1	70-150	-	-	4,6	97	98	27	4,8	1,68	1,43	5,70
<b>Ponto 28 – Argissolo Vermelho-Amarelo</b>											
A	0-15	1,40	0,8	5,2	-	-	-	-	-	-	-
BA	15-30	1,65	1	4,9	-	-	-	-	-	-	-
B1	30-60	-	-	5,0	-	-	-	-	-	-	-
B2	60-110	-	-	4,9	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ponto 30 – Argissolo Vermelho-Amarelo</b>											
AB	0-20	2,51	1,5	6,3	-	-	-	-	-	-	-
BA	20-40	1,81	1,1	5,6	-	-	-	-	-	-	-
B1	40-110	-	-	5,2	-	-	-	-	-	-	-
B2	110-180	-	-	4,6	-	-	-	-	-	-	-

MO= matéria orgânica; CO= carbono orgânico;

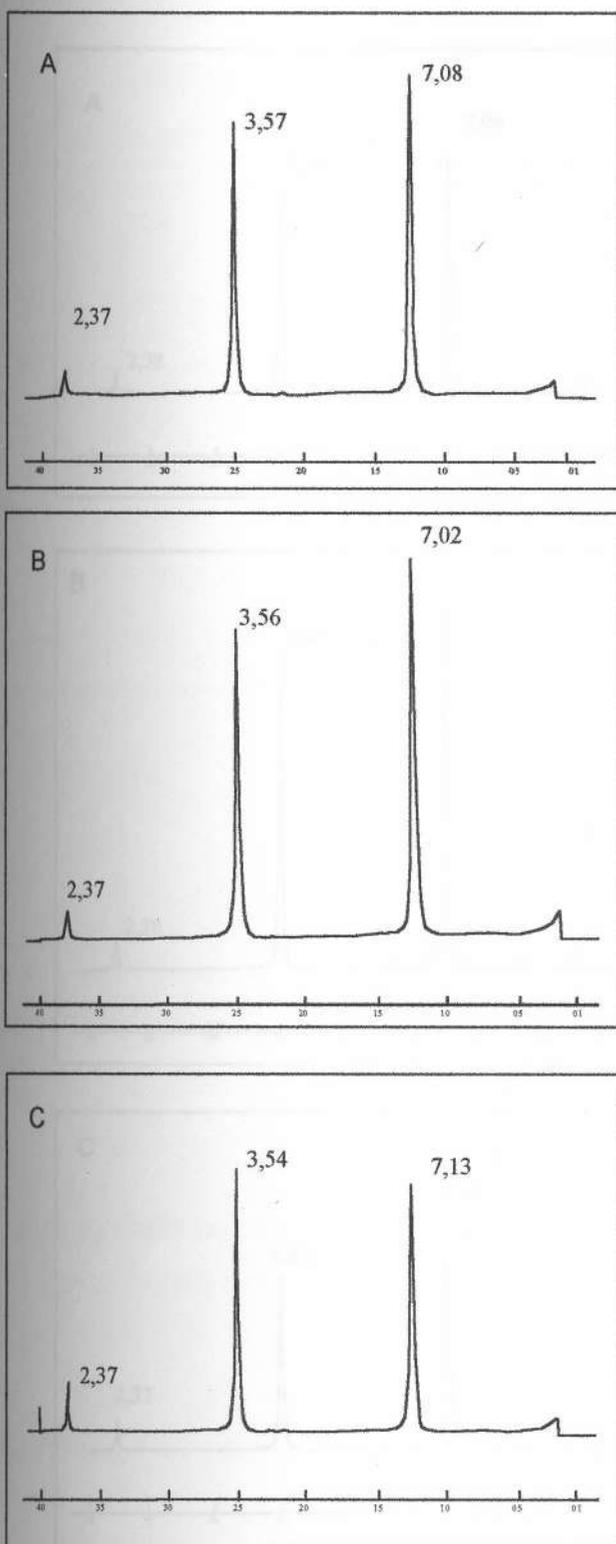


Figura 15 – Difratoogramas de raio-X fração argila natural. Caunita

(A) Ponto 1, (B) Ponto 2 e (C) Ponto 4.

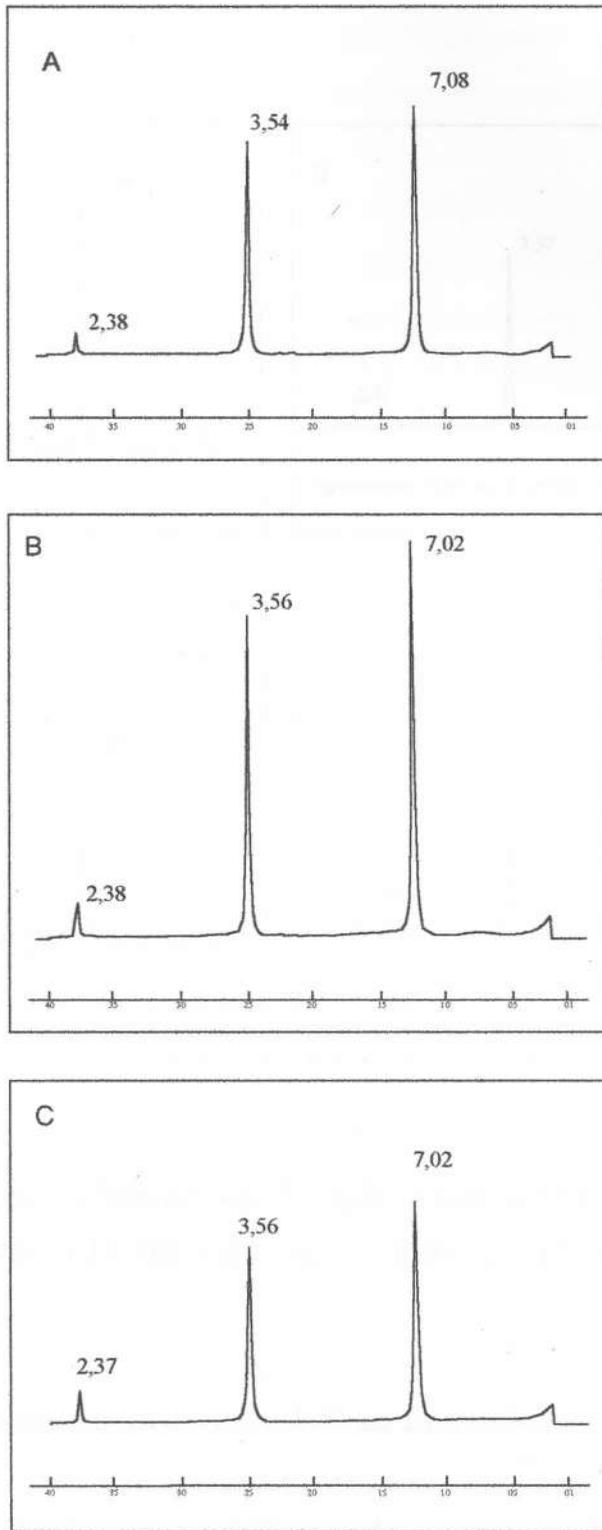


Figura 16 - Difratoogramas de raio-X fração argila natural. Caulinita (A) Ponto 5, (B) Ponto 7 e (C) Ponto 9.

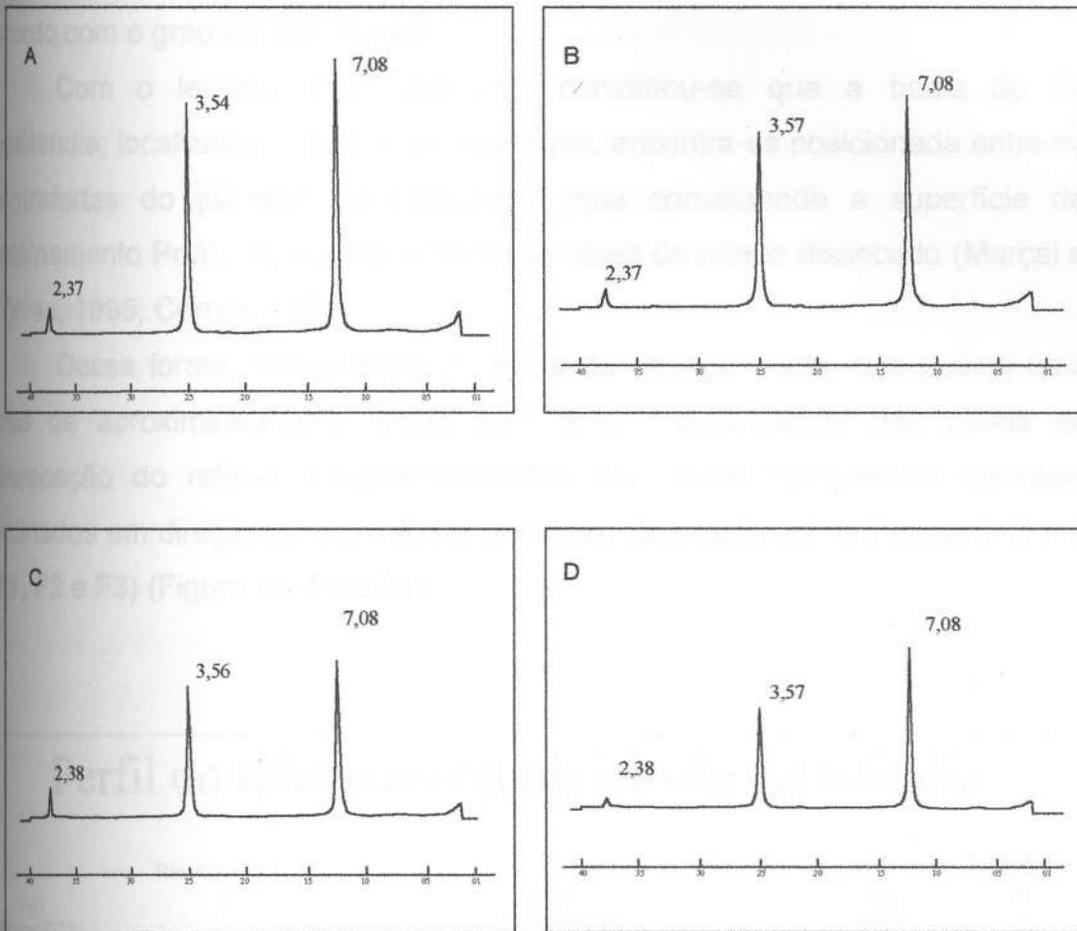


Figura 17 - Difratoogramas de raio-X fração argila natural. Caulinita  
 (A) Ponto 14, (B) Ponto 26, (C) Ponto 28 e (D) Ponto 30.

## 5.2 - As formas de relevo e as características dos solos

A compartimentação geomorfológica do município de Açailândia foi realizada por Marçal e Corrêa (1995) na escala de 1:100.000, onde foi possível identificar três superfícies de aplainamento, que se apresentam em níveis topográficos distintos e inclinados em direção aos vales dos rios principais. Segundo Brasil (1990) a primeira, mais antiga é chamada de superfície de

cimeira **Pd3** em torno de 300-380m, e em ordem decrescente de idade tem-se a segunda **Pd2** em torno de 200m, e a terceira **Pd1** abaixo de 100m (Figura 18). Foi também identificada diferentes fácies de dissecação do relevo, de acordo com o grau de dissecação.

Com o levantamento realizado, constatou-se que a bacia do rio Açailândia, localizada no centro do município, encontra-se posicionada entre os contrafortes do planalto do Tiracambu (que corresponde a superfície de aplainamento **Pd3**), mais precisamente em área de relevo dissecado (Marçal e Corrêa, 1995; Corrêa, 1997).

Dessa forma, o alto curso da bacia do rio Açailândia, que possui uma área de aproximadamente 1.009 Km<sup>2</sup>, foram identificados três níveis de dissecação do relevo, compartimentadas em níveis topográficos distintos, inclinados em direção ao vale do rio principal, denominadas de Fácies 1, 2 e 3 (F1, F2 e F3) (Figura 19, 20 e 21).

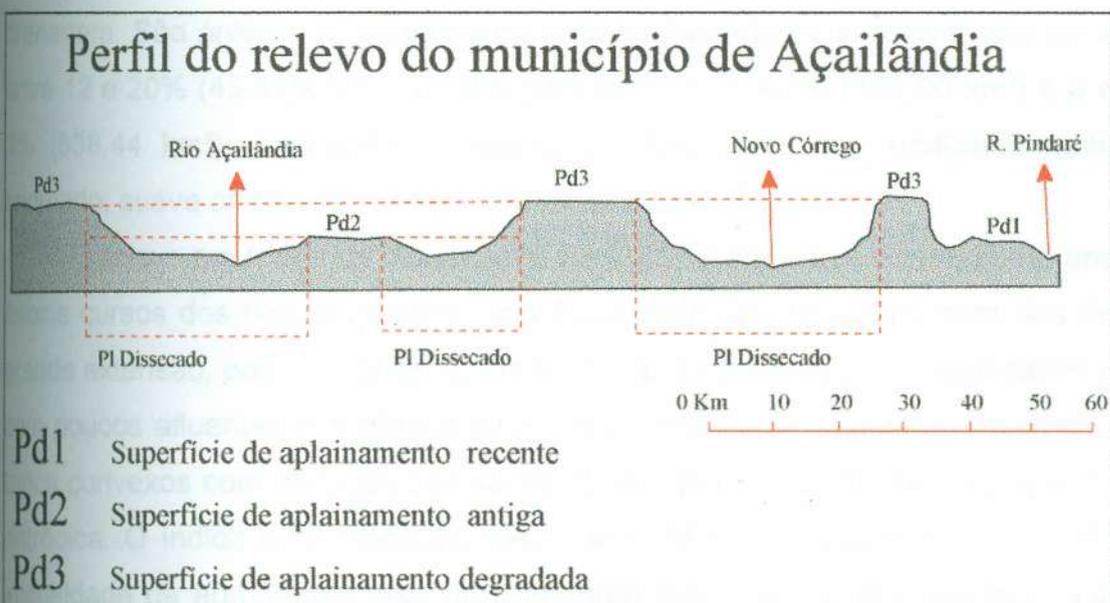


Figura 18 – Perfil esquemático do relevo do município de Açailândia (Marçal e Corrêa, 1995)

O relevo em forma de dissecção **F1** (330,72 Km<sup>2</sup>) corresponde aos altos cursos dos rios, apresentando uma vasta rede de drenagem com rios de pequena extensão, caracterizando-se por apresentar intensa cobertura vegetal, topo agudo com altitudes entre 200 e 250m e baixa atividade antrópica, quando comparada às demais fácies de dissecção. Apresenta índice de dissecção que varia de 250m a 750m, com forte grau de intensidade de aprofundamento da drenagem. Compreendem as áreas com as maiores inclinações das vertentes, entre 12 e 20% (45,89 km<sup>2</sup>), 20 e 30% (19,08 km<sup>2</sup>), 30 e 45% (16,26 km<sup>2</sup>) e superior a 45% (8,48 km<sup>2</sup>), apresentando relevos ondulado, forte ondulado e montanhoso, respectivamente (Figura 22).

O relevo em forma de dissecção **F2** (180,8 km<sup>2</sup>), que corresponde aos médios cursos dos rios, caracteriza-se por apresentar uma fraca rede de drenagem, com rios de média extensão e uma menor densidade de cobertura vegetal, topos convexos com altitudes que variam de 150 a 200m, com intensa atividade antrópica, apresentando um índice de dissecção que varia de 1.750m a 3.750m, com fraco grau de intensidade de aprofundamento da drenagem. São áreas que apresentam uma declividade mais suave, que varia entre 12 e 20% (45,89 km<sup>2</sup>), 8 e 12% (196,84 km<sup>2</sup>), 3 e 8% (151,00 km<sup>2</sup>) e 0 e 3% (538,44 km<sup>2</sup>), apresentando relevo do tipo ondulado, moderadamente ondulado, suave ondulado e plano, respectivamente (Figura 23).

O relevo em forma de dissecção **F3** (373,12 km<sup>2</sup>), que corresponde aos baixos cursos dos rios, apresenta uma fraca rede de drenagem, com rios de grande extensão, onde os leitos dos mesmos apresentam-se mais alongados e com poucos afluentes e ausência quase total de cobertura vegetal. Apresenta topos convexos com altitudes abaixo de 150m, também com intensa atividade antrópica. O índice de dissecção varia de 1.750m a 12.750m, com grau de intensidade de aprofundamento da drenagem mais fraco que o anterior. São áreas que apresentam as menores inclinações das vertentes, 0 e 3% (538,44 km<sup>2</sup>) e 3 e 8% (151 km<sup>2</sup>) correspondendo a relevos plano e suave ondulado (Figuras 24 e 25).

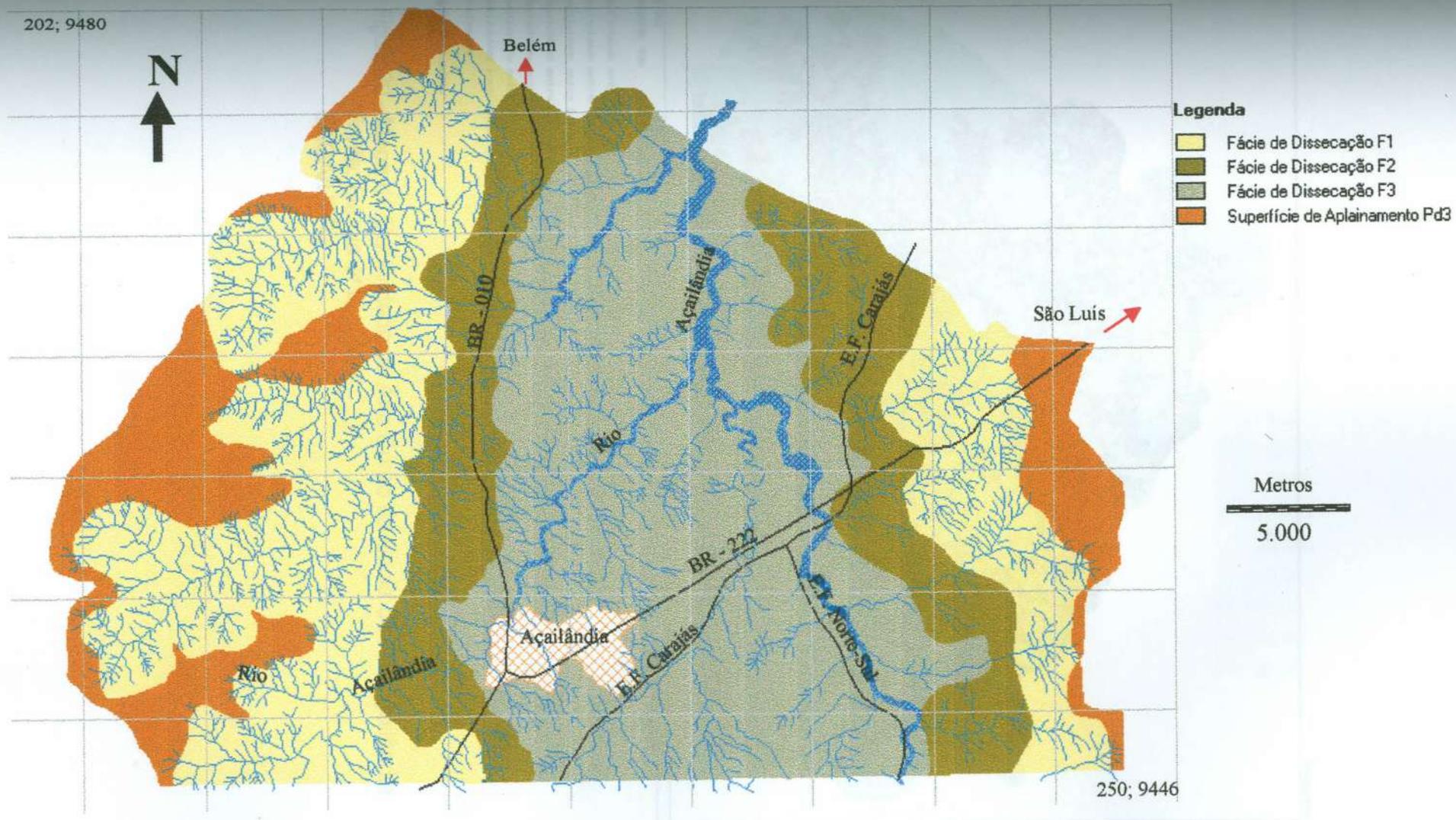


Figura 19 - Mapa Geomorfológico do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia

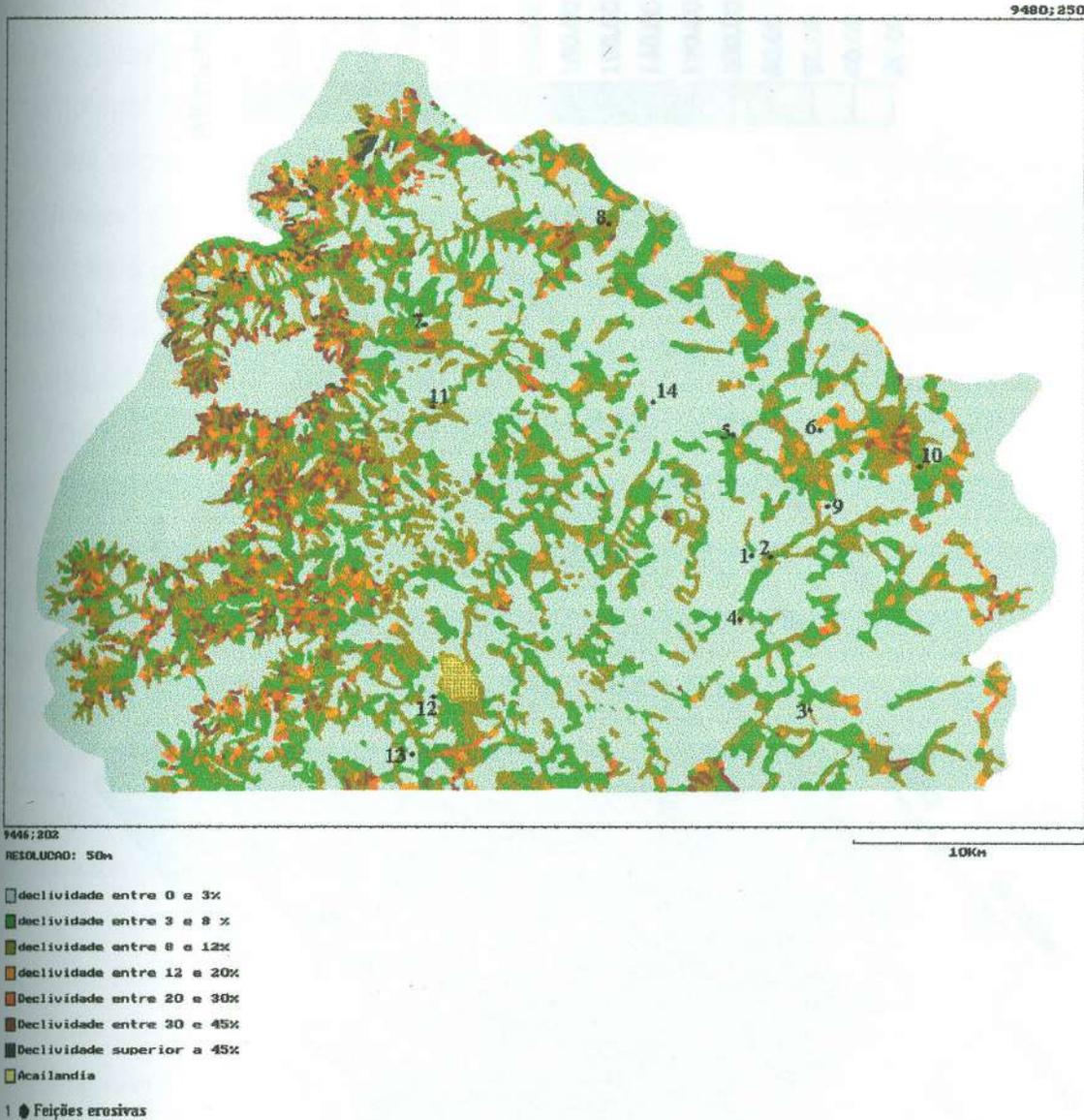


Figura 20 - Mapa de Declividade do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia  
 Fonte: Garcia *et al.*, 1998  
 SAGA/UFRJ

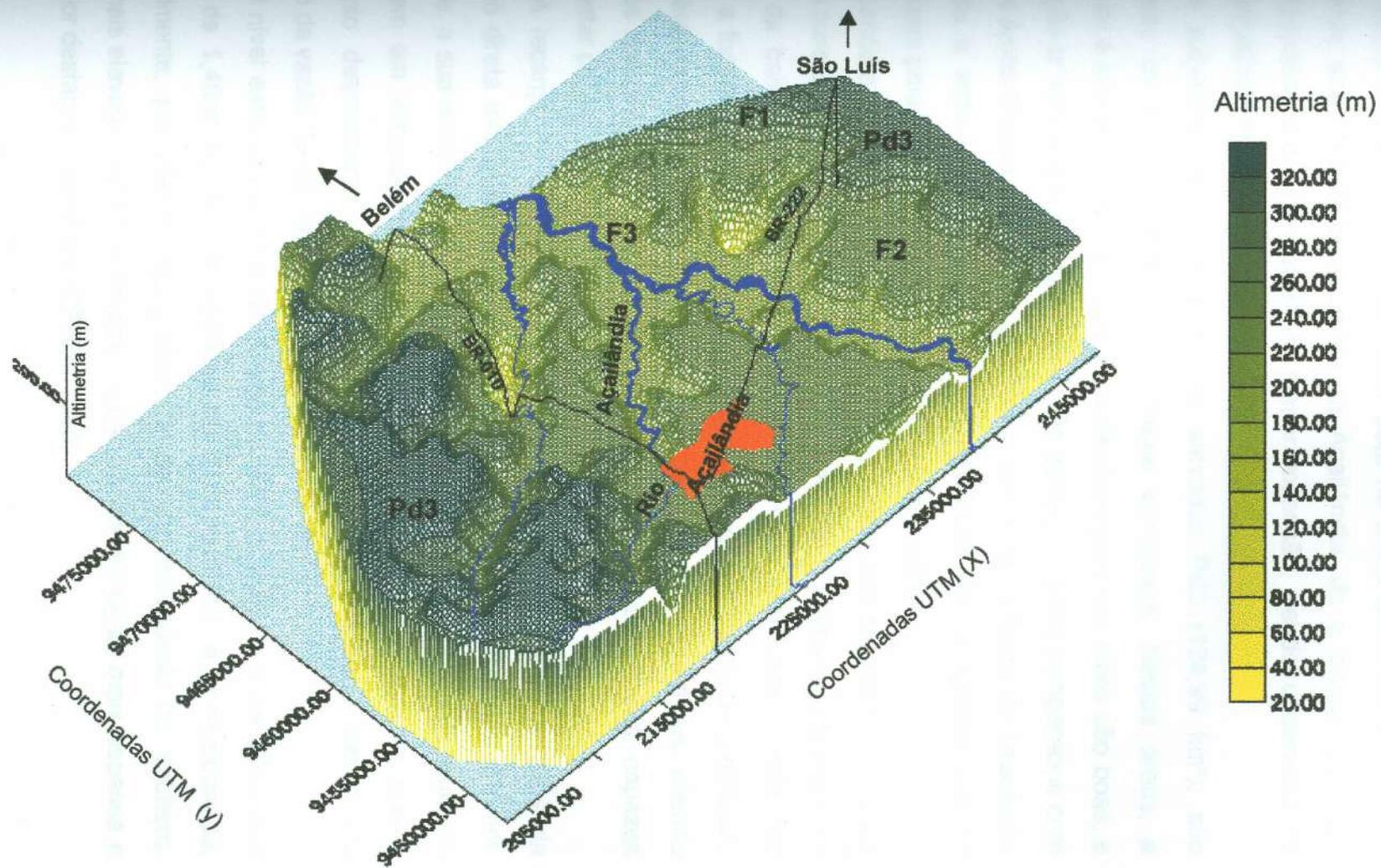


Figura 21 : Modelo Digital do Terreno do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia

A classe de declive menor (0 e 3%) é a que predomina ao longo de toda a área, sendo que sua frequência maior está na parte centro-leste da área, região onde está localizada a cidade de Açailândia. Já a classe de maior declive (superior a 45%) ocorre em menor extensão, sendo observada de forma pontual no extremo noroeste da área.

As superfícies aplainadas e mais elevadas **Pd3** (124,99 km<sup>2</sup>), são constituídas de topos planos a suavemente ondulados. Nestas áreas, a dissecação é incipiente, pois as condições de drenagem dos solos são boas, e a ocupação antrópica e o desmatamento são baixos, quando comparados com as outras áreas (Figura 22). Esta superfície corresponde a Serra do Tiracambu que limita a leste-oeste a bacia do rio Açailândia, entre colinas que se caracterizam pela fácies de dissecação identificada na área.

A análise de drenagem da Bacia do Rio Açailândia demonstra que esta região é considerada crítica por conter o nascedouro dos rios que drenam no sentido da baixada maranhense, para o lado leste (Ab'Saber, 1990). No entanto, a formação Itapecuru é constituída de possantes camadas areníticas, que muitas vezes alternam-se com estratos argilosos impermeáveis, criando condições favoráveis a grandes acumulações hídricas subterrâneas, capazes de alimentar permanentemente as nascentes fluviais.

A recarga do aquífero na região, se faz principalmente através da infiltração direta das precipitações pluviométricas e pelos rios que o drenam. Em parte, a sua alimentação é dificultada pelos estratos pelíticos, os quais se constituem em verdadeiras barreiras semipermeáveis, fazendo com que o movimento descendente das águas seja inibido, provocando assim um aumento da vazão de escoamento natural (CPRM, 1990).

O nível estático médio é da ordem de 40m, o máximo é de 100m e o mínimo de 1,40m. A elevada variação do nível estático, é condicionada, provavelmente, por efeitos topográficos e de permeabilidade do aquífero, sendo mais elevado onde a Formação Itapecuru apresenta-se mais espessa e com maior destaque altimétrico (CPRM, 1990).



Figura 22 – Vista do relevo no município de Açailândia. Em primeiro plano, colinas amplas e suaves que correspondem à fácies de dissecação F1; ao fundo a presença de uma superfície de aplainamento Pd3 que corresponde a Serra do Tiracambu.



Figura 23 – Vista do relevo em forma de dissecação F2, com topos convexos e baixa densidade de cobertura vegetal. Zona rural, oeste da área.



Figura 24 - Vista do relevo em forma de dissecação F3, com topos convexos e intensa atividade antrópica. Zona rural, região central da área.

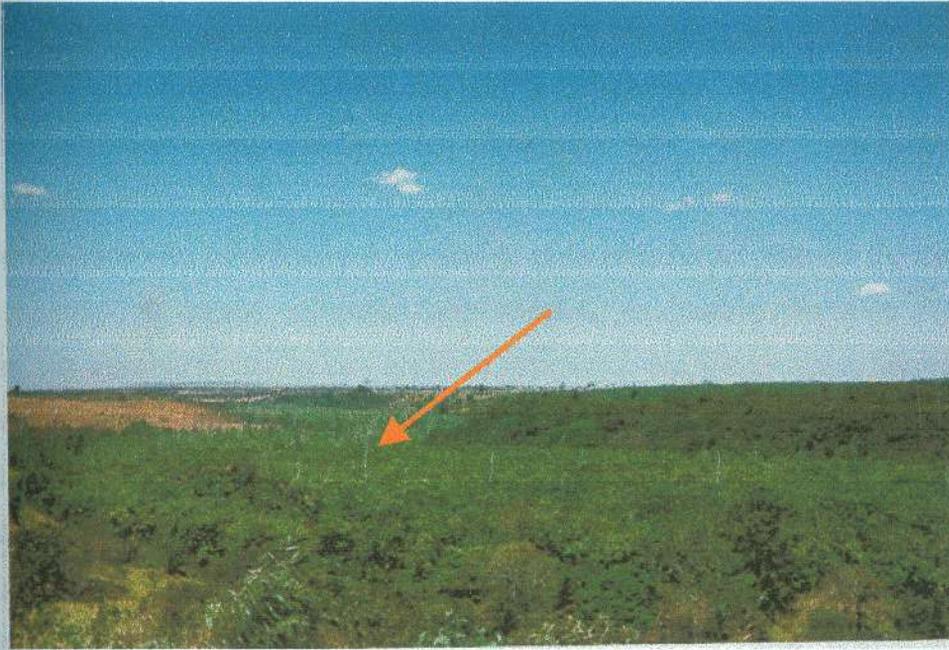


Figura 25 – Vale do rio Açailândia com seu leito apresentando fraco grau de aprofundamento, conseqüência do assoreamento causado por um grande índice de dissecação do relevo. A seta indica o leito do rio que está quase todo ocupado por vegetação.

Nos contrafortes da Serra do Tiracambu lado oeste, nascem as cachoeiras dos rios Capim e Gurupi, escoando em direção norte para o litoral paraense. A bacia do rio Açailândia, classificada como exorréica, faz parte do sistema do rio Gurupi, afluente pela margem direita, que limita os Estados do Pará e Maranhão. A incidência de erosão nessa área é particularmente grande com relação às outras regiões que compõem o sistema de drenagem do rio Gurupi.

O rio Açailândia, principal rio da bacia, possui como afluentes pela margem esquerda o córrego Perdido, Macaúba, do Boi, Jatobá, Jacaré, Ferrugem e o rio Tucumandinho; pela margem direita o córrego Pequiá, água Branca, Macaco Gorda e córrego do Codó. Os rios dessa bacia, conforme classificação de Horton (1945), podem ser considerados subseqüentes e seus afluentes principais, com suas respectivas micro-bacias, obseqüentes.

A análise do levantamento da rede de drenagem do alto curso da bacia do rio Açailândia (Figura 26) apresenta um padrão do tipo dendrítico. Esse padrão é tipicamente desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme, ou em estruturas sedimentares horizontais a subhorizontais. Além disso, a área apresenta padrões dendríticos subsidiários nos tipos paralelos e anastomosados.

Tendo como rio principal o Açailândia, este padrão apresenta densidade média, sinuosidade mista, angularidade média, assimetria fraca e formas anômalas em meandros isolados, arcos e cotovelo. Na parte mais central da área, este padrão torna-se paralelo devido ao controle exercido pelas discontinuidades orientadas na direção NW-SE e E-W. As erosões em forma de voçorocas são freqüentes, nestes setores onde o padrão dendrítico comporta-se de forma paralela.

Observando a Figura 26, pode-se individualizar três domínios de concentração do padrão de drenagem, que coincidem em algumas áreas com a compartimentação do relevo apresentado. O primeiro, nos dois extremos da área, a concentração da rede de drenagem é maior, e os rios apresentam-se pouco alongados. O segundo, situado mais ao centro da área, a concentração da rede de drenagem é menor e com os rios apresentando-se de forma mais alongadas e com um alinhamento da drenagem direcionado para NW-SE. O terceiro, localizado entre os domínios descritos, apresenta-se com densidade de drenagem mais baixa quando comparado aos outros, porém com características pertencentes aos dois domínios.

Merece destaque, toda a parte oeste da área, onde a concentração da rede de drenagem é bem mais densa e se estende pouco para o centro da área, em relação à parte leste. Neste domínio, predominam solos mais argilosos e com declividade maior em relação a parte centro-leste. A rodovia principal que corta a região de norte a sul, BR-010, coloca-se como uma divisora entre esses dois domínios.

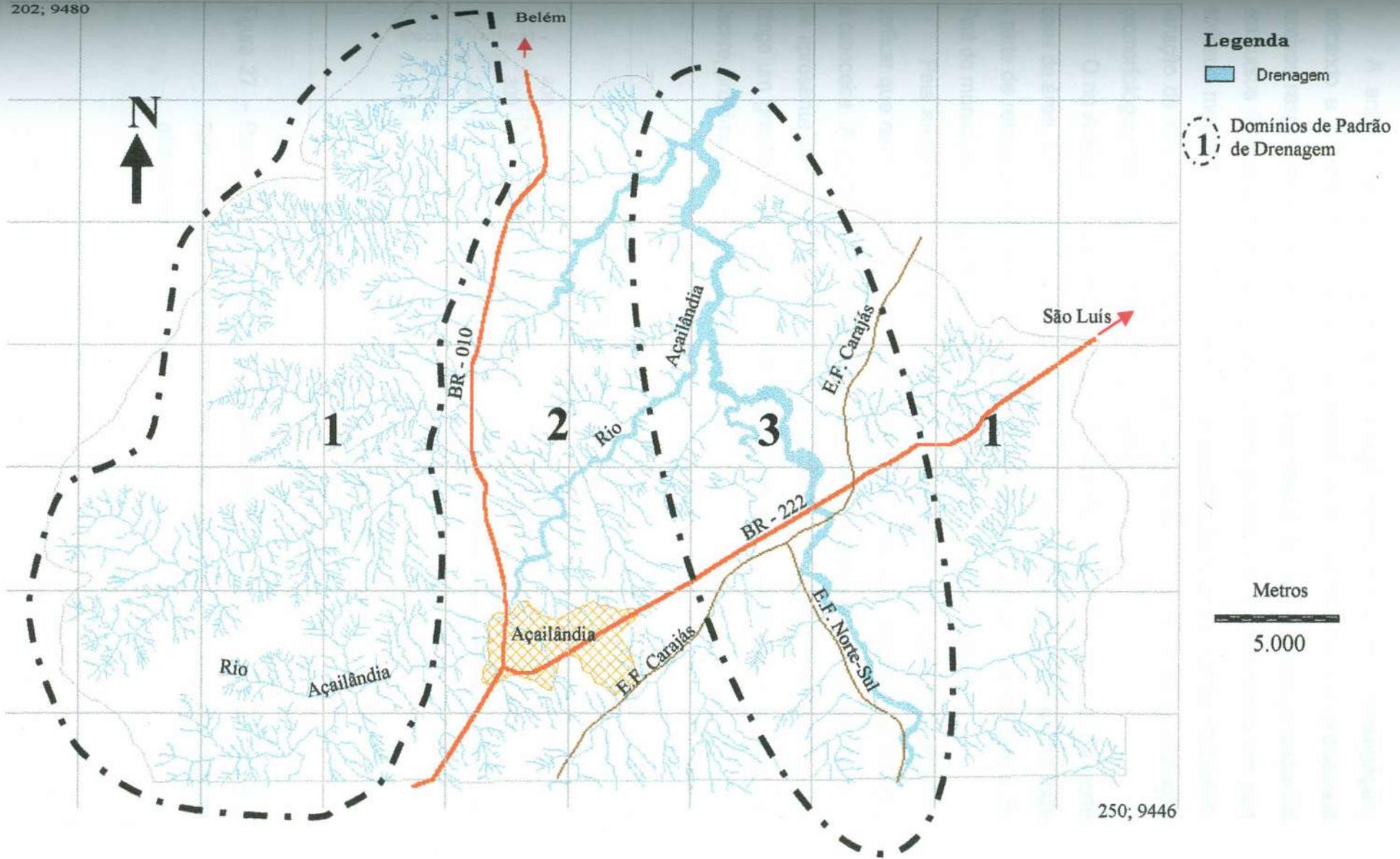


Figura 26 - Mapa de Drenagem do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia

A análise do perfil longitudinal surge como ponto de investigação, indicando a influência do controle estrutural, e a intensidade dos processos erosivos responsáveis pela morfologia dos canais fluviais. O arranjo espacial dos cursos fluviais e a morfologia dos vales, podem ser influenciados em sua atividade morfogenética, pela natureza e disposição das camadas rochosas, variação da resistência litológica, diferenças de declividade, e pela evolução geomorfológica da região (Christofoletti, 1980).

O rio Açailândia nasce nas proximidades da sede do município, na parte oeste da área, uma altitude de 300m próximo à Serra do Tiracambu; drena toda a parte de relevo dissecado e deságua no rio Gurupi, que separa o Estado do Pará do município de Açailândia, a mais ou menos 190m de altitude.

Pela análise do perfil longitudinal do rio Açailândia (Figura 27), pode-se verificar que este se apresenta côncavo, com declividades maiores em direção à cabeceira. A partir de sua nascente, até aproximadamente 10 quilômetros, ele apresenta um desnível suave de cerca de 150m. A partir daquele ponto, atinge um gradiente constante, com altitude de 200 metros até o córrego do Jacaré, próximo ao limite da área de estudo.



Figura 27 – Perfil longitudinal do rio Açailândia no percurso que abrange a nascente até o limite norte da área de estudo, correspondendo ao alto curso.

As interações entre as formas de relevo, drenagem e a substituição da cobertura vegetal por atividades antrópicas na área da bacia estudada, apresentam comportamentos diferentes em relação ao tipo de cobertura pedológica e suas características físico-químicas e morfológicas, e respondem de forma diferenciada aos processos erosivos na área de estudo.

A distribuição do solo no relevo do alto curso da bacia do rio Açailândia pode ser observada na Figura 28. Nas áreas mais elevadas e de superfície suave, a presença do Latossolo Vermelho-Amarelo (**LV1**) é mais freqüente. São áreas que apresentam altitudes em torno de 200 a 300 metros, e estão localizadas nas regiões de limite leste e oeste da área estudada, correspondendo às superfícies aplainadas e mais elevadas do terreno (Planalto do Tiracambu). Proporcionalmente, correspondem a áreas com menor índice de desmatamento, apresentando baixa atividade antrópica, havendo, portanto, a presença de erosão laminar, em sulcos e ravinas principalmente em áreas sem ocorrência da cobertura vegetal.

Nas encostas dessas áreas mais elevadas, em geral, ocorre a associação do Argissolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico, Argissolo Amarelo e Argissolo Amarelo latossólico (**P**). São áreas com superfícies mais irregulares, com altitudes em torno de 150 a 200 metros, estando em atual processo de dissecação com altas encostas colinosas, estando distribuídas em faixas laterais à superfície anterior. Apesar de apresentarem um índice de desmatamento elevado, correspondem proporcionalmente, às áreas menos ocupadas e com maior densidade de vegetação. Nestas áreas há a ocorrência com menor intensidade de voçorocas e ravinas, sendo mais freqüente a erosão laminar.

Nas áreas mais baixas, que correspondem às partes centrais da bacia, ocorre a associação de Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico (**LV2**), Latossolo Vermelho-Amarelo (**LV1**), Latossolo Amarelo com inclusões de solos do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo (**LA**) e na parte sudoeste, área onde está localizada a cidade de Açailândia tem-se a associação de solos **P** (Argissolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico, Argissolo Amarelo, Argissolo Amarelo latossólico). O

relevo é do tipo suave ondulado a ondulado, com altas e médias encostas, correspondendo às áreas com o índice de desmatamento mais elevado e com atividades de ocupação mais intensa, quando comparados com os setores descritos. A erosão em voçoroca é mais freqüente, ocorrendo também em forma de sulcos e ravinas.

### 5.3 - Condições geológicas e estruturais

As informações de caráter geológico estão baseadas nos trabalhos prévios apresentados sobre a Formação Itapecuru (Brasil, 1973; Schobbenhaus *et al.*, 1981; Góes, 1995; Rossetti e Truckenbrodt 1997; Anaisse Júnior, 1999) e de observações de campo.

Devido a homogeneidade litológica encontrada na área do alto curso da bacia do rio Açailândia, serão expostas informações prévias apresentadas sobre o mapa geológico do RadamBrasil (Brasil, 1973), onde compõe-se, essencialmente, das litologias pertencentes à Formação Itapecuru, datada do período cretáceo, que por sua vez, corresponde em grande parte, ao registro da sedimentação de todo Estado do Maranhão e noroeste do Estado do Pará. (Cunha e Carneiro, 1973; Lima e Leite, 1978; Schobbenhaus *et al.*, 1981; Almeida *et al.*, 1995).

Tradicionalmente é descrita como constituída predominantemente de arenitos avermelhados, médios a grosseiros, com faixas conglomeráticas, muito argilosas, com estratificação plano-paralela incipiente e cruzada. Ocorrem intercalações de argilitos e siltitos argilosos, de coloração variada. Seguem arenitos avermelhados e esbranquiçados finos e médios, caulíníticos com estratificação cruzada de grande porte e estruturas de corte e preenchimento (Brasil, 1973).

Com a falta de trabalhos estratigráficos específicos e ao uso indiscriminado do nome 'Formação Itapecuru' na Bacia do Grajaú, bem como a elevação dessa formação para a categoria de grupo por Rossetti e Truckenbrodt (1997) na Bacia de São Luís, Anaisse Júnior (1999) propõem a denominação preliminar de "Depósitos Itapecuru".

# MODELO DIGITAL DO TERRENO

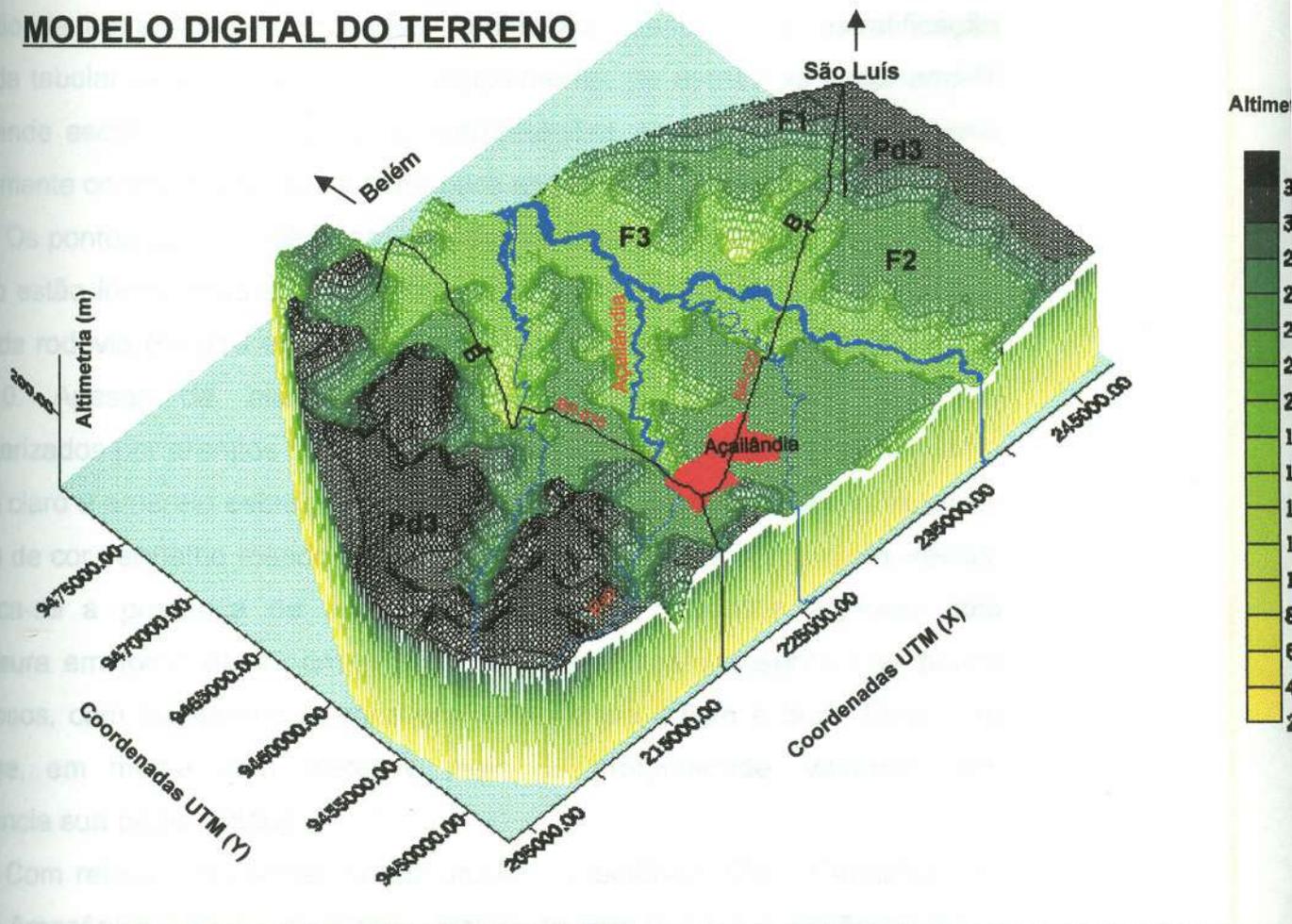
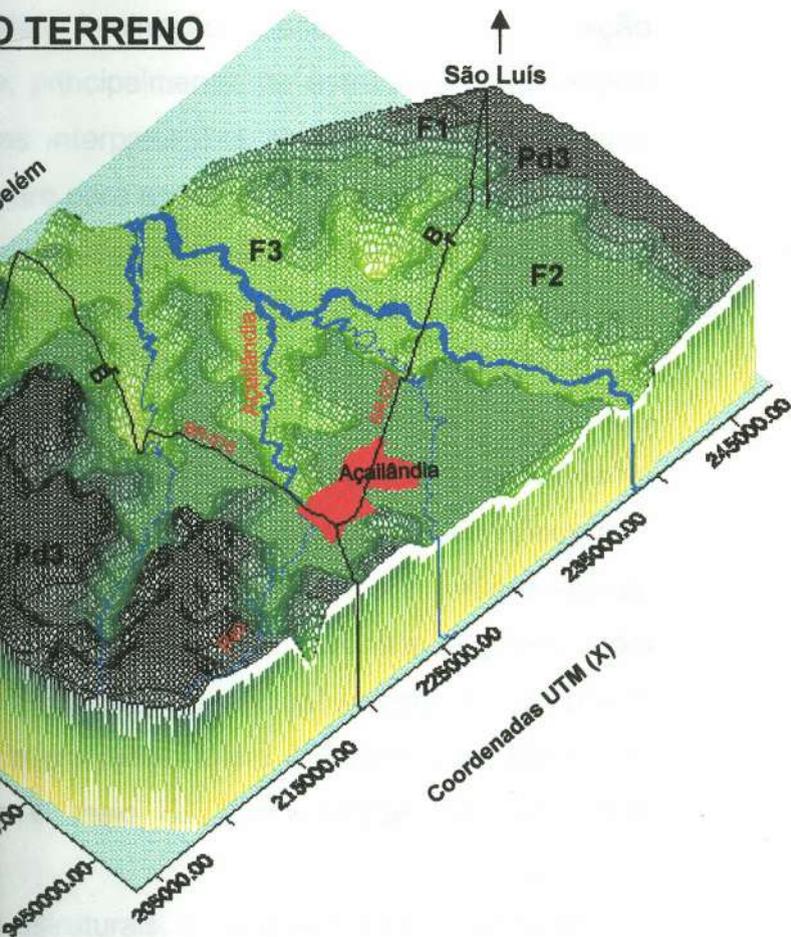
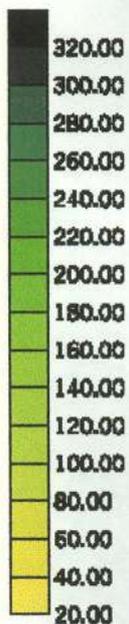


Figura 28 - Composição do Modelo Digital do Terreno e Mapa de Solos do a

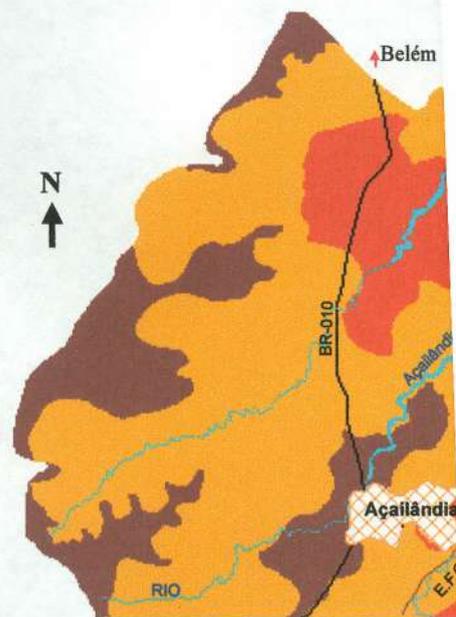
## 0 TERRENO



Altimetria (m)



## MAPA DE SOLOS

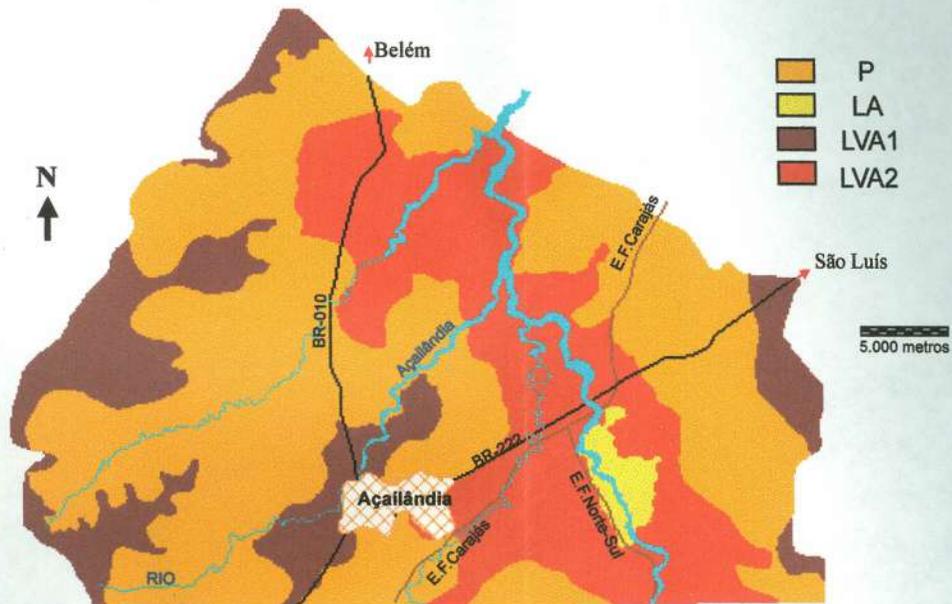
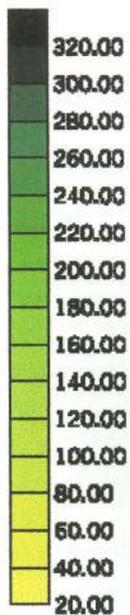


LVA1 = Latossolo Vermelho Amarelo  
LVA2 = Latossolo Vermelho Amarelo e Lato  
LA = Latossolo Amarelo com inclusões de L  
P = Argissolo Vermelho Amarelo, Argissolo A  
e Argissolo Amarelo latossólico

Figura 28 - Composição do Modelo Digital do Terreno e Mapa de Solos do alto curso da bacia do rio Açailândia, para observação da c

## MAPA DE SOLOS

Altimetria (m)



LVA1 = Latossolo Vermelho Amarelo

LVA2 = Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho Amarelo argissólico;

LA = Latossolo Amarelo com inclusões de Latossolo Vermelho Amarelo

P = Argissolo Vermelho Amarelo, Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho Amarelo latossólico e Argissolo Amarelo latossólico

A interpretação de ambiência estritamente continental para a 'Formação' Itapecuru (Lima e Leite, 1978; Schobbenhaus *et al.*, 1981; Petri e Fúlfaro, 1983; Colares e Cavalcanti, 1990; Almeida *et al.*, 1995) no domínio da Bacia do Grajaú é discutida por Anaisse Júnior (1999). Segundo este autor, os Depósitos Itapecuru estudados ao longo da Ferrovia Carajás, próximos à cidade de Açailândia, são produtos de quatro ambientes deposicionais: *shoreface*, canal de maré, laguna e canal fluvial. Estes integram um sistema estuarino lagunar que episodicamente era atingido por ondas vigorosas, responsáveis pela geração de estratificações cruzadas, laminação quase-planar, estratificação cruzada tabular de baixo ângulo e, principalmente, de estruturas *scour-and-fill* de grande escala. Deste modo, as interpretações anteriores de um sistema estritamente continental flúvio-lacustre para esses depósitos não procedem.

Os pontos de descrição das unidades litológicas encontradas na área de estudo estão localizados em um afloramento ao norte, na estrada vicinal que parte da rodovia BR-010 em direção leste, e ao longo das rodovias BR-222 e BR-010. Apesar de estarem bastante friáveis, observa-se que são caracterizados por arenitos finos, estratificados, de cor variando entre vermelho a rosa claro e amarelo esbranquiçado (Figura 29). Subordinadamente, ocorrem pelitos de cor vermelho rosado e arenitos conglomeráticos com muitos seixos. Destaca-se a presença de uma faixa de seixos, bastante argilosa, com espessura em torno de 40 cm (Figura 30). Os seixos apresentam-se pouco angulosos, com tamanho que varia em média entre 0,5cm e 5cm. Esta faixa situa-se, em média, a 1 metro e meio de profundidade, variando com frequência sua profundidade.

Com relação aos aspectos estruturais, a tectônica Meso-Cenozóica na região Amazônica está intimamente relacionada com a movimentação da Placa Sul Americana, para oeste (Petri, 1954; Hasui, 1990; Bemerguy e Costa, 1992; Igreja, 1992; Borges *et al.*, 1997). O contexto estrutural da região norte é marcado por importantes movimentações neotectônicas responsáveis pela atual morfologia da área, e o sistema de drenagem atual da Amazônia, em termos globais, encontra-se fortemente adaptado aos lineamentos estruturais gerados e retomados durante o Cenozóico.

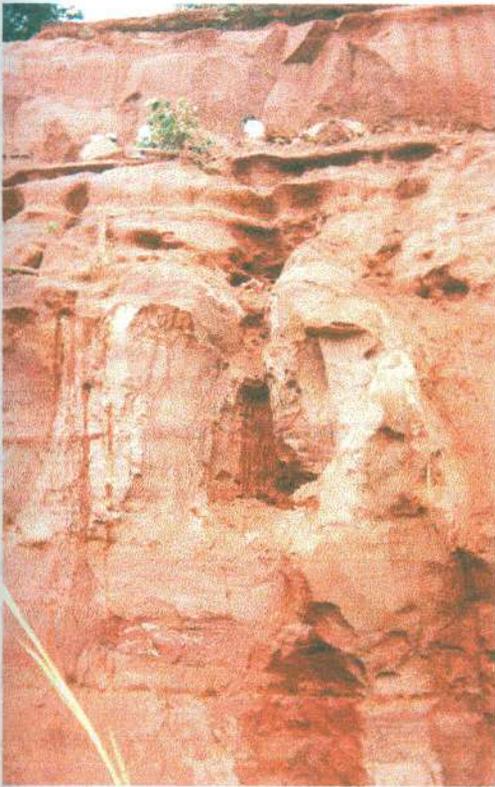


Figura 29 – Afloramento de corte de estrada na rodovia BR-222. Corresponde a arenitos finos, estratificados, de cor variando entre vermelho a rosa claro esbranquiçado.

Figura 30 – Afloramento na BR-010 constituído de arenito. Seta indica a presença da faixa de seixo bastante argilosa com espessura em torno de 40 cm.



O estudo da análise de rede de drenagem na região norte revela, através da fotointerpretação, uma tendência dos principais rios que compõem a região de Açailândia, de se alinharem com a estruturação ENE-WSW, como é o caso dos rios Pindaré e Açailândia (Borges *et al.*, 1997). Particularmente na bacia do rio Açailândia, a rede de drenagem pode adquirir outra direção em função do conjunto de falhamentos impostos à região, como mencionado anteriormente no capítulo 2. O que se ressalta, é a possível relação dessa estruturação regional com a ocorrência de processos erosivos na área.

Borges *et al.*, (1997) ao denominarem a Bacia do Grajaú, em Bacia do Capim, mostram que a sua fase de instalação e inversão está ligada ao último pulso extensional do evento de fragmentação do *Gondwana* ou evento Sul-Atlântico. A bacia corresponde a um *hemigraben* com a forma de um triângulo segmentado em vários compartimentos alongados na direção NE-SW, cujo depocentro principal situa-se no lado oeste e estende-se na direção N-S.

Segundo esses autores, dobras e cavalgamentos orientados nas direções NE-SW e ENE-WSW são as principais estruturas que deformam o seu preenchimento. As dobras acham-se bem desenvolvidas na sucessão transicional-marinha, podendo ser classificadas em abertas e simétricas, compondo sistemas holomórficos. Os cavalgamentos projetam-se sobretudo nos contatos entre os litotipos arenosos e pelíticos e estão inclinados suavemente para NW. Na sucessão fluvial, as dobras são suaves e de dimensões quilométricas, não havendo registro de cavalgamentos.

O padrão deformacional das duas sucessões apesar de ser diferente, implica em baixas taxas de reativações das falhas normais mestras e a conseqüente preservação da forma geral do *hemigraben*. Contudo, houve modificações expressivas na paisagem face ao soerguimento regional imposto pelas dobras, resultando na formação da Serra do Tiracambu. Outras estruturas, que afetam o preenchimento, referem-se a falhas normais planares que controlam *grabens* e *hemigrabens* alongados na direção NW-SE. Uma segunda geração de falhas normais, desenvolvida provavelmente no Quaternário, impõe desnivelamentos nos depósitos do Terciário Superior e é

responsável, em grande parte, pelo modelamento da paisagem atual (Borges *et al.*, 1997).

A análise visual de fotografias aéreas e imagens *Landsat*, no alto curso da bacia do rio Açailândia, permitiu a individualização do domínio da ocorrência de lineamentos de rede de drenagem, predominantemente nas direções NW-SE e E-W (Figura 31). Esse domínio coincide com as áreas mais baixas e planas da bacia, e podem ter relação com o arcabouço estrutural regional, como apresentado pelos autores acima mencionados.

Como se pode observar na Figura 31, as erosões em sua maioria, ocorrem nesses alinhamentos ou bem próximos a eles, indicando uma possível correlação da deformação regional imposta pelo soerguimento da Serra do Tiracambu (Borges *et al.*, 1997), caracterizando as áreas de descontinuidades.

As erosões no alto curso da bacia do rio Açailândia aparecem nos vales dos rios, ou próximos às encostas de morros mais elevados, e podem estar sendo controlados, ou não, pela estruturação regional. No entanto, não foi possível observar em campo feições estruturais do tipo dobras e falhas, e relação desses lineamentos com as ocorrências das erosões mapeadas, visto que estas, em geral, ocorrem no topo das encostas ou em área de convergência de fluxos, além disso destaca-se o fato da área estar inserida em um ambiente de relevo bastante dissecado.

Tal fato requer, contudo, maiores investigações para relacionar às informações de caráter regional, e que possam expressar de forma segura a história deformacional das litologias pertencentes à Bacia do Grajaú.

#### **5.4 - Transformações do uso do solo – 1985, 1991 e 1996**

Uma das hipóteses deste trabalho é que, além das condições naturais locais, são indicativo à ocorrência de erosão o uso da terra, o grau e forma de sua utilização que contribuem para acelerar os processos erosivos, agravando a degradação ambiental da região.

As áreas de florestas e cerrados em Açailândia têm se reduzido progressivamente, em conseqüência do avanço da fronteira agrícola, iniciado



Figura 31 - Mapa de Lineamento de Drenagem e Feições Erosivas no Alto Curso da Bacia do Rio Açu

com a posse da terra pelo pequeno produtor; em seguida vem o madeireiro na busca de madeiras nobres, criando na região, manchas de áreas degradadas, e a ocupação da terra pela pecuária extensiva em grandes propriedades, onde a queimada é a prática utilizada na limpeza.

O Programa Grande Carajás, lançado pelo governo federal na década de 80, estimulou a industrialização de Açailândia. A ferrovia da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e as indústrias a ela associadas foram responsáveis por atrair um número elevado de pessoas que vieram na região, uma perspectiva de conseguir emprego e habitação. Compunha ainda esse quadro, a legislação que regula a posse da terra e seu baixo valor com cobertura vegetal, em contra-partida aos altos valores das terras desmatadas.

Por estar inserida neste contexto, o alto curso da bacia do rio Açailândia, vem de há muito sendo palco de erosão acelerada, o que é possível verificar, através de dados qualitativos e quantitativos. A perda e a expansão com relação à sua ocupação por atividades antrópicas seguiram, conseqüentemente, o desmatamento na sua área.

Dessa forma, com base na análise e avaliação dos mapeamentos digitais referentes ao uso da terra, pode-se verificar que a distribuição e a freqüência das classes ao longo de toda a área, sofreu um intenso processo de transformação (Figura 32).

No mapa apresentado, se considera como setor **agropastoril** toda a atividade pertinente à retirada da vegetação para pasto e agricultura, estejam elas com ou sem vegetação. Estão também incluídas nesta classe, as atividades exercidas pela construção de rodovias e ferrovias, a exploração madeireira, as aberturas de roça, e a implantação da indústria madeireira; os setores **núcleo urbano** e **área industrial** são analisados separadamente, com a intenção de visualizar a sua expansão dentro do período estudado, ainda porque, esta última só veio existir a partir de 1989. No setor **vegetação**, inclui-se tanto a floresta nativa como áreas com vegetação secundária, mas que não apresentam atividade antrópica.

As informações sobre áreas desmatadas no município de Açailândia, desde seu surgimento na década de 60 até o fim dos anos 80, revelaram que

as causas tradicionais de desmatamento estiveram ligadas à construção de rodovias, à exploração madeireira, às aberturas de roças e à formação de pastagens. As queimadas periódicas de cada verão usadas para limpeza das pastagens, com vistas à eliminação de plantas indesejáveis e as ocorrências de fogo acidental são responsáveis pela queima de áreas extensivas. A Estrada de Ferro Carajás associa-se também à abertura de um "novo" espaço através da invasão de grandes propriedades pelos sem-terras (Coelho, 1991).

Conforme este autor, neste período o aumento da velocidade em que o desmatamento vinha ocorrendo foi atribuído ao trabalho intenso das serrarias, ao desmatamento preventivo de invasões promovido pelos proprietários<sup>2</sup>, à derrubada da mata pelos invasores e à instalação de guserias em Açailândia. As críticas às possibilidades de se ter na industrialização a partir do carvão vegetal a principal causa da ampliação das áreas desmatadas, resultou na mudança de interesses e estratégias, sobretudo da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) que busca a implementação de um programa de pólos florestais (CVRD, 1989).

Analisando o mapa de 1985 (Figuras 32 e 33), observa-se que apesar das malhas referentes às áreas com vegetação predominarem em relação ao setor agropastoril, já se pode ver que a atividade antrópica se destaca. O núcleo urbano, nesse ano, estava em processo de crescimento e expansão, visto que, a cidade de Açailândia tinha passado a ser sede do então município, em 1981.

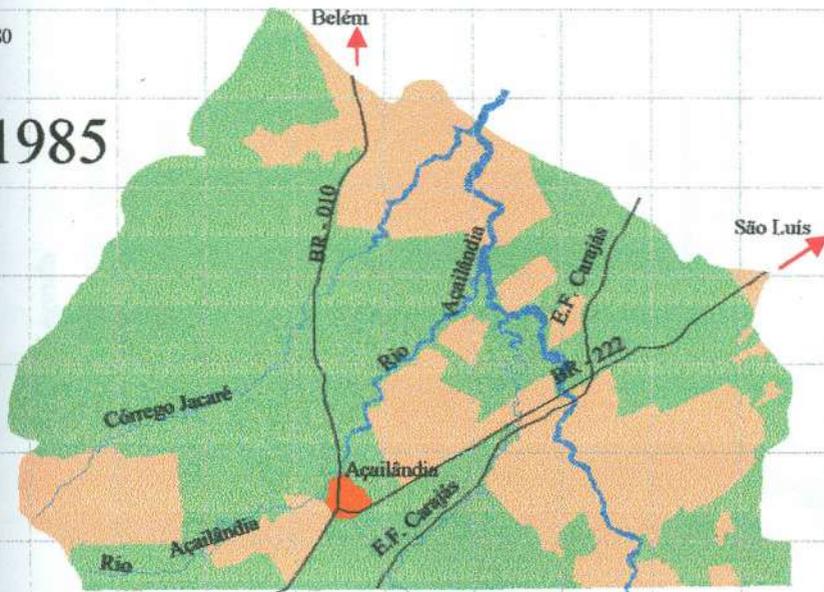
O município já é percorrido pela Estrada de Ferro Carajás (EFC), onde as propriedades rurais passaram a ser objeto de cobiça pelas populações a procura de terras. O interesse dos donos de serrarias localizadas principalmente em Açailândia ampliou-se, numa tentativa de explorar esta fonte de madeira (ainda pouco explorada), face ao esgotamento de suas reservas mais próximas (Coelho, 1991).

Entretanto, o desmatamento das florestas nativas até este período foi relativamente baixo, principalmente nas áreas cortadas pela Estrada de Ferro

<sup>2</sup> Em maio de 1985, com o anúncio da reforma agrária, proprietários de terra aceleraram os ritmos de desmatamento e da formação de pastagem, receiando que suas terras fossem consideradas "improdutivas" (Coelho, 1991).

202; 9480

1985

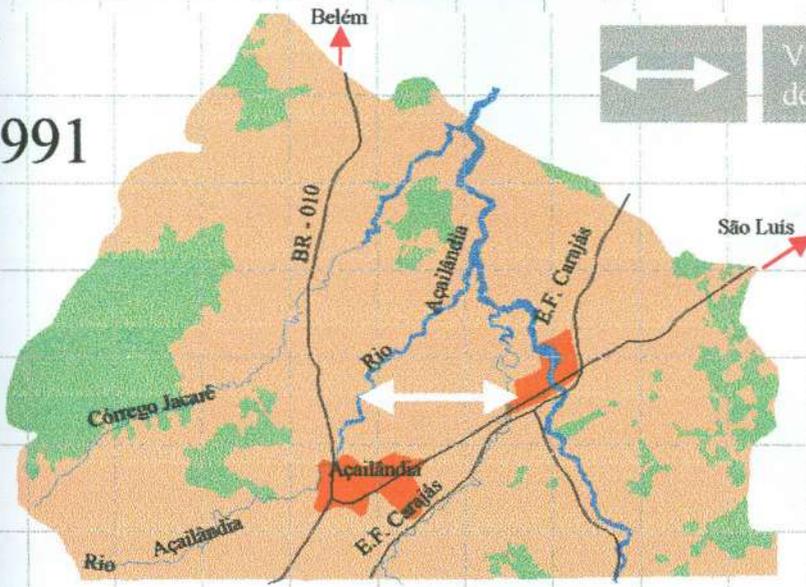
**Legenda**

- Agropastoril
- Com Vegetação
- Núcleo Urbano

Metros  
5,000.00

202; 9480

1991

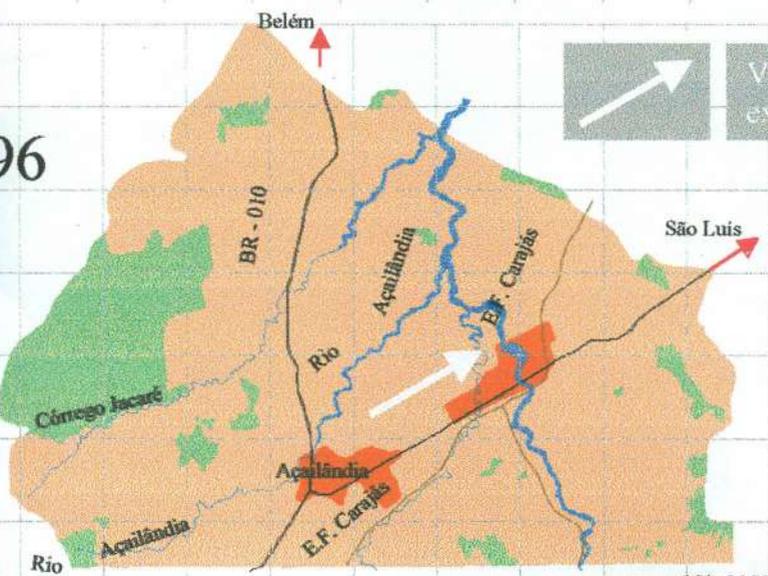


Vetor de orientação do  
desmatamento



202; 9480

1996



Vetor de orientação da  
expansão urbana

250; 9446

Figura 32 - Transformação do Uso do Solo no Alto Curso da Bacia do Rio Açuilândia  
Fonte: Imagens de Satélite Landsat TM/5 de 1985, 1991 e 1996

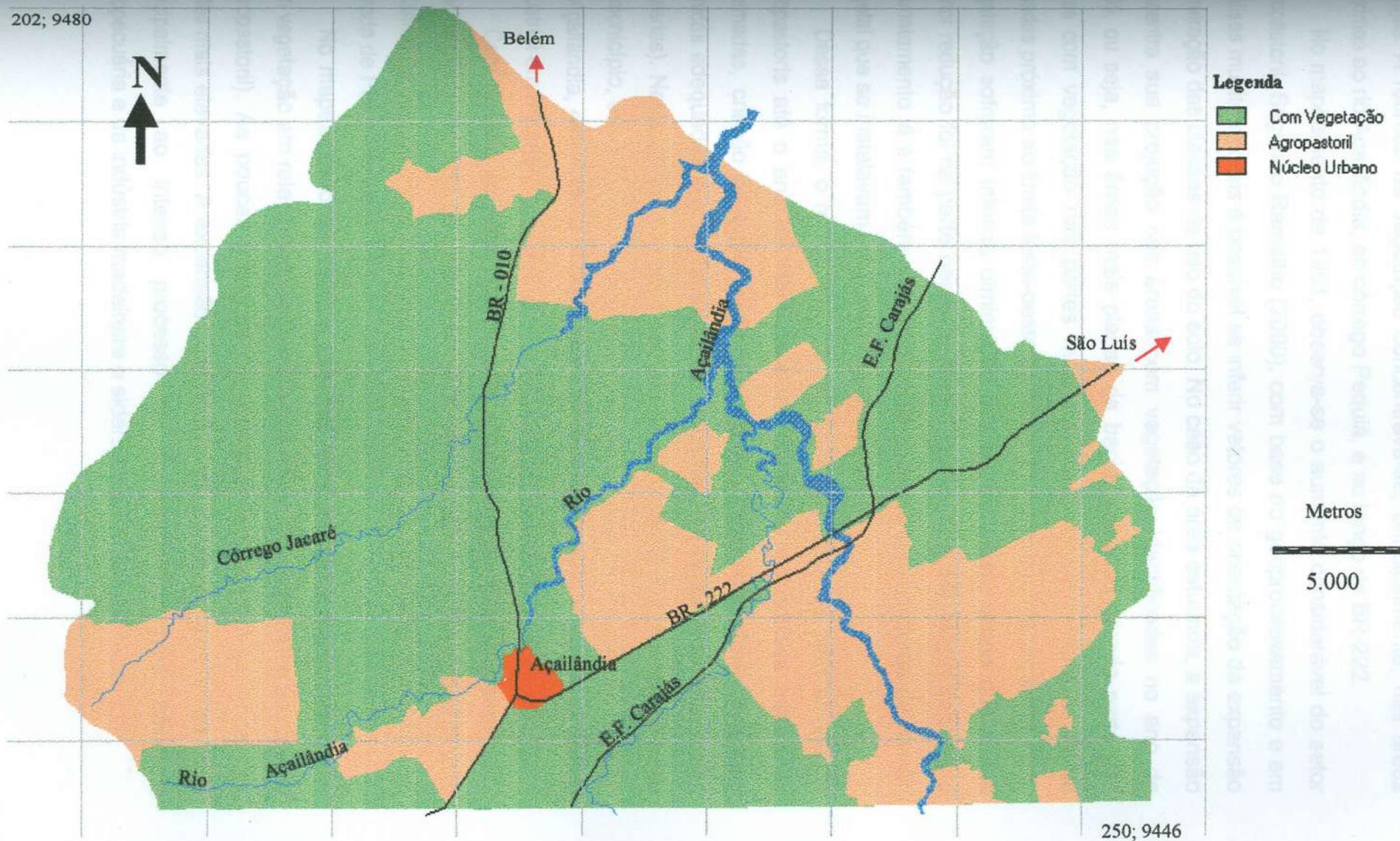


Figura 33 - Mapa de Uso do Solo do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia - 1985

Fonte: Imagem de Satélite Landsat TM/5 de 1985

Carajás. A retirada da vegetação concentrava-se, principalmente, nas áreas próximas ao rio Açailândia, ao córrego Pequiá, e ao longo da BR-222.

No mapeamento de 1991, observa-se o aumento considerável do setor agropastoril. Segundo Ramalho (2000), com base no geoprocessamento e em análises multitemporais é possível se inferir vetores de orientação da expansão ou retração das classes de uso do solo. No caso da área estudada, a expansão concentra sua projeção nas áreas com vegetação identificadas no ano de 1985, ou seja, nas áreas mais planas da bacia, deixando grande parte das áreas com vegetação nas partes mais elevadas, correspondente às áreas situadas próximo ao limite leste-oeste da bacia. Por conseguinte, as áreas com vegetação sofreram intensa diminuição das suas malhas, sendo que a sua menor redução foi na parte oeste da área (Figuras 32 e 34). Neste período, o desmatamento já é também motivado pelas guserias consumidoras de carvão vegetal que se instalavam em Açailândia desde 1988.

Dessa forma, o rápido avanço das áreas desmatadas para atividades agropastoris até o ano de 1991 deve-se, sobretudo, à contínua prática de queimadas, criação de gado, expansão urbana, exploração madeireira sem técnicas adequadas e a implantação de indústrias madeireiras e siderúrgicas (guserias). Neste período, a nova Estrada de Ferro Norte-Sul já percorre parte do município, encontrando-se com a ferrovia de Carajás em Pequiá, na estação de Açailândia, estimulando a prefeitura e governo do estado a criarem o distrito industrial em Pequiá.

Com relação ao setor urbano, este sofreu uma considerável expansão, principalmente no eixo da rodovia BR-222, em direção ao então criado distrito industrial de Pequiá. Porém, apresenta já seu limite de expansão no entorno da Estrada de Ferro Carajás.

No mapeamento de 1996, é evidente uma grande redução das áreas com vegetação em relação ao predomínio das áreas com atividades antrópicas (agropastoril). As poucas manchas de vegetação concentram-se ainda nas partes mais elevadas. A expansão considerável da classe agropastoril se deve principalmente ao intenso processo de desmatamento para atividade agropecuária e da indústria madeireira e siderúrgica.

202; 9480

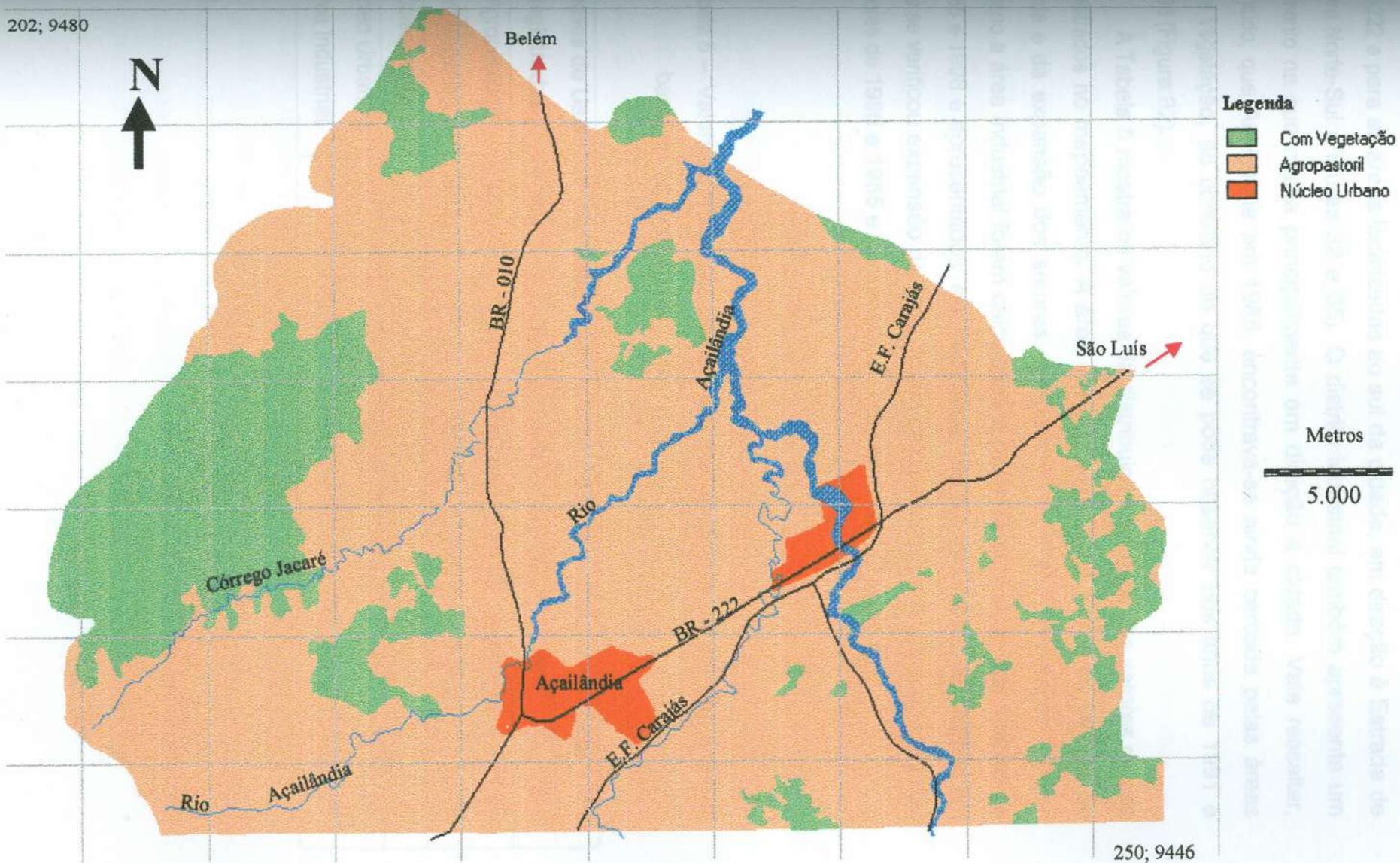


Figura 34 - Mapa de Uso do Solo do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia - 1991

Fonte: Imagem de Satélite Landsat TM/5 de 1991

A expansão do setor urbano se direciona mais ainda no eixo da rodovia BR-222 e para as áreas localizadas ao sul da cidade, em direção à Estrada de Ferro Norte-Sul (Figuras 32 e 35). O distrito industrial também apresenta um aumento na sua malha principalmente em direção à cidade. Vale ressaltar, contudo, que Açailândia em 1985, encontrava-se ainda cercada pelas áreas com vegetação, ao contrário do que se pode observar nos anos de 1991 e 1996 (Figura 32).

A Tabela 5 mostra os valores da distribuição em área dos setores de uso registrados no mapeamento. A área total abrange 1.009 Km<sup>2</sup> e os valores de perda e da expansão dos setores agropastoril, área com vegetação, núcleo urbano e área industrial foram calculadas a partir da subtração dos valores de 1985 e 1996 e apresentados em percentual. Da mesma forma, as classes em que se verificou expansão de área, foram calculadas a partir da subtração dos valores de 1996 e 1985 e apresentados em percentual (Tabela 6).

Tabela 5 – Valores obtidos das classes de uso registradas para o alto curso da bacia do rio Açailândia.

Classes de Uso Registradas	1985		1991		1996	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Agropastoril	321,40	31,84	790,84	78,38	840,10	83,26
Com Vegetação	683,15	67,70	192,45	19,07	136,61	13,55
Núcleo Urbano	4,35	0,46	-	-	-	-
Núcleo Urbano e Área Industrial	-	-	25,63	2,55	32,19	3,19

Tabela 6 – Valores em porcentagem das perdas e expansão das classes encontradas no período de 11 anos (1985 – 1996).

Classe de uso	Área Total		Perda %	Expansão %
	1985 Km <sup>2</sup>	1996 Km <sup>2</sup>		
Área Agropastoril	321,4	840,1	-	51,42
Área com vegetação	683,1	136,6	54,15	-
Núcleo urbano + Área industrial	-	-	-	2,76

Com base nos dados obtidos, pode-se verificar que houve quase uma inversão nos valores apresentados pelos setores agropastoril e área com vegetação, no período de 11 anos (Figura 32). Os índices de perda da vegetação que apresentam valores de 54,15 %, dando lugar à atividade agropastoril que apresentou valores de expansão de 51,42 %, significam que maior extensão de áreas ficaram expostas aos processos erosivos.

Estes dados revelam também que houve uma redução quase que total das áreas com vegetação, em detrimento dos setores para as atividades antrópicas. Tal fato demonstra que o processo de transformação do uso da terra encontra-se em franco desenvolvimento.

Ressalta-se ainda que a dinâmica do desmatamento tem seu início nos setores mais baixos do relevo, na parte central da bacia, indo em direção às áreas mais elevadas. No relevo relativamente plano, entre 3% e 8%, o desmatamento foi mais acelerado, expondo as associações de Latossolos que apontam para maior suscetibilidade aos processos erosivos, quando combinados com outros aspectos físicos já mencionados.

202; 9480



Belém

BR - 010

Açailândia

E.F. Carajás

São Luís

**Legenda**

-  Com Vegetação
-  Agropastoril
-  Núcleo Urbano

Metros

5.000

Córrego Jacaré

Rio

BR - 222

Açailândia

E.F. Carajás

Rio Açailândia

250; 9446

Figura 35 - Mapa de Uso do Solo do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia - 1996

Fonte: Imagem de Satélite Landsat TM/5 de 1996

Cabe ressaltar ainda, que estes setores inicialmente bastantes desmatados, correspondem às áreas onde ocorre certo controle estrutural da drenagem. O solo exposto se torna mais suscetível à ocorrência de erosão favorecida pelas zonas de fraquezas estruturais (descontinuidades) que podem corresponder, provavelmente, a eventos distensivos regionais.

Quanto ao setor núcleo urbano, verifica-se uma significativa expansão de 2,76 %, embora os valores sejam baixos quando comparados com os outros setores. Deve-se ressaltar que em 1986, o núcleo urbano não contava com a expansão do distrito industrial de Pequiá, o que só veio ocorrer a partir de 1989. Desde então, o distrito que fica a 14 km da cidade vem se expandindo progressivamente, junto com a instalação de madeireiras próximas e/ou inseridos a ela (Figura 32).

As expansões urbanas se deram inicialmente no topo do planalto e expandiram-se para as bordas, em direção aos dois rios que circundam a cidade, e isto facilitou o aparecimento de erosão. São áreas de ocorrência das associações de solos **LVA1** e **LVA2**, localizadas nas partes mais baixas do relevo, com médias e altas encostas, e com elevado índice de desmatamento, sendo uma região considerada pelas suas condições físicas, bastante suscetível à ocorrência de processos erosivos.

Interessante observar no Mapa de Solos (Figura 7), a cidade tem sua expansão sempre em direção leste onde há ocorrência da associação do solo tipo **P** e para onde o relevo se constitui como plano a suavemente ondulado. Em torno de 1991, a cidade se expande para sudeste onde se tem a associação do solo **LVA2**. Nesta região estão situadas vilas recentemente criadas pela Prefeitura para abrigar os moradores desalojados dos bairros atingidos pela erosão, próximo ao centro da cidade.

A parte da área urbana posicionada para o lado oeste, onde o rio Jacu circunda a cidade, ocorre a associação do solo **LVA1**, que apresenta as mesmas características dos solos da associação **LVA2**. Neste setor da área urbana localiza-se o bairro do Jacu, que como será visto mais adiante, apresenta sérios problemas relacionados à ocorrência de erosão (Figuras 36 e 37).

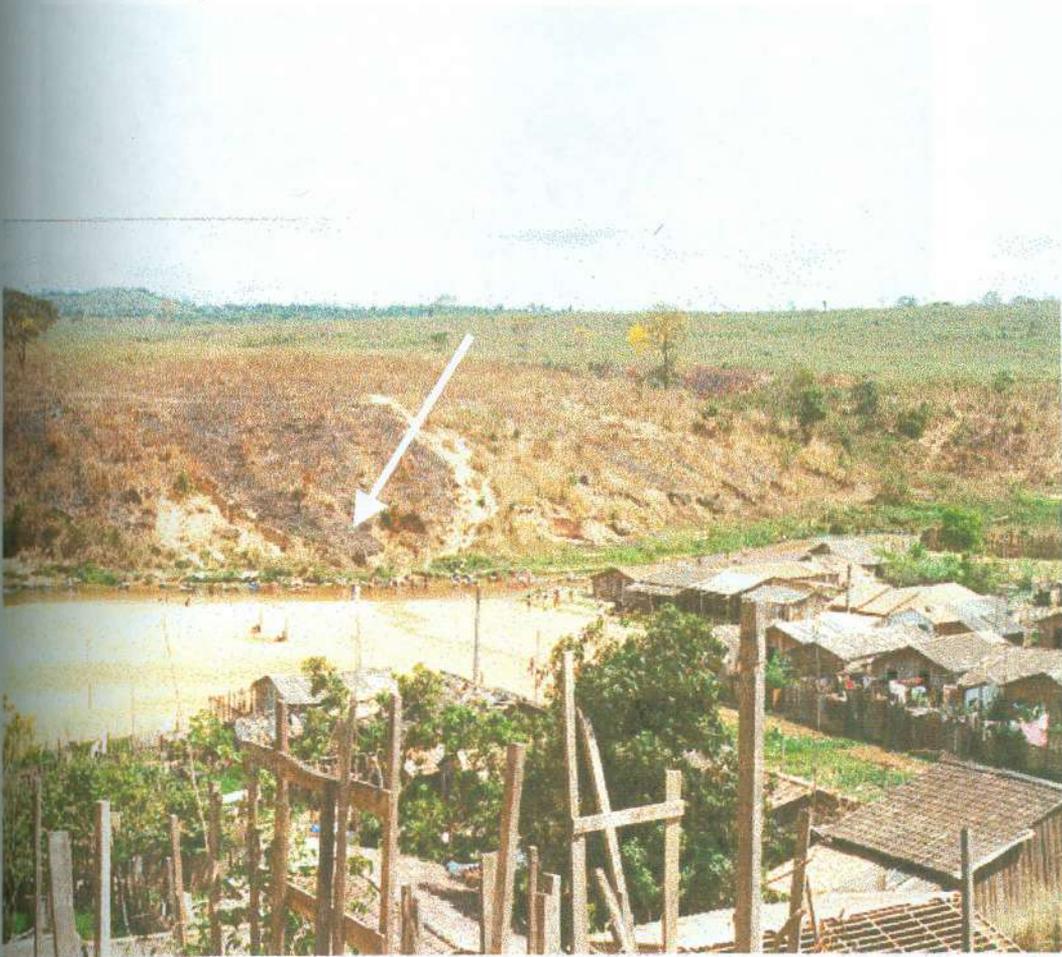


Figura 36 – Voçoroca no bairro do Jacu, lado oeste da cidade. Vista da parte de cima da voçoroca que termina com o assoreamento do rio Jacu. Observar a encosta desmatada com ocorrência de ravinas.

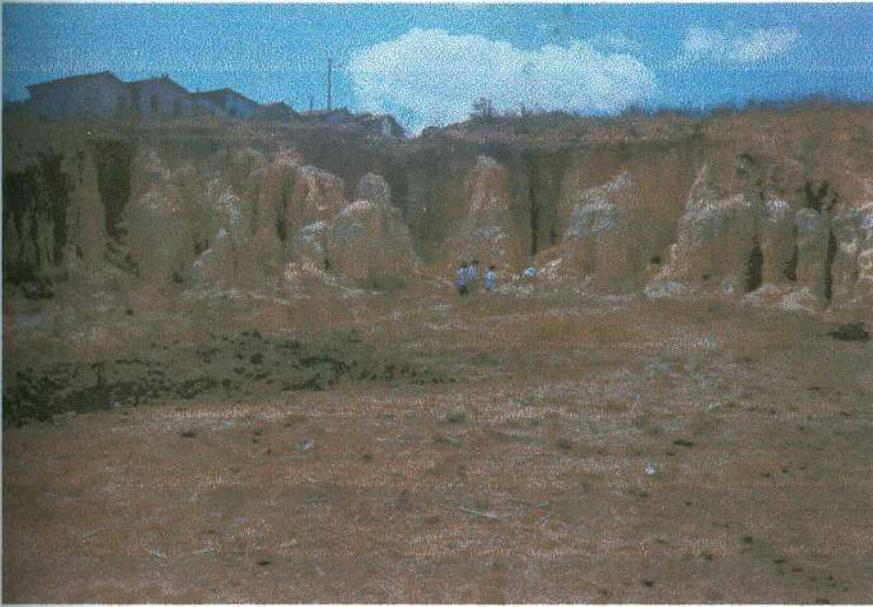


Figura 37 – Vista da voçoroca localizada no bairro Laranjeiras, parte leste da cidade. Região com predomínio do Latossolo.

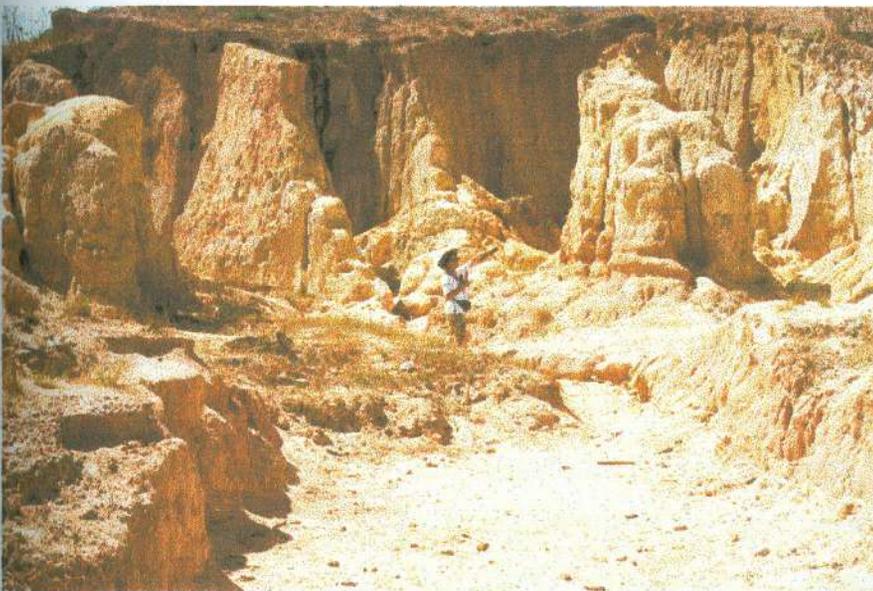


Figura 38 – Vista da voçoroca localizada no bairro Laranjeiras. Grande parte dos sedimentos são transportados para o córrego Boa Esperança.

## 6. ANÁLISE DOS PROCESSOS EROSIVOS

Visando a melhor compreensão entre os fatores físicos e sua relação com os processos erosivos, a análise foi dividida em duas escalas de observação. A primeira, relacionada ao caráter regional, delimitando a porção rural da área de estudo; a segunda, de caráter local delimitada pelo núcleo urbano. Ressalta-se que essa divisão procede, em função do comportamento diferenciado das relações dos fatores sócio-ambientais com a atividade antrópica, que é mais evidente na escala local.

Para a análise dos processos erosivos em escala regional apresentam-se, inicialmente, as relações entre os fatores solos, relevo, geologia, vegetação e uso da terra com a ocorrência dos processos erosivos, baseando-se na caracterização sócio-ambiental. Em seguida, abre-se discussão sobre a dinâmica e evolução das feições erosivas, em função das características do ambiente estudado.

Na área urbana, são analisados os estudos sobre a distribuição e evolução das voçorocas, e os problemas sociais causados pelas voçorocas.

### 6.1 - Processos erosivos nas áreas rurais

#### 6.1.1 - Relações entre os aspectos sócio-ambientais e processos erosivos

A ocorrência de erosão relaciona-se principalmente, mas não só, à retirada da cobertura vegetal para atividades antrópicas, deixando o solo exposto à ação dos processos erosivos. Porém, a retirada da cobertura vegetal sozinha não explica o processo de voçorocamento, caso contrário ele seria comum a todas as áreas desmatadas. Portanto, se não é só a ausência da cobertura vegetal temos que buscar nas características pedológicas, geológicas, geomorfológicas e outras, causas para a sua ocorrência.

Os solos apresentam propriedades físico-químicas que os tornam de alta erodibilidade, onde o relevo apresenta-se compartimentado em níveis de dissecação com declividades que variam de plana a ondulada e com médias e altas encostas. A litologia, predominantemente sedimentar corresponde a área pouco compactada e arenosa que pode refletir, possivelmente, em algumas partes da bacia estruturas resultantes de deformações regionais, favorecendo a ação de processos erosivos, e com isso delimitando os setores potenciais à sua ocorrência. Associa-se ainda, a intensa precipitação concentrada durante três meses do ano (janeiro, fevereiro e março). Todos esses são fatores, que em conjunto com a estrutura sócio-econômica do município (estabelecimento de madeireiras, guserias e siderúrgicas), justificam o surgimento e intensificam o desenvolvimento dos processos erosivos.

As análises granulométricas apresentam-se como um dos fatores determinantes na erodibilidade dos solos, junto com o teor de matéria orgânica. Os estudos mostraram que as areias finas, em geral, predominam em relação à areia grossa. As associações dos solos **LVA1** (Latosolo Vermelho-Amarelo) e **LVA2** (Latosolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico) e dos solos **LA** (Latosolo Amarelo com inclusões de Latossolo Vermelho-Amarelo), apresentam-se com textura mais arenosa em relação aos solos da associação **P** (Argissolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico e Argissolo Amarelo latossólico) que mostram uma textura mais argilosa.

Entretanto, as amostras de solos coletadas dentro das voçorocas (área urbana e rural) mostram o predomínio da fração areia grossa em relação à fração areia fina (Figura 39). Este fato leva a acreditar que a areia fina tenha sido transportada por fluxos de água concentrada. Através do mapeamento e monitoramento realizados em áreas de voçoroca, pôde-se observar a presença constante de um cone deposicional na sua base, constituído basicamente de areia muito fina (Figuras 40 e 41).

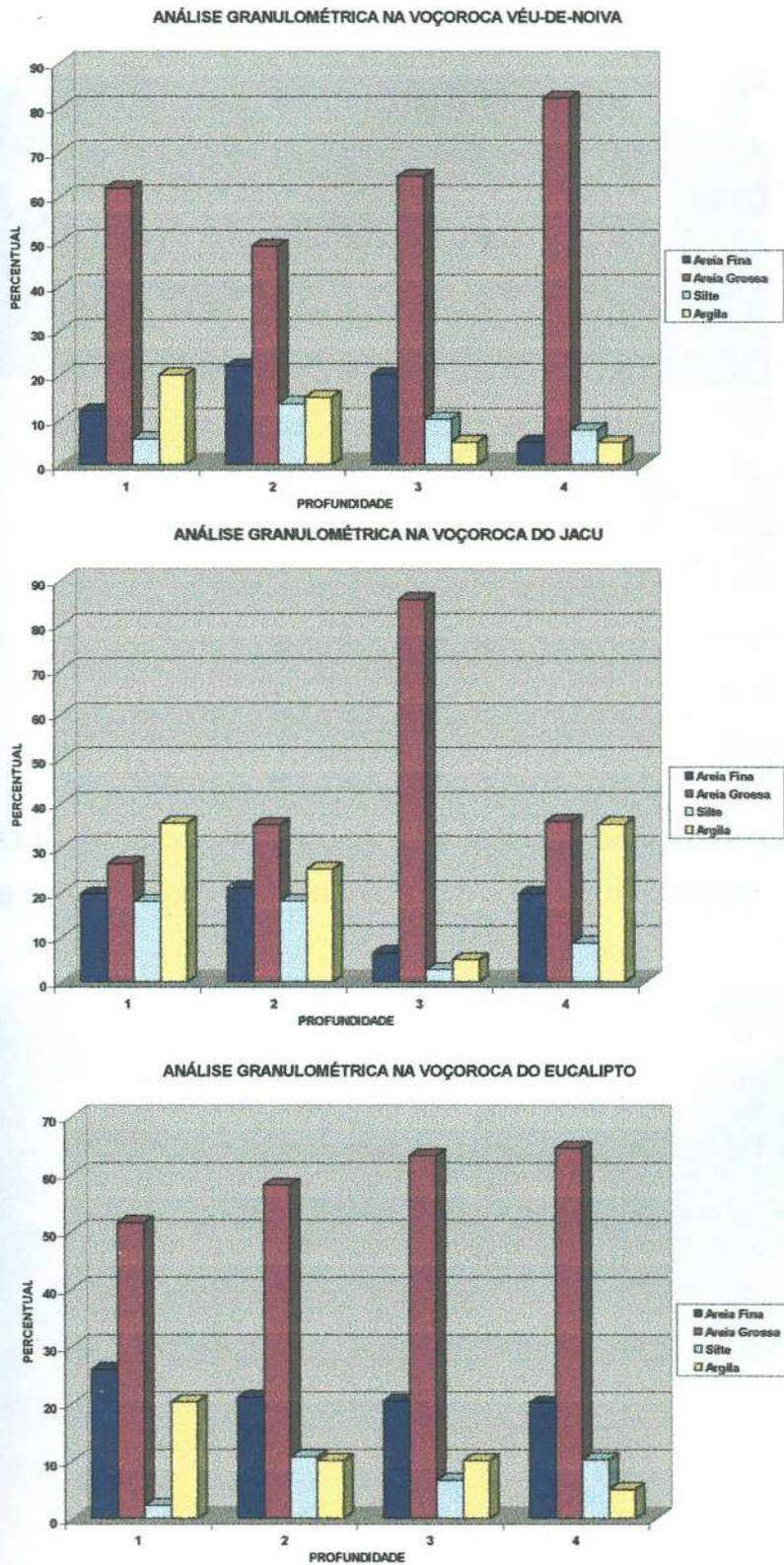


Figura 39 – Representação gráfica da análise granulométrica das voçorocas monitoradas na cidade de Açailândia

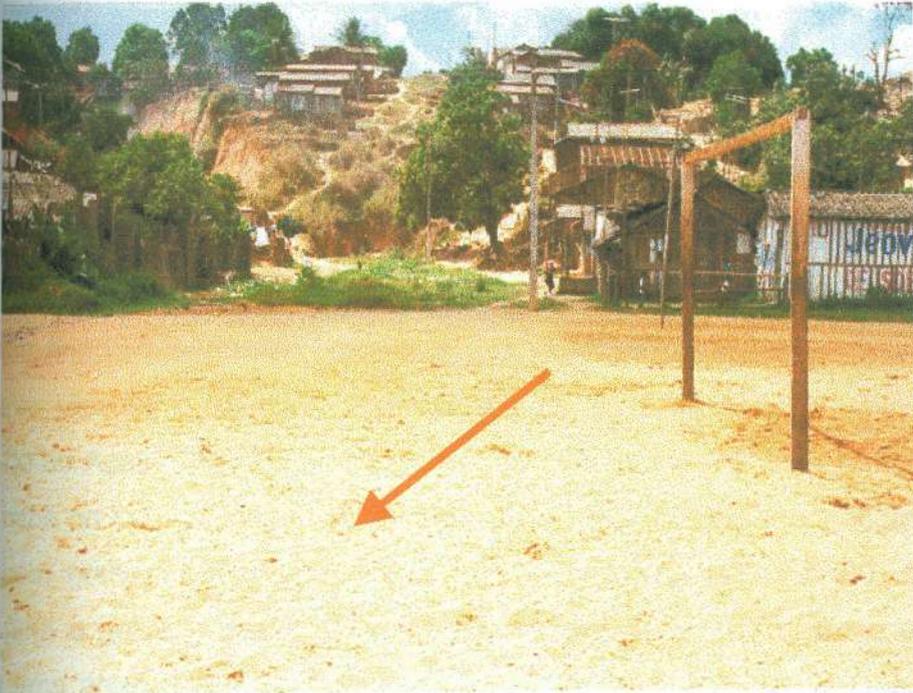


Figura 40 – Vista da voçoroca do Jacu. A seta indica o local de deposição de areia fina em sua base, formando um cone de deposição.



Figura 41 – Assoreamento do rio Jacu, em frente a voçoroca do Jacu.

Com isso, os solos de textura predominantemente arenosa, em conformidade com o baixo teor baixo de matéria orgânica, correspondem aos elementos mais ativos na falta de agregabilidade das partículas do solo. Tal situação se agrava, nos períodos onde os índices pluviométricos são concentrados, entre os meses de dezembro a maio, cujos valores de precipitação são bem mais elevados em relação aos outros meses do ano.

Os gráficos das Figuras 42, 43 e 44 mostram a relação entre os teores de areia fina, areia grossa, silte e argila em Latossolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Vermelho-Amarelo, representativos da área rural do alto curso da bacia do rio Açailândia. Como se pode observar, o teor de areia (fina e grossa) predomina no Latossolo Vermelho-Amarelo, enquanto que os valores de argila aparecem como predominantes no Argissolo Vermelho-Amarelo, apesar da areia (fina e grossa) possuir teores também elevados. Observa-se ainda, que existe uma predominância da areia fina sobre a grossa em ambos os solos. Situação contrária ocorre nas amostras de solos coletadas dentro das voçorocas, como mostra o gráfico da Figura 39.

Localizada em área de relevo dissecado, distribuídos em três níveis topográficos distintos, e inclinados em direção ao centro da bacia, observa-se que a degradação por erosão vem ocorrendo com maior intensidade nas áreas mais baixas (correspondendo ao médio/baixo curso dos rios), onde se verifica que a atividade antrópica é mais intensa.

Através dos trabalhos de mapeamento, em conformidade com os dados de campo, pode-se observar que nos setores onde a declividade do terreno é menor (0 a 8%), estão ocorrendo maior índice de desmatamento e, por sua vez, aparece maior número de feições erosivas. São setores considerados, sob o ponto de vista topográfico, mais propício às atividades de ocupação humana, em relação aos setores de maior declividade do terreno (8 a 20%). Coincidentemente, é possível observar que nas áreas dos setores de menor declividade, ocorre o predomínio dos solos com textura arenosa e, por sua vez, nos setores cuja declividade encontra-se mais elevada (8 a 20%), ocorrem, predominantemente, solos com textura argilosa a média, não sendo, contudo, predominante na área.

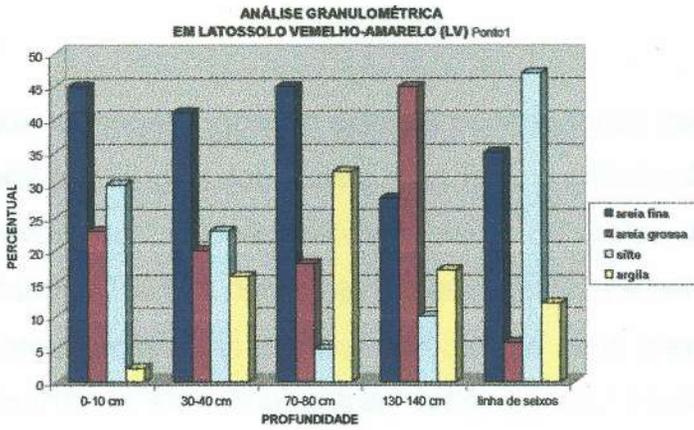


Figura 42 – Representação gráfica da análise granulométrica em Latossolo Amarelo -Ponto 2.

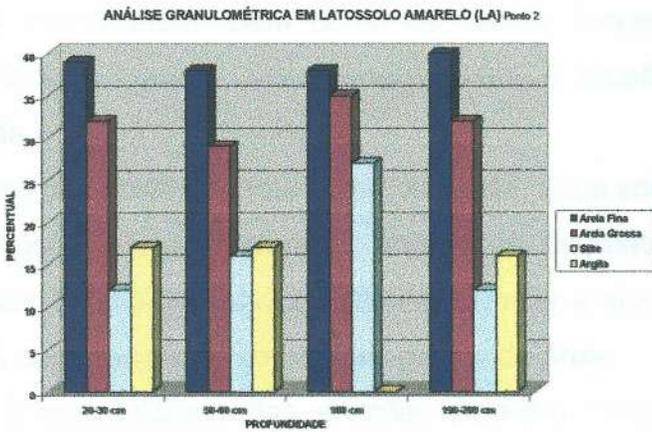


Figura 43 – Representação gráfica da análise granulométrica em Latossolo Vermelho-Amarelo – Ponto 1

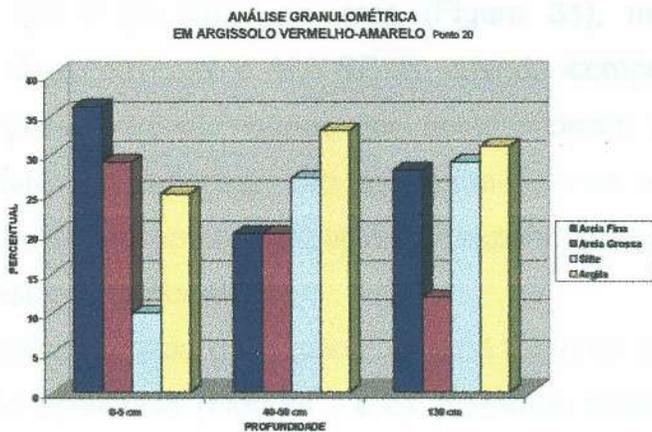


Figura 44 – Representação gráfica da análise granulométrica em Argissolo Vermelho-Amarelo – Ponto 20

Com isso, pode-se afirmar, que em área de ocorrência da associação de Latossolo e *intergrade* com Argissolos, existe uma forte tendência à ocorrência de processos erosivos, em relação à associação de solos Argissolo e *intergrade* com Latossolo. Tal fato demonstra, que as feições erosivas na área não estão diretamente relacionadas às áreas de declive mais elevadas, como tradicionalmente descrito, e sim, que outras variáveis combinadas entre si estão influenciando no processo de erosão na região, ressaltando-se e reforçando-se a idéia de que a granulometria dos solos pode ser um dos fatores preponderantes nesse processo de erosão. Observou-se que os altos teores de areia (que variam de 40 a 80%, sendo 64% o valor médio) e baixos de argila, nos solos identificados, bem como os baixos teores de matéria orgânica, vêm contribuindo para a alta suscetibilidade à erosão em várias partes do alto curso da bacia do rio Açailândia.

Apesar da topografia relativamente plana da bacia, seus solos não estão livres do risco de erosão. Pelo contrário, o índice de desmatamento e os resultados das análises dos solos, serviram para evidenciar a alta erodibilidade desses solos, face às características ambientais gerais da área.

Com relação à possibilidade das erosões estarem condicionadas às feições estruturais impostas pela geologia regional da bacia do Grajaú, não foi possível observar na área do alto curso da bacia do rio Açailândia, associação com estruturas do tipo falhas, fraturas e/ou dobras, identificadas a nível mais regional, por Borges *et al.*, (1997). No entanto, os lineamentos estruturais da rede de drenagem fotointerpretadas na área (Figura 31), marca-se pela preponderância das direções E-W e NW-SE e, quando comparada com o mapeamento das feições erosivas, nota-se que estas ocorrem próximas aos traços estruturais. Estes lineamentos são evidentes apenas em um setor limitado da área, na parte mais central da bacia, correspondendo às áreas mais planas e de relevo bastante dissecado.

Quando se analisa o mapa geológico/estrutural regional que engloba a região da bacia do rio Açailândia (Figuras 2 e 3), podemos observar que esta área corresponde a uma zona próxima da borda da bacia, o que por sua vez, deve se referir a uma área com ocorrência de deformações ligadas ao período

de sua instalação. No entanto, como se tratam de rochas sedimentares sob ação de clima tipicamente tropical, as condições de observações de estruturas a níveis locais fica bastante dificultada. Nesse caso, estudos com maior detalhe são indicados para poder afirmar com mais clareza e informações seguras a possibilidade de ligação dessas feições estruturais estarem ou não condicionando a ocorrência dos processos erosivos nessa região, especificamente.

Por essas considerações admite-se, que haja uma certa ligação das ocorrências das feições erosivas, com as orientações estruturais de caráter mais regional da Bacia do Grajaú. Ressalta-se que este fato isolado não explica o quadro de degradação que vem ocorrendo na região, mas como mencionado anteriormente, ele se associa aos outros aspectos ambientais e sociais já levantados neste trabalho para o agravamento do quadro.

Segundo Guerra (1998 e 1999), a erosão dos solos no Brasil está associada às propriedades dos solos e às condições climáticas. Esses fatores quando associados com desmatamento, uso agrícola da terra e às queimadas intensificam e aceleram a ação do processo erosivo. Essa combinação de fatores físicos e sociais, quase sempre leva à ocorrência de processos erosivos acelerados.

Para o alto curso da bacia do rio Açailândia, o rápido crescimento urbano, associado à industrialização, ao desmatamento, às queimadas, às condições pedológicas, geomorfológicas, geológicas e climáticas, têm sido responsáveis pelo aumento da erodibilidade dos solos, propiciando um quadro de significativa degradação. Enquanto na década de 70, a população do então povoado de Açailândia era de 2.107 habitantes, em 1981, quando o município foi criado, já era de 52.455 habitantes e, em 1996, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE), já atingia 102.609 pessoas, ou seja, sua população total duplicou, em um período de apenas 20 anos.

Com isso, esse quadro vem reforçar a hipótese inicialmente levantada na pesquisa, de que as mudanças sociais verificadas, tanto na área rural como urbana de Açailândia, em conjunto com as mudanças ocorridas nas características físicas, são os grandes responsáveis pela ocorrência de

processos erosivos, conferindo um quadro local de alta suscetibilidade à erosão (Figura 45).



Figura 45 – Fatores ambientais que influenciam na erosão dos solos em Açailândia

#### 6.1.2- Dinâmica dos processos erosivos em função das características do ambiente

A erosão dos solos é apontada por diversos autores como um fenômeno hídrico envolvendo diversos tipos de agentes e mecanismos, podendo ainda se apresentar de diversas formas (Horton, 1945; Fiori e Soares, 1976; Bigarella e Mazuchovski, 1985; Dunne, 1990; Guerra, 1998). A erosão laminar corresponde ao primeiro estágio, podendo evoluir para voçorocas,

dependendo da forma e do grau de atuação dos fatores físicos e sociais envolvidos no sistema.

Considerando todas as variáveis ambientais descritas como atuantes e preponderantes na ocorrência de erosão (tanto laminar como em voçorocas) na área do alto curso da bacia do rio Açailândia, levantamos a hipótese de que o principal mecanismo de erosão atuante seja o escoamento por águas superficiais. Isso se deve em função das características regionais identificadas, no qual está inserida a área da bacia. As formas erosivas encontradas correspondem à erosão laminar e linear (sulco, ravina e voçoroca). A erosão laminar é identificada principalmente nas áreas de relevo menos dissecado, em solos mais argilosos; sendo que a erosão linear, pode ser encontrada em todos os tipos de solos e relevo identificados na área de estudo, exceto naqueles situados nas planícies de inundação e terraços (Figuras 46, 47, 48 e 49).

Nos meses mais chuvosos, as águas que escoam das encostas podem dar origem a sulcos, que favorecidos pelas características do ambiente, evoluem para ravinas até transformarem-se em voçorocas. Este processo vem ocorrendo em várias escalas de observação.

De acordo com Kirkby e Chorley (1967) nas formas topográficas, os *hollows* correspondem a uma das zonas de maior concentração de fluxos, independentemente de ser côncava ou convexa. Essa região congrega os mecanismos atuantes na ocorrência de processos erosivos, particularmente, onde a anisotropia do solo for também marcante.

O escoamento superficial corresponde a um dos principais mecanismos responsáveis pela erosão em ravinas e voçorocas. Ao convergir para as zonas de convergência de fluxos, se transforma em fluxo concentrado dando início às incisões lineares (Guerra, 1999; Oliveira, 1999). Conforme Guerra (1998), esse processo terá evidência em função das várias características físicas, químicas e morfológicas apresentadas pelo solo, além das condições climáticas e do uso da terra.

No caso de Açailândia, o processo erosivo atua através do escoamento superficial das águas, nas áreas onde ocorrem convergência de fluxos (*hollows*). A partir daí, tem-se o início da incisão linear que se maximiza,

principalmente, em função das características do solo, do tipo de uso e das condições climáticas da região. Durante o processo, as partículas de areias

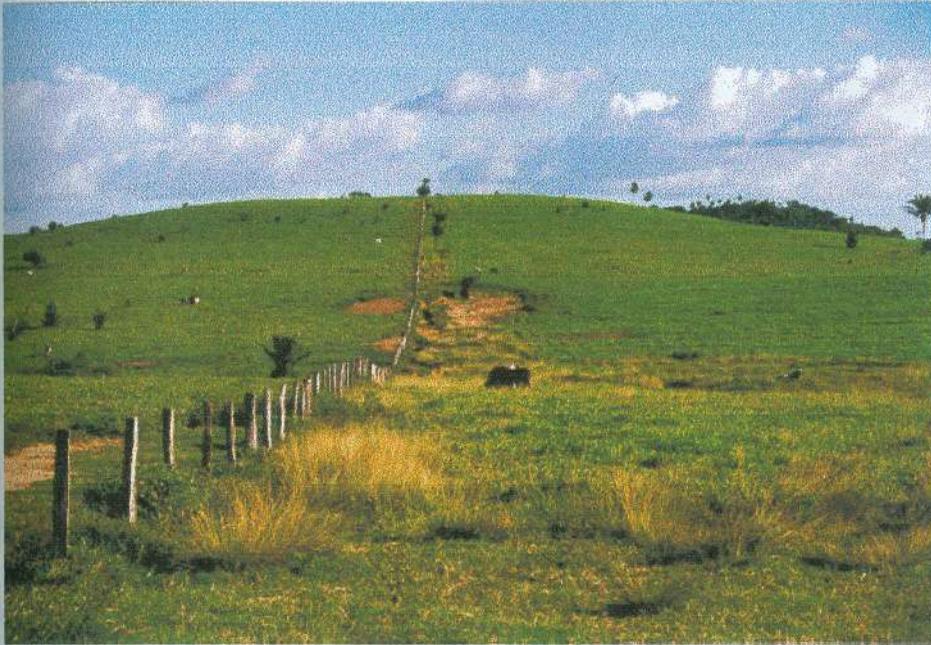


Figura 46 – Erosão laminar em Argissolo Vermelho-Amarelo.  
Zona rural, parte oeste da área



Figura 47 – Corte de estrada na BR-010, próximo à cidade de Açailândia. Erosão em ravina no Latossolo Vermelho-Amarelo.



Figura 48 – Erosão em voçoroca no Latossolo Amarelo, zona rural.

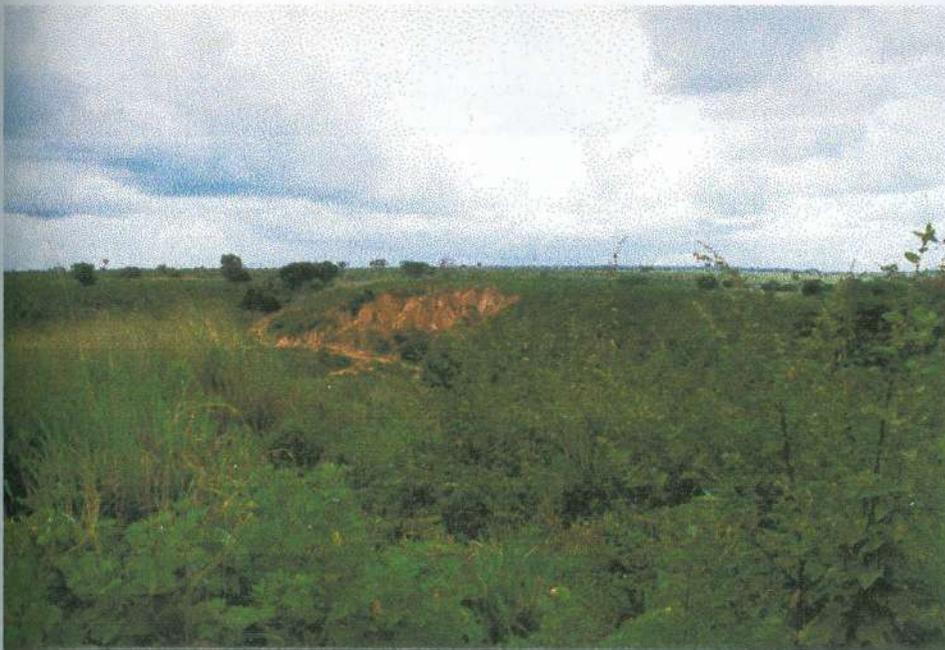


Figura 49 – Erosão em voçoroca no Latossolo Vermelho-Amarelo, zona rural.

mais finas são carregadas para a base das incisões, formando um cone de deposição composta essencialmente de areia muito fina (Figura 50).

O processo erosivo causado pela água da chuva, principalmente entre os meses de dezembro a maio, tende a se acelerar, à medida que as terras são desmatadas. Pode-se observar a ação do escoamento superficial, também nas proximidades das rodovias e ferrovias, nos trechos onde possuem inclinação formando os vales. Com isso, a paisagem da região torna-se alterada devido à grande carga de sedimentos carregada para os rios que circundam as áreas com erosão.

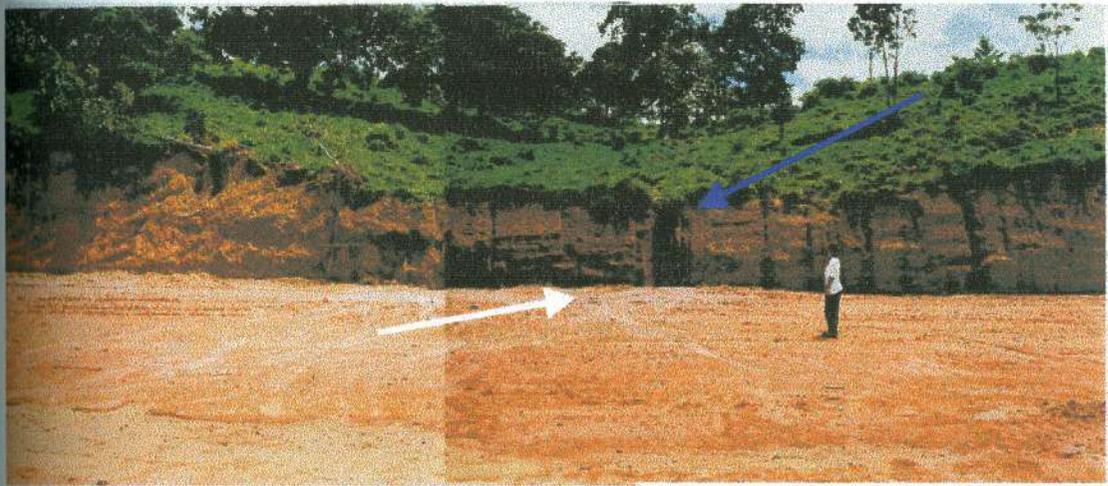


Figura 50 – Representação a nível de afloramento da ação do processo erosivo pelo escoamento superficial das águas, nas áreas onde ocorrem convergências de fluxos (*hollows*). A seta azul indica o local onde ocorre a incisão linear e a seta branca indica a formação de um cone de deposição de areia muito fina na base da incisão.

É importante ressaltar, que esse tipo de processo erosivo, em geral, vem ocorrendo nas encostas com baixa declividade (3 a 12%), correspondendo às áreas mais dissecadas do relevo, nas regiões onde os solos apresentam textura mais arenosa a média. Em contrapartida, nas encostas mais elevadas da bacia, os solos apresentam textura mais argilosa, o

que dificulta a quebra dos agregados e seu transporte pelo escoamento superficial.

O índice de desmatamento e os resultados das análises dos solos, serviram para evidenciar a sua alta erodibilidade. Os altos teores de areia e baixos de argila, bem como os baixos teores de matéria orgânica, estão contribuindo para a alta erodibilidade de algumas partes da bacia.

Nas áreas com maior cobertura de vegetação (mesmo que de mata secundária), as águas da chuva que caem sobre os terrenos potencialmente arenosos, encontram maior capacidade para a infiltração, o que deve contribuir, no abastecimento dos aquíferos nos períodos chuvosos.

Nas encostas mais desprovidas de vegetação, existe uma tendência para que as águas de escoamento superficial iniciem o transporte dos sedimentos mais finos, deixando os mais grosseiros, em função das dificuldades de transporte. Cabe ressaltar, no entanto, o que vem determinando a ocorrência e o maior ou menor tempo para o desenvolvimento desse processo, são o tipo de solo, relevo, e principalmente, o uso da terra.

Pelos dados obtidos das análises das amostras de solos e observações de campo, pode-se constatar que os setores onde há ocorrência da associação de Latossolos correspondem às áreas potencialmente propensas ao surgimento de erosão. Estes solos apresentam textura bastante arenosa, e com intensa ocupação do solo por atividades antrópicas. Por outro lado, nas áreas onde há ocorrência de Argissolos, a propensão para a ocorrência de erosão é menor, em função das suas características texturais, e por apresentarem menor ocupação por atividades antrópicas.

Apesar do levantamento das feições erosivas, realizadas durante o período que compreendeu a pesquisa, mostrarem a sua ocorrência ao longo de toda a área, a predominância, está no núcleo urbano (como será visto mais adiante), em áreas de pastagem (Figuras 46, 48 e 49) e ao longo dos trechos da rodovia BR-222 (Figuras 51 e 52) e da Estrada de Ferro Carajás (Figura 53).

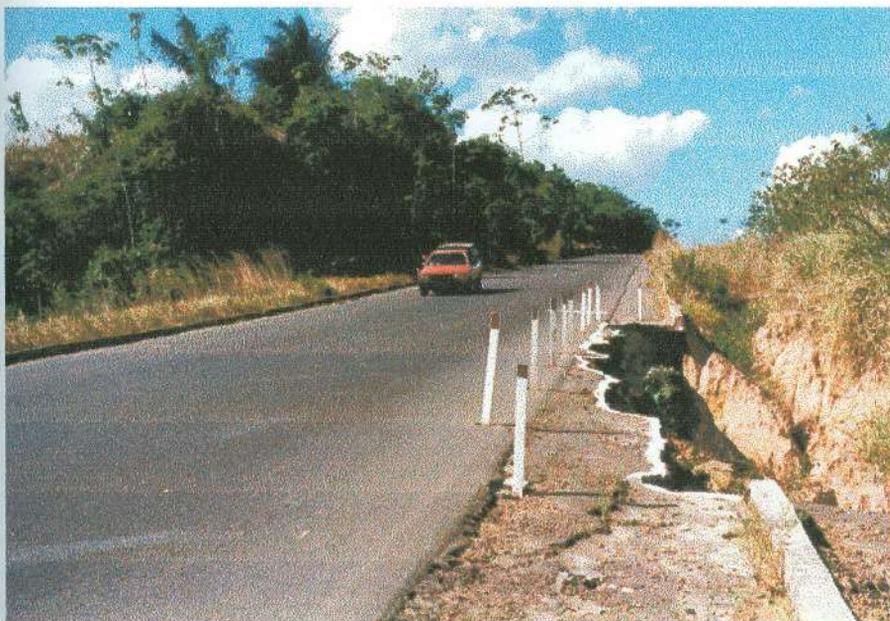


Figura 51 – Erosão na rodovia BR-222 que liga a cidade de Açailândia a São Luís. Os piquetes são colocados para se evitar acidentes.



Figura 52 – Erosão e desmoronamento na rodovia BR-222. A região é constituída de Latossolo Vermelho-Amarelo.

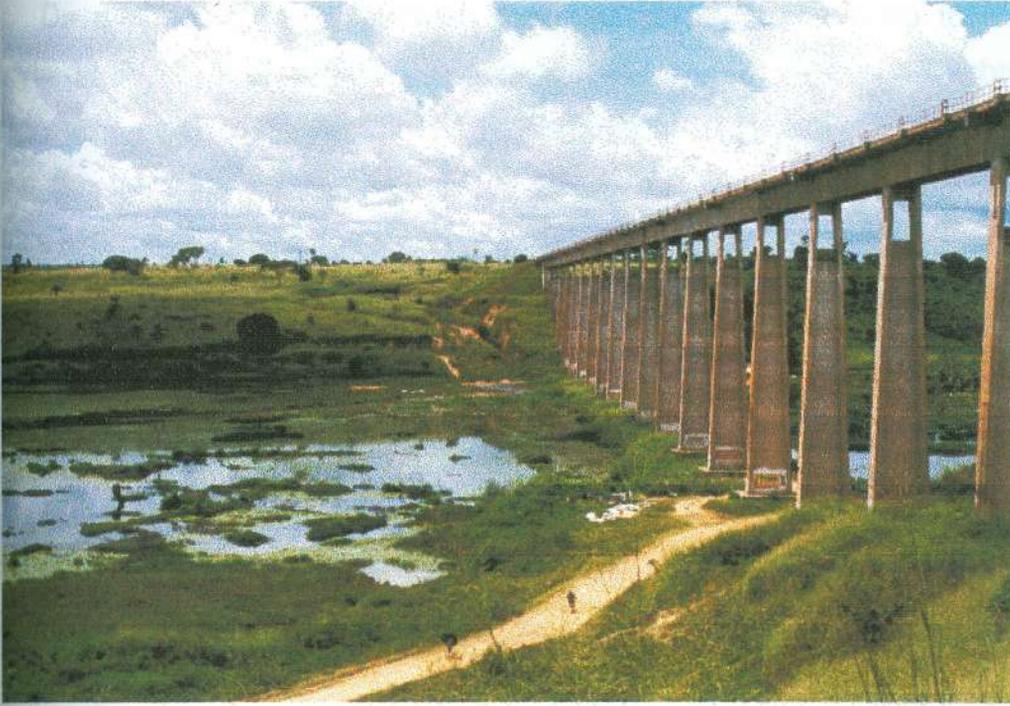


Figura 53 – Ponte sobre o córrego Água Branca para a passagem do trem. Observar à esquerda da ponte uma erosão que ameaça a sua construção, que inclusive está sendo monitorada pela CVRD.

A rodovia BR-222, corta transversalmente todos os setores de relevo da bacia (que correspondem às três fácies de dissecação), em área onde ocorrem a associação dos solos **LVA1**, **LVA2**, **LA** e **P**. Em vários trechos, as formas erosivas podem ganhar dimensões preocupantes, em função do trajeto dos carros que passam pela pista. Em topografia tipicamente colinosa, essa rodovia corta a região, facilitando o escoamento das águas pluviais, em direção aos fundos dos vales, fechando a passagem dos rios intermitentes (temporários).

A água que escoar da parte mais alta da encosta, geralmente sem vegetação, carrega grande quantidade de sedimentos, provocando desbarrancamento e, conseqüentemente, o assoreamento do fundo desses vales. Quando a água volta ao seu leito do rio, naturalmente vindo da nascente, começa a “forçar” a estrada, provocando rachaduras, até sua quebra, facilitando com isso, o surgimento da voçoroca.

Da mesma maneira, pode-se observar esse fenômeno no trajeto da Estrada de Ferro Carajás (EFC), sendo aqui observado, apenas o trecho que passa pelo município de Açailândia. Nesta região, a ferrovia apesar de correr quase que em paralelo aos setores de relevo da bacia, por onde ela passa sobre a associação dos solos **LVA2**, a possibilidade de aparecerem a incidência de erosão é maior. Um dos pontos críticos que se pode observar, está localizado na encosta do vale do córrego Água Branca, por onde essa linha férrea cruza em direção à São Luís.

Preocupados com o desenvolvimento da voçoroca que ali se estabeleceu, funcionários da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) iniciaram o seu monitoramento com técnicas bastante modernas, com a intenção de prever o seu alargamento e direção, pois existe a preocupação com o desabamento da linha férrea.

Tal situação, também pode ser observada nas estradas vicinais, construídas sem projetos e raramente possuem drenos transversais e valas laterais, além de conservação precária na maioria dos casos, o que vem favorecendo o surgimento dos processos erosivos devido às características ambientais da região (Figura 54).

Outra observação importante associa-se à ocorrência preferencial de processos erosivos, ao longo das faixas de transição entre as fácies de dissecação e próximo às áreas que correspondem a lineamento de drenagem fotointerpretadas. Tal fato pode estar indicando, que mesmo de maneira gradacional, as mudanças na forma do relevo correspondem a um elemento indicativo para a erodibilidade dos solos, junto com as feições estruturais e os outros fatores já mencionados anteriormente. Ressalta-se que estas faixas não estão representadas no mapa geomorfológico, que apresenta a mudança gradacional entre as formas do relevo (Figura 55).

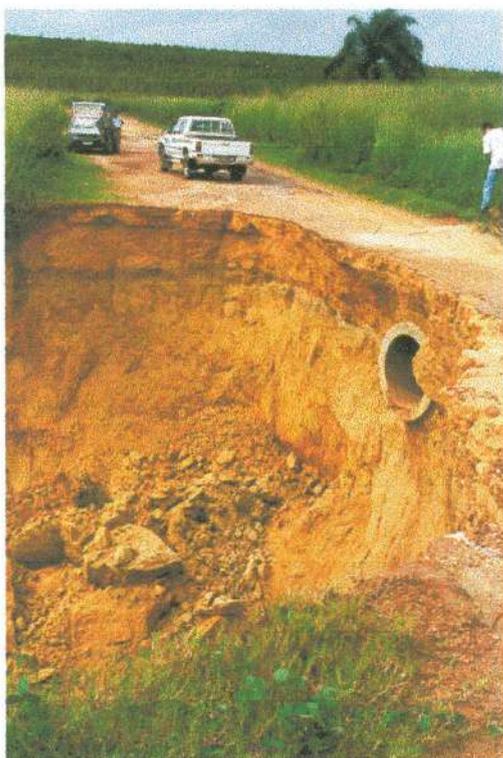


Figura 54 – Erosão na estrada vicinal com desmoronamento e quebra de dreno.

## 6.2 – Processos erosivos em área urbana

### 6.2.1 – Distribuição e evolução das voçorocas

Em 1994, o mapeamento da área urbana de Açailândia constatou a presença de doze voçorocas (Figura 56). Três delas foram selecionadas para pesquisa, obedecendo a critérios como facilidade de acesso, presença ou ausência de vegetação e interferência humana direta na área (Alencar, 1994; Guerra *et al.*, 1995; Marçal *et al.*, 1996; Silva, 1996). Optou-se ainda, por situações erosivas com características distintas, para avaliar melhor sua origem e evolução. As voçorocas selecionadas foram denominadas de voçoroca do Jacu, voçoroca do Eucalipto e voçoroca Véu-de-Noiva. Ressalta-se, que a partir de 1994, até o último trabalho de campo realizado em dezembro de 1999,

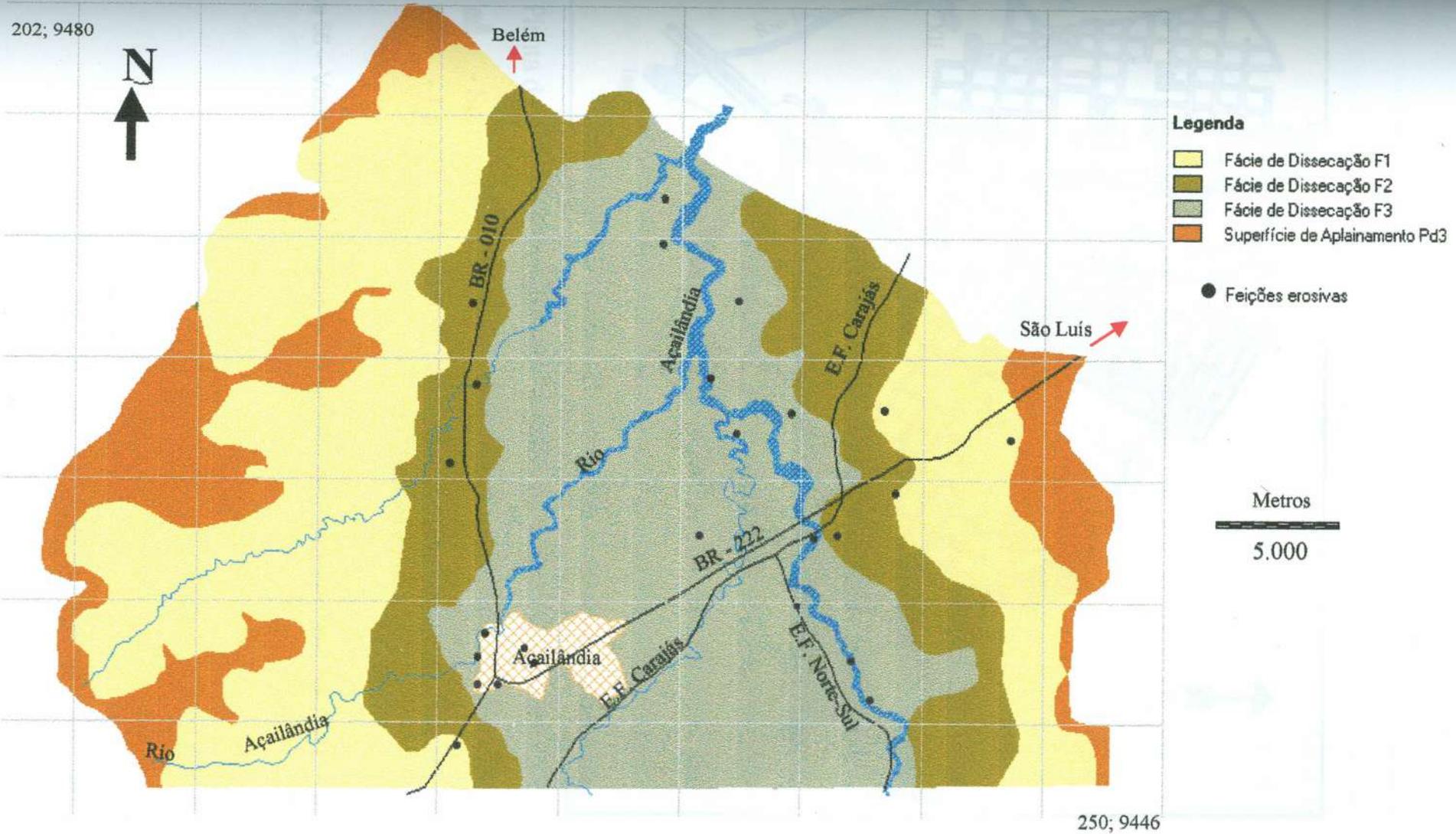


Figura 55 - Mapa Geomorfológico e Feições Erosivas do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia



as erosões mapeadas aumentaram tanto em profundidade como em largura, sendo que poucas permanecem ou foram soterradas. A cidade apresenta outro número de ocorrência de feições erosivas que se somam as já existentes e se estabelecem, principalmente, nas bordas das vertentes voltadas para os dois córregos que circundam a cidade, nas áreas periféricas ao centro .

A primeira voçoroca monitorada, uma das mais antigas, está situada no bairro periférico do Jacu, em uma das colinas que limitam o sítio urbano, próximo ao vale do rio que recebe o mesmo nome (Jacu), que está sendo completamente assoreado pelo material resultante das voçorocas. Várias ruas (como a Pedro Álvares Cabral e a Moamari) foram destruídas por gigantescas e profundas erosões, que evoluem em direção ao centro do bairro. Os primeiros sinais de erosão na área datam de 1983, segundo relato dos moradores (Figura 57).

Além da destruição de ruas, o bairro também convive com desmoronamento de casas e com o lixo que a própria população deposita nesses "buracos", por falta de orientação e de infra-estrutura urbana, causando doenças como infecções e dermatites, principalmente nas crianças (Figuras 58, 59, 60 e 61).

As voçorocas do Eucalipto e Véu-de-Noiva situam-se às margens do córrego Boa Esperança, onde a declividade varia de dois a cinco graus. A do Eucalipto ganhou esse nome porque sua cabeceira foi reflorestada com esse tipo de árvore (Figura 62). Já o nome Véu-de-Noiva surgiu a partir do formato assumido pela queda do esgoto despejado de um cano que termina em seu interior (Figuras 63, 64 e 65). Segundo informações locais é composto por um produto químico não-identificado, usado no combate ao cupim, lançado diretamente no córrego Boa Esperança e pode trazer conseqüências à população que utiliza a água do córrego para o abastecimento doméstico.

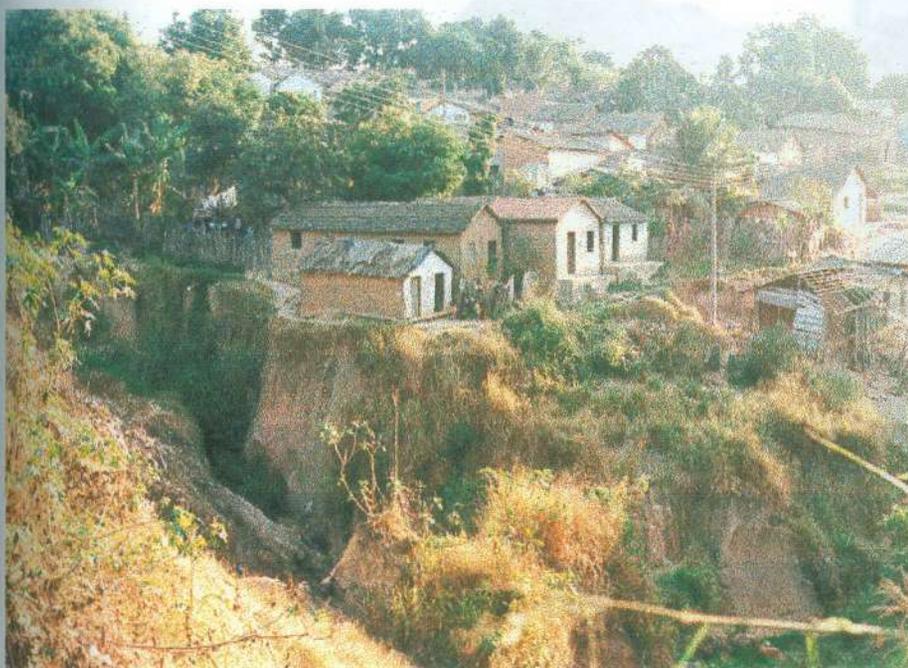


Figura 57 – Vista da voçoroca do Jacu. O local da erosão correspondia ao cruzamento das ruas Pedro Álvares Cabral e Moamari. Foto: Alan Guimarães. Agosto/95.

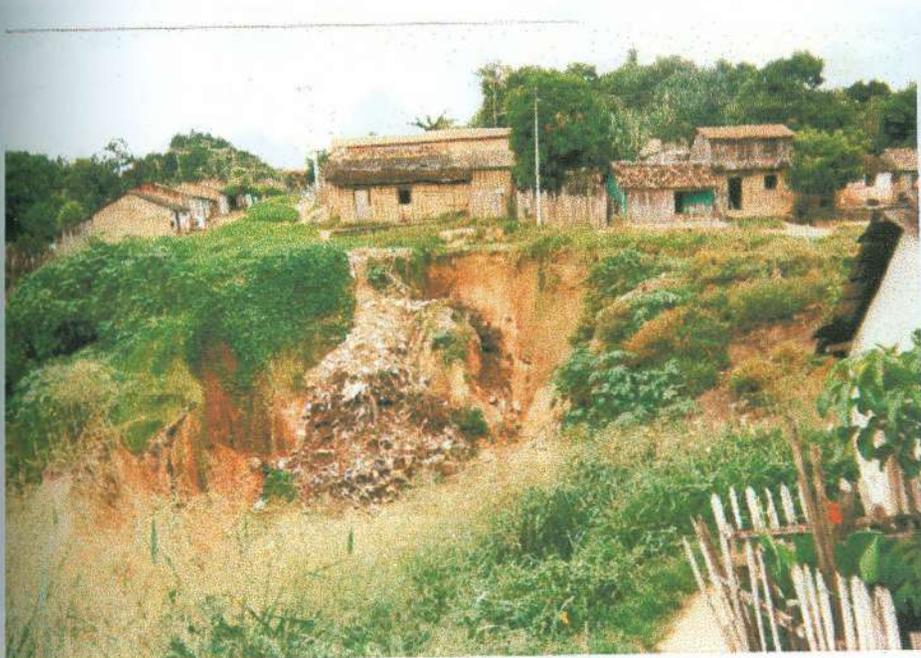


Figura 58 – Vista da voçoroca do Jacu. A população local utiliza o “buraco” para despejar lixo. Agosto/97.



Figura 59 – Casa condenada na voçoroca do Jacu devido ao desabamento causado pela erosão. A casa ao lado marcada com "X" vermelho está condenada pela Defesa Civil. Foto: Elis Miranda. Julho/97.

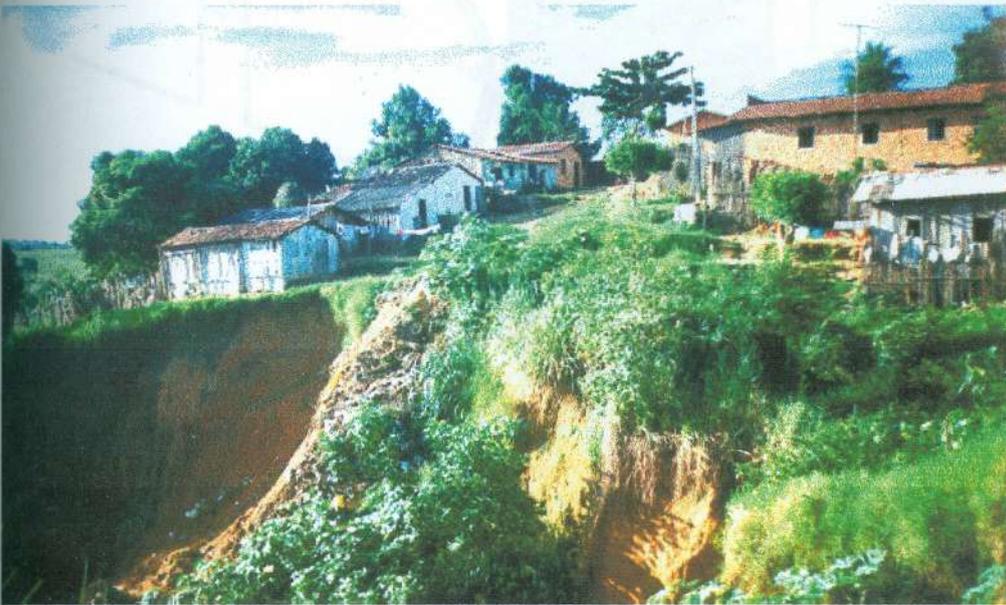


Figura 60 – Vista da voçoroca do Jacu. As casas são ameaçadas pelo avanço da erosão e a população despeja lixo no "buraco". Dezembro/99.

Figura 61 – Monitoramento da voçoroca do Jacu

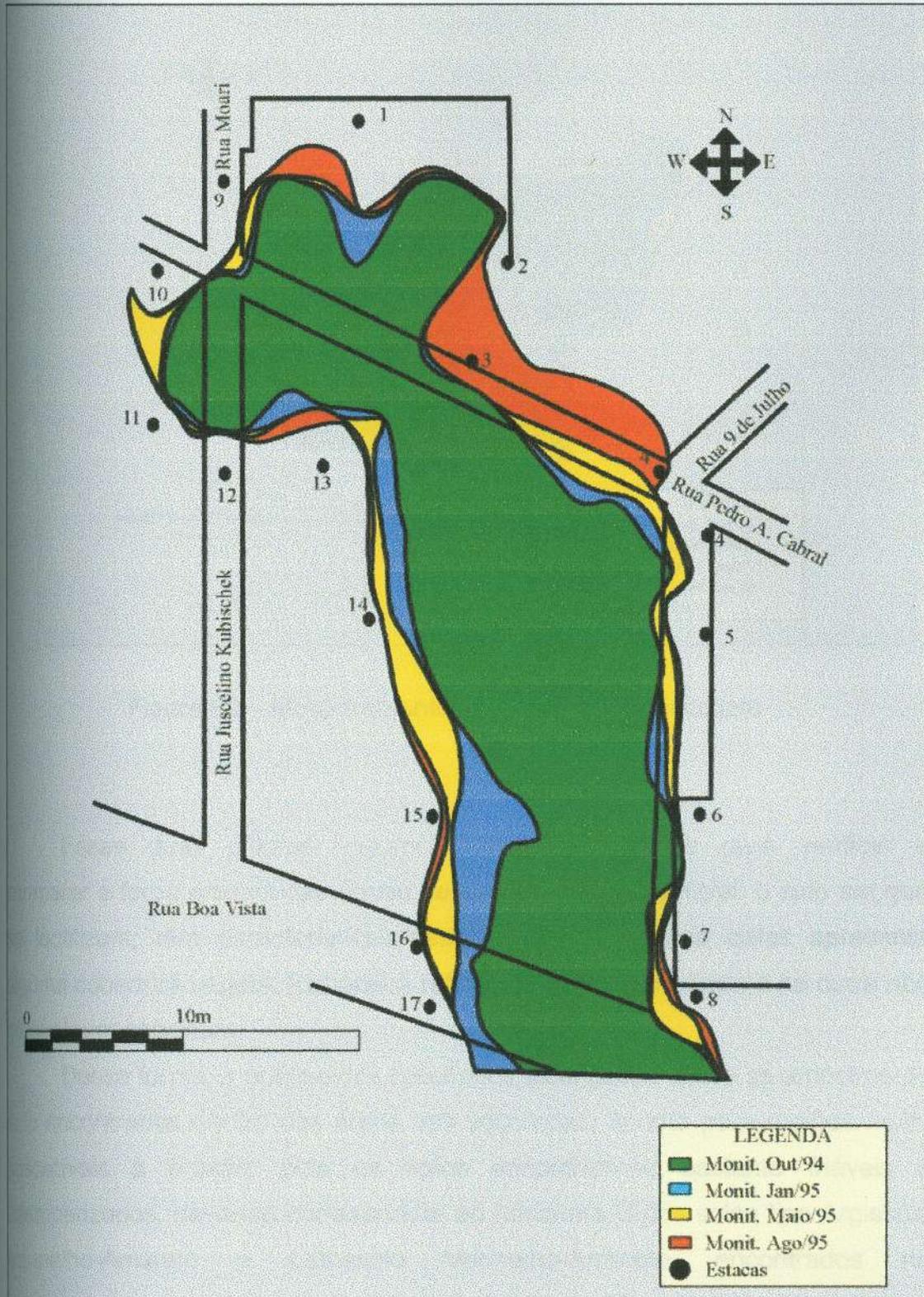


Figura 61 – Monitoramento da voçoroca do Jacu

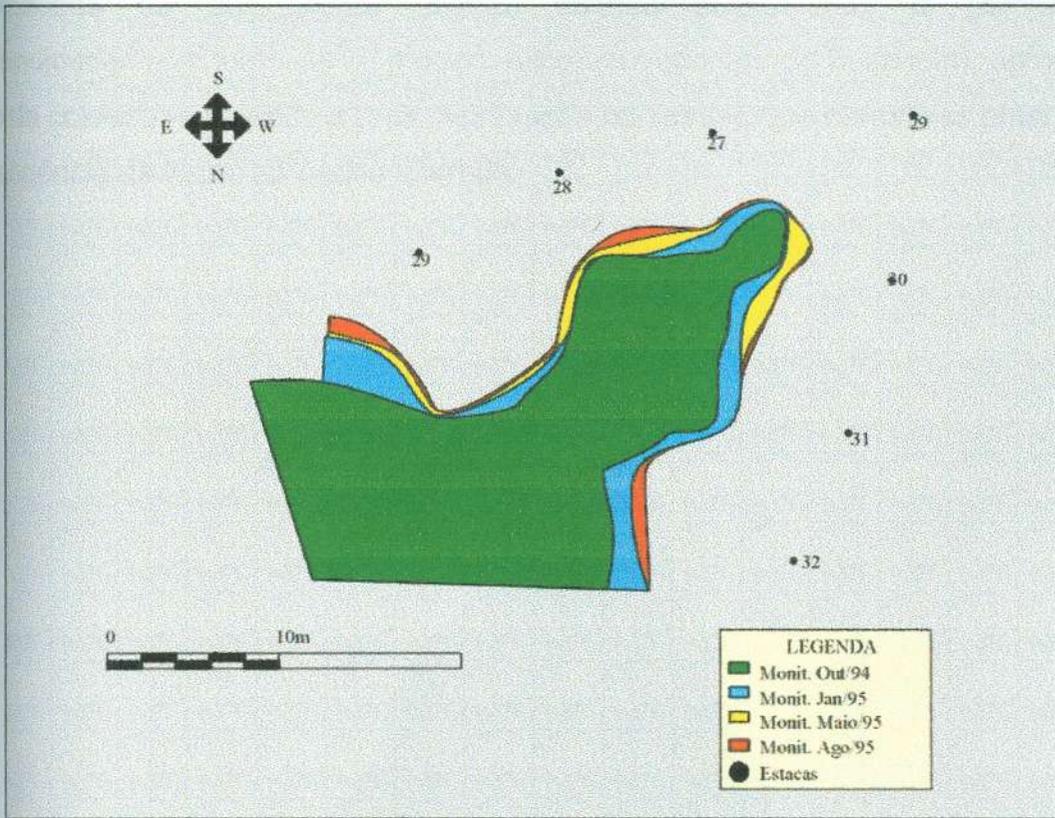


Figura 62 – Monitoramento da voçoroca do Eucalipto

Essas duas últimas voçorocas foram escolhidas para verificar e comparar a força erosiva das águas de escoamento superficial: o solo em que se localizam, têm características semelhantes, mas uma delas apresenta alguma cobertura vegetal (cabeceira reflorestada com eucalipto) e na outra não há qualquer cobertura.

Dessa forma, a análise dos resultados alcançados sobre as amostras de solo encontradas dentro das áreas das voçorocas, aponta para regiões muito suscetíveis à erosão, pois os solos encontram-se bastante friáveis e intemperizados, devendo corresponder ao horizonte B dos solos tipo Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo, encontrados no mapeamento para a área da bacia estudada (Figura 7).

A coleta de amostra de solos foi realizada dentro das áreas das voçorocas. Em função das dificuldades encontradas, face à intensa

degradação da área (lixo, esgoto, desabamentos, etc.) e grandes profundidades (em torno de 10 metros, exceto a voçoroca do Eucalipto), optou-se pela coleta obedecendo a uma distribuição horizontal, que permitisse obter a abrangência de todas as partes internas.

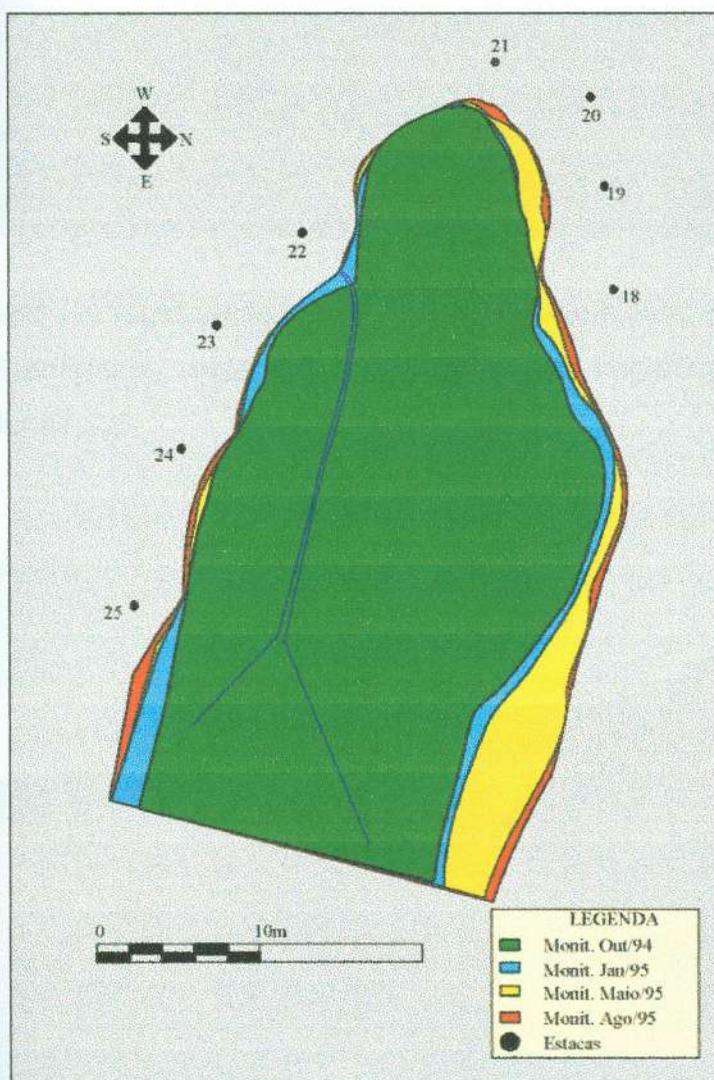


Figura 63 – Monitoramento da voçoroca Vêu-de-Noiva

Na voçoroca do Jacu, o solo encontrado corresponde ao Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA1). As análises granulométricas realizadas mostram o predomínio da fração areia grossa em relação à areia fina. O teor de areia total varia de 46,3% (na única amostra abaixo de 50%) até 92,2%. A textura varia



Figura 64 – Seta (1) localização da voçoroca Véu-de-Noiva, seta (2) serraria Gramacosa, seta (3) localização da voçoroca do eucalpto. Janeiro/95.



Figura 65 – Voçoroca Véu-de-Noiva, desprovida de vegetação com profundidade média de 15 metros. Agosto/97.

de argilo-arenosa a arenosa. De acordo com os critérios do Centro Nacional de Pesquisas dos Solos (EMBRAPA, 1999), o solo encontra-se fortemente ácido (pH entre 4,4 e 5,1) podendo apresentar-se extremamente ácido (pH 3,3). O percentual de matéria orgânica encontrado é baixo, variando de 0,98% a 2,39% (Tabelas 9 e 10).

Nas voçorocas do Eucalipto e Véu-de-Noiva, o solo encontrado corresponde à associação do Argissolo Vermelho Amarelo, Argissolo Vermelho Amarelo latossólico, Argissolo Amarelo e Argissolo Amarelo latossólico (P).

Nas duas áreas ocorre, também, o predomínio da areia grossa sobre a fina. O teor de areia total varia de 77,4 % a 83,7 % na voçoroca do Eucalipto e 54,4% a 87,2% na voçoroca Véu-de-Noiva. Estes valores mostram uma textura que varia de franco-arenosa a areia franca nas duas voçorocas.

Com relação ao pH, na voçoroca do Eucalipto apresenta-se moderadamente a fortemente ácido (pH de 5,8 e 4,4) podendo apresentar-se moderadamente alcalino (pH de 7,4). Estes valores talvez estejam relacionados à presença de vegetação na área; já na voçoroca Véu-de-Noiva, o solo encontra-se fortemente ácido (pH entre 4,5 e 5,3) e moderadamente ácido (pH entre 6,0 e 6,2). Os valores de matéria orgânica para a voçoroca do Eucalipto variam de 1,55% a 3,66%, enquanto que na voçoroca Véu-de-Noiva variam de 1,41% a 3,10% (Tabelas 9 e 10).

Os dados encontrados nas três áreas estudadas comprovam a grande suscetibilidade à erosão. Com menos de 2% de matéria orgânica no solo, os agregados quebram-se, liberando materiais que preenchem os poros existentes junto à superfície tornando-se crostas, o que aumenta a densidade aparente e reduz a capacidade de infiltração (Guerra, 1998). Isso favorece o escoamento superficial e, portanto, amplia a capacidade erosiva (Morgan, 1984; Guerra, 1998 e 1999).

Outra propriedade do solo, também de grande influência para a erodibilidade, é sua característica textural (Morgan, 1986; De Ploey e Poesen, 1988; Guerra, 1998). A exemplo do que ocorre na área rural, as amostras coletadas nas voçorocas, o teor de areia, silte e argila apresentam-se em alta discordância, prevalecendo o grande percentual de areia grossa sobre a fina, a

qual não exerce a propriedade de coesão e agregação do solo proporcionado pela argila. Isto sugere que a fração da areia fina foi transportada para fora da voçoroca pelo fluxo de água concentrado, como constatado pela presença de um cone deposicional na base das voçorocas constituído de areia fina (Figura 50).

As medições realizadas nos quatro monitoramentos revelaram que, em cerca de um ano, os desmoronamentos avançaram em alguns pontos das voçorocas. Na voçoroca do Jacu, a erosão é maior no lado nordeste (Figura 61), o que pode ser explicado, provavelmente, pela preferência da erosão no desmoronamento de zonas de convergência de fluxos, que no caso, seriam as águas servidas que escorrem pelo traçado das ruas. A outra possibilidade está associada à mudança da constituição do solo nessa direção: redução do teor de silte, e aumento do teor de areia grossa. Ao longo da voçoroca do Jacu, também foram obtidos índices de matéria orgânica mais baixos do que nas outras duas, situadas em áreas de menor expansão urbana.

Observando a figura 61, verifica-se ainda que a expansão da voçoroca do Jacu ocorreu de forma proporcional durante os meses em que foi monitorada. Apenas no mês de agosto de 1995 sua expansão foi maior, coincidindo com índice zero de pluviosidade (Tabela 1), indicando que seu avanço acelerado pode estar associado a outros fatores, além das fortes chuvas de verão. A derrubada de casas condenadas pela Defesa Civil e pelos moradores e o escoamento das águas servidas, muito comum na área, favorecem o avanço e desmoronamentos na área.

O menor crescimento das voçorocas do Eucalipto e Vêu-de-Noiva (Figuras 62 e 63) pode ser atribuído à relativa ausência de moradias nas proximidades. Comparando ambas, verifica-se que o desmoronamento por atividade erosiva avançou um pouco mais na voçoroca Vêu-de-Noiva do que na do Eucalipto. A diferença decorre, em parte, da presença da cobertura vegetal, que mesmo sendo de eucalipto reduziu a velocidade do processo, e em parte ao teor de areia grossa, de distribuição mais homogênea ao longo da voçoroca Vêu-de-Noiva. Por causa da maior presença de vegetação, a

voçoroca do Eucalipto apresentou os valores mais elevados de carbono e matéria orgânica no solo, diminuindo a capacidade erosiva.

Observa-se ainda, que na voçoroca Vêu-de-Noiva (Figura 63) o desmoronamento foi mais significativo para o seu lado direito que para montante. A explicação, embora não se tenha traçados de ruas e casas como zonas de convergência de fluxos, seria atribuído, talvez, à constituição do solo ter maior teor de areia grossa em relação às outras áreas. Cabe ressaltar, que paralelamente a esse lado da voçoroca, tinha-se uma passagem contínua de caminhões e trator para realizar a limpeza do terreno. Pode-se verificar ainda, que a maior expansão dessa voçoroca se deu durante o mês de maio de 1995, correspondendo ao mês com o maior índice pluviométrico registrado para aquele ano (Tabela 1).

Com isso, a pesquisa revela a nível local, que o avanço da erosão se dá em áreas onde não há cobertura vegetal, ou onde a ocupação urbana se dá de forma desordenada, sem planejamento e sem infra-estrutura básica, podendo o fator clima ser preponderante para o aumento e agravamento dos desmoronamentos, ajudado pelas características do solo.

**Tabela 7-** Resultados das análises físicas das amostras de solos coletadas nas voçorocas do Jacu, Eucalipto e Vêu-de-Noiva, realizadas pelo Laboratório de Solos da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP).

Identificação	Amostra	Granulometria %					Classe Textural
		Af	Ag	At	S	Ar	
VOÇOROCA DO JACU	1	19,79	26,51	46,3	18,08	35,62	argilo-arenoso
	2	21,19	35,24	56,43	18,22	25,35	franco-argilo-arenoso
	3	6,55	85,72	92,27	2,73	5,00	areia
	4	19,89	35,94	55,83	8,73	35,44	argilo-arenoso
VOÇOROCA DO EUCALIPTO	1	25,92	51,54	77,46	2,28	20,25	franco-argilo-arenoso
	2	21,10	58,10	79,2	10,71	10,09	franco arenoso
	3	20,48	63,26	83,74	6,62	10,06	areia franca
	4	20,13	64,57	84,7	10,21	5,04	areia franca
VOÇOROCA VÊU-DE-NOIVA	1	12,14	61,96	74,1	5,83	20,07	franco-argilo-arenoso
	2	22,17	48,99	71,16	13,72	15,12	franco arenoso
	3	20,13	64,57	84,7	10,21	5,09	areia franca
	4	5,10	82,14	87,24	7,76	5,00	areia franca
	5	23,36	61,25	84,61	9,94	5,45	Areia franca
	6	16,39	69,12	85,51	9,04	5,45	areia franca
	7	19,60	50,58	70,18	9,49	20,27	franco arenoso
	8	22,95	36,16	59,11	5,34	35,55	argilo arenoso
	9	20,34	34,10	54,44	35,44	10,12	franco arenoso

Af = Areia fina; Ag = Areia grossa; S = Silte; Ar = Argila; At = Areia total

Tabela 10 - Resultados das análises químicas das amostras de solos coletadas nas voçorocas do Jacu, Eucalipto e Vêu-de-Noiva, realizadas pelo Laboratório de Solos da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP).

Identificação	Amostra	Carbono (%)	Mat. Orgânica (%)	pH
VOÇOROCA DO JACU	1	1,06	1,83	5,1
	2	0,65	1,12	3,3
	3	0,17	0,98	4,9
	4	1,39	2,39	4,4
VOÇOROCA DO EUCALIPTO	1	2,13	3,66	7,4
	2	1,23	2,11	5,8
	3	0,90	1,55	5,8
	4	1,31	2,25	4,4
VOÇOROCA VÊU-DE-NOIVA	1	1,23	2,11	5,3
	2	0,98	1,69	4,5
	3	0,82	1,41	5,3
	4	1,64	2,82	5,2
	5	1,64	2,82	6,1
	6	1,72	2,96	6,0
	7	1,64	2,82	6,2
	8	1,20	2,25	5,0
	9	1,80	3,10	6,0

#### 6.2.2 - Problemas sociais causados pelas voçorocas

Açailândia representa o padrão de ocupação da Amazônia Legal, que tem produzido ao mesmo tempo, riquezas e pobreza como desigualdade social e descompasso financeiro que imperam localmente, desafiando autoridades na gestão do município e da cidade propriamente dita. Como outras cidades desta virada de século, alia-se à busca de soluções para

problemas ambientais vivenciados atualmente, o que implica em planejamento e gestão integrada.

Nesta, a erosão gera problemas principalmente em sua periferia pobre, provocando desastres, perdas humanas e materiais. Ampliando-se a cada período de chuvas fortes, o processo erosivo instalado na cidade, e com isso o aumento do número de população desabrigada.

Sem um planejamento prévio, compatível com a realidade do ambiente físico, o espaço urbano em Açailândia vem se expandindo através: (a) da população pobre, que no início invadia o núcleo antigo e agora se aloja na periferia; (b) dos empresários, ao criar loteamentos para a classe média, fazendeiros, profissionais liberais e funcionários graduados de empresas locais; (c) das autoridades, que distribuem lotes com fins eleitoreiros; e (d) da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), que constrói moradias para seus funcionários (Guerra *et al.*, 1998) (Figura 66).

Os anos passam e os problemas erosivos se intensificam e se agravam. Ainda hoje a cidade apresenta voçorocas em vários estágios de desenvolvimento, onde a população convive com estes verdadeiros "buracos", sempre na esperança de que um dia terão algum tipo de melhoria. Desde 1994, quando do início do monitoramento de algumas voçorocas urbanas, as erosões têm evoluído, tomando proporções gigantescas nos bairros periféricos ao centro e, muitas vezes, servem de depósito de lixo e "área de lazer" para as crianças que ali moram.

Destaca-se que no ano de 1997, caracterizado por um período de intensas chuvas, os problemas erosivos na periferia da cidade se intensificaram e se agravaram ainda mais; as voçorocas evoluíram, provocando mais destruição de ruas e casas. A morte de membros de uma família no bairro periférico do Jacu, levou a defesa civil juntamente com a prefeitura, a interditar várias casas no bairro, removendo moradores para acampamentos e escolas da prefeitura (Figuras 67 e 68). Tal fato traz à luz a problemática social criada pela falta de planejamento no uso e ocupação dos solos.

Visando maior aproximação entre a realidade social vivenciada no município e os problemas ambientais vigentes, sobretudo a erosão, foi aplicado

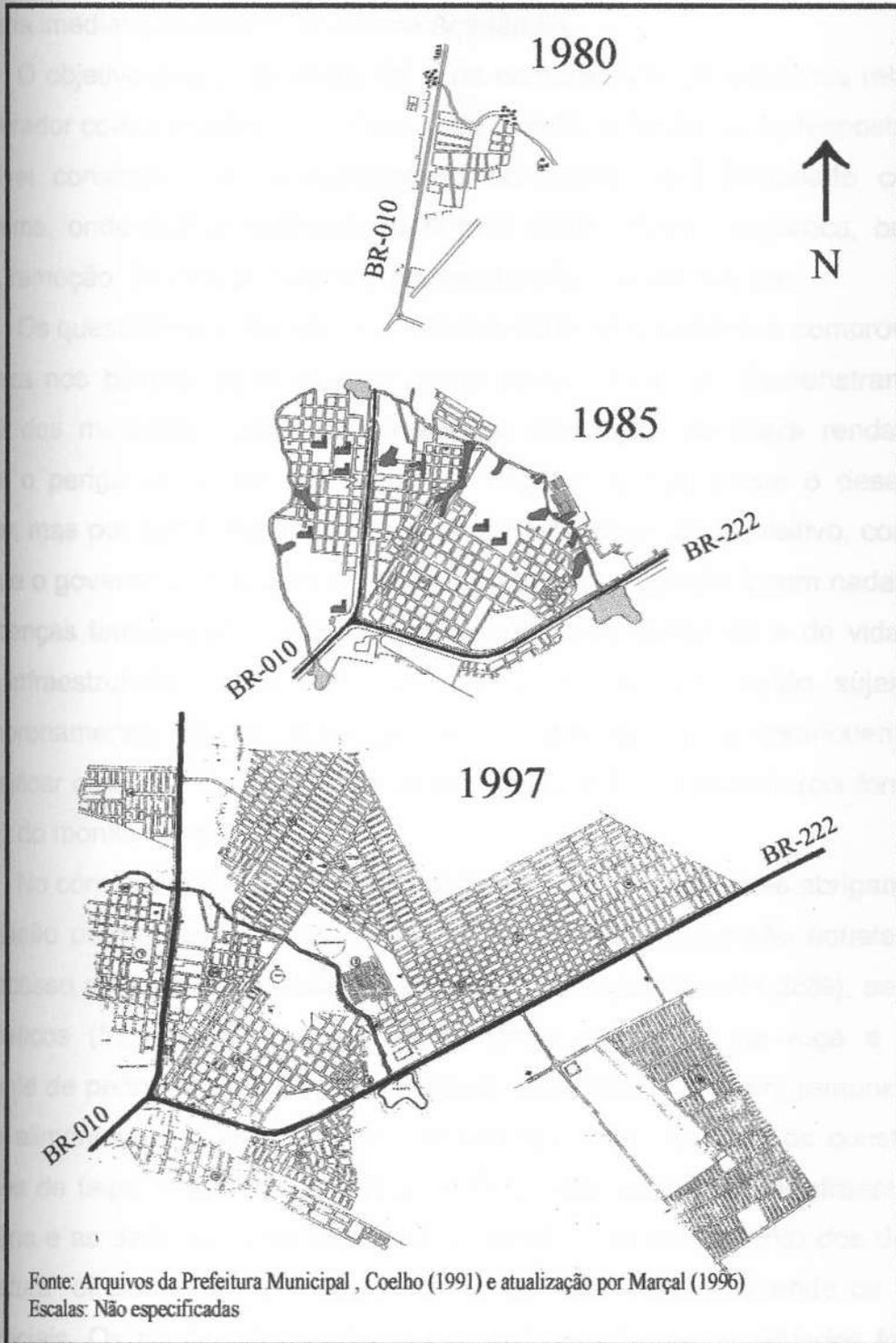


Figura 66 - Expansão urbana da cidade de Açailândia

o questionário “Roteiro de Entrevista – Zona Urbana” (Anexo 3). As entrevistas com os moradores foram realizadas nas áreas consideradas mais críticas – bairros do Jacu, Vila Ipiranga, Vila Tancredo e Laranjeiras, todos situados na periferia imediata ao centro urbano de Açailândia.

O objetivo deste inventário foi o de compreender as possíveis relações do morador com o problema em foco, o da erosão. Analisando as respostas, foi possível constatar que o entrevistado apresenta total intimidade com o problema, onde coloca palavras ou termos como erosão, voçoroca, buraco, risco, remoção, interdição, falta de interesse político, dentre outras.

Os questionários (no total de 80) apontam estatísticas que comprovam a pobreza nos bairros periféricos atingidos pelas voçorocas. Demonstram que 100% dos moradores caracterizam-se por população de baixa renda; que existe o perigo eminente de habitar as voçorocas; que existe o desejo de mudar, mas por estar desempregado ou por falta de poder aquisitivo, continua ali; que o governo e os políticos “apenas prometem mas não fazem nada”; que as doenças também são uma ameaça à qualidade ambiental e de vida; que falta infraestrutura básica; que os terrenos no entorno estão sujeitos à desmoronamento, não têm cobertura vegetal; que as chuvas contribuem para intensificar o risco à erosão; e que as voçorocas estão evoluindo (conforme os dados do monitoramento).

No contexto geral, as feições erosivas e suas proximidades abrigam uma população pobre, desassistida, desempregada onde poucos são aqueles que tem acesso a empregos – auxiliar siderúrgico e de serraria (11,25%), serviços domésticos (53,75%), trabalham no comércio (10%), ou na roça e como ajudante de pedreiro (26%), todos de baixa remuneração ou sem remuneração (troca alimentação/roupa). As casas são do tipo “baixo padrão” de construção simples de taipa, madeira ou alvenaria. Estas não contam com infraestrutura sanitária e as dependências são “subhumanas”, com escoamento dos dejetos “*in natura*” diretamente no talvegue das voçorocas, potencializando os fluxos superficiais. Os banheiros são de três tipos basicamente: os situados fora da casa sem fossa, os situados fora de casa com fossa e aqueles dentro de casa com fossa, se destacando ainda que 13,75% não têm banheiro.

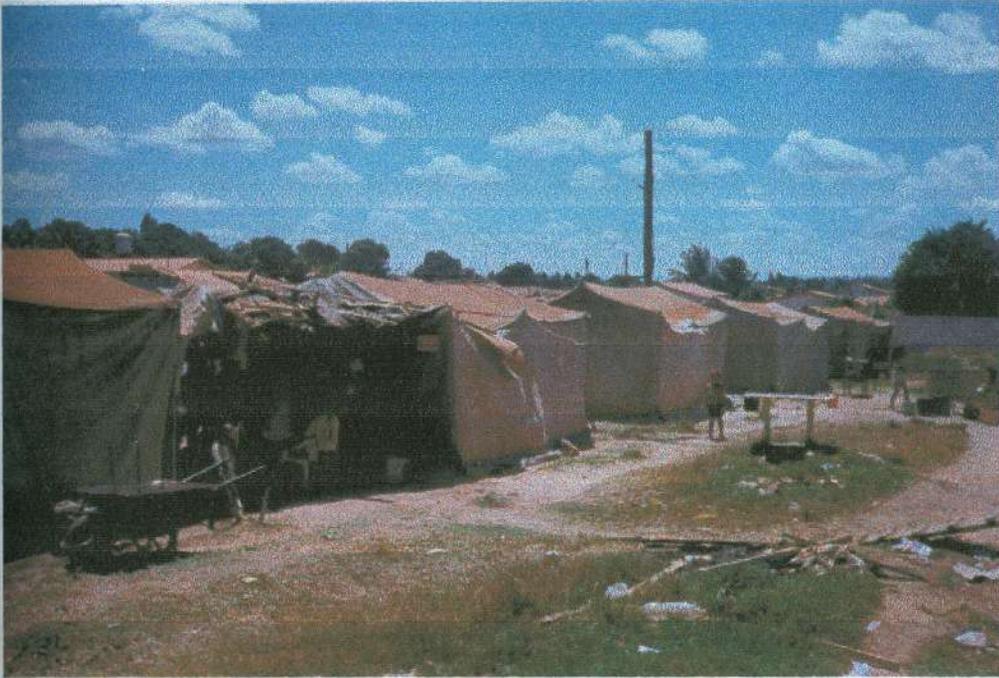


Figura 67 – Acampamento cedido pela prefeitura para os moradores do bairro do Jacu que estavam com suas casas condenadas pela Defesa Civil. Agosto/97.

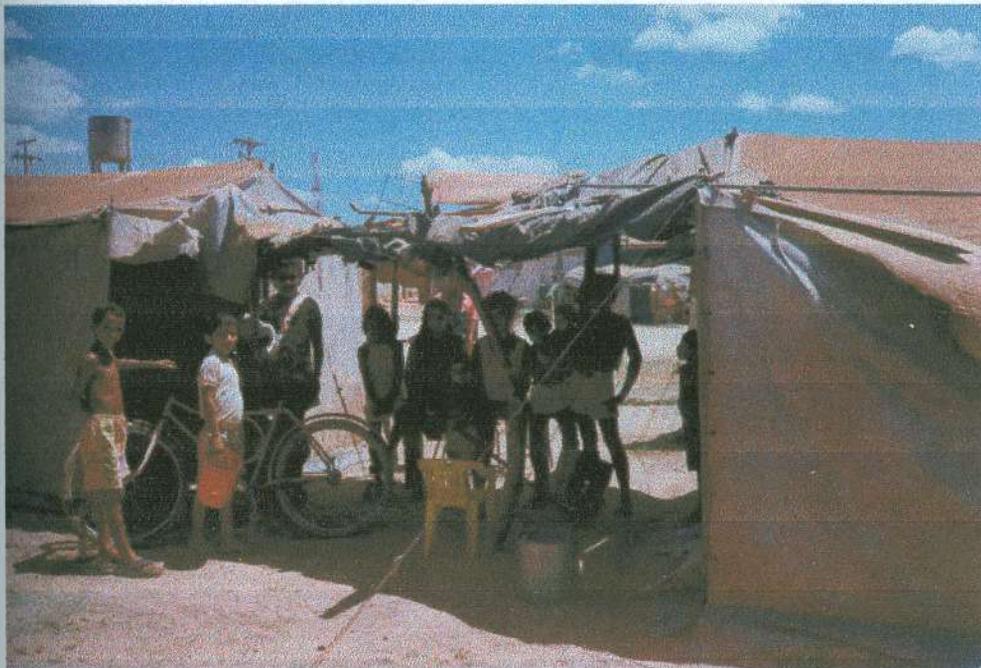


Figura 68 – Moradores do bairro do Jacu no acampamento cedido pela Prefeitura. Agosto/97.

Observa-se a fragilidade do problema ora apresentado pois, 75,5% dos entrevistados são moradores desde a década de 90 e 22,5% desde a década de 80. A prefeitura já realizou várias tentativas de remoção da população para áreas de menor risco, e/ou áreas mais adequadas à ocupação, porém os moradores não se identificam como agentes potenciais do processo erosivo, e consideram que a prefeitura é a única responsável.

Os registros sobre acidentes relacionados com erosão são relevantes: nos bairros do Jacu e Vila Tancredo 100% dos entrevistados afirmam ter tido problemas com acidentes, no bairro Vila Ipiranga 10% e no bairro Laranjeira 45%, e apontam também um índice elevado nos riscos potenciais a outros acidentes. As condições de infraestrutura sanitária são precárias: 81,25% têm acesso à água; água esta que vem carregada em latas do córrego ou, como em alguns casos, bicas comunitárias e poços. Enquanto 95% dos moradores afirmam que os resíduos domésticos são lançados diretamente nas voçorocas, por não haver serviços de coleta contínua nessas áreas. A situação é crítica por não apresentar rede de esgoto.

Este quadro é alarmante no que diz respeito às doenças mais disseminadas nessas áreas críticas, que são uma ameaça ao desenvolvimento e qualidade de vida. As mais comuns são: dengue, malária, hanseníase, leishmaniose, hepatite, gripe, febre, pneumonia e verminose (Tabelas 11, 12, 13, 14 e 15)

BARRIOS	VILA TANCREDO			LARANJEIRAS
	DEGRADAMENTO	PROBLEMAS	PROBLEMAS	
Potencial de Risco	Alto	Alto	Alto	Desenvolvimento
Relevo e morfologia	Alto	Alto	Alto	Plano com encosta escarpada

Tabela 9 – Bairros: Equipamentos Urbanos - 1999

BAIROS	JACU	VILA TANCREDO	VILA IPIRANGA	LARANJEIRAS
Abastecimento de Água	<i>Precário/ Poço</i>	<i>Precário</i>	<i>Não tem/ Poço</i>	<i>Precário</i>
Esgoto Sanitário	<i>Não há</i>	<i>Não há</i>	<i>Não há</i>	<i>Não há</i>
Lixo	<i>Não há coleta/ Voçoroca</i>	<i>Não há coleta/ Voçoroca</i>	<i>Não há coleta/ Voçoroca e córrego</i>	<i>Não há coleta/ Voçora e córrego</i>
Energia	<i>Iluminação Pública/ Domiciliar</i>	<i>Iluminação Pública/ Domiciliar</i>	<i>Iluminação Pública/ Domiciliar</i>	<i>Iluminação Pública/ Domiciliar</i>

Tabela 10 – Bairros: Risco e relevo - 1999

BAIROS	JACU	VILA TANCREDO	VILA IPIRANGA	LARANJEIRAS
Problemas de Risco	<i>Desmorona- mento</i>	<i>Desmorona- mento</i>	<i>Desmorona- mento</i>	<i>Desmorona- mento</i>
Relevo e Morfologia	<i>Plano com encosta acentuada</i>	<i>Plano com encosta acentuada</i>	<i>Plano com encosta acentuada</i>	<i>Plano com encosta acentuada</i>

Tabela 11 – Bairros: Doenças - 1999

BAIRROS	JACU	VILA TANCREDO	VILA IPIRANGA	LARANJEIRAS
Febre Amarela	2	0	0	2
Leishmaniose	2	3	1	8
Hanseníase	4	4	5	11
Dengue	9	7	8	12
Malária	0	0	1	4
Febre/Gripe	13	15	13	5
Pneumonia	0	1	0	1

Tabela 12 – Bairros: Emprego/Ocupação - 1999

BAIRROS	JACU (%)	VILA TANCREDO (%)	VILA IPIRANGA (%)	LARANJEIRAS (%)
Serviços Domésticos	75	60	35	55
Guseria/ Serraria	5	5	15	5
Comércio	0	15	15	5
Desempregado	5	5	25	20
Outros (Roça e ajudante de Pedreiro)	15	15	10	15

Tabela 13 – Bairro: Padrão de Habitação – 1999

BAIRROS	JACU (%)	VILA TANCREDO (%)	VILA IPIRANGA (%)	LARANJEIRAS (%)
Taipa	20	0	0	0
Madeira	45	70	90	80
Alvenaria	15	30	5	5
Taipa e Madeira	20	0	5	25
Banheiro fora da casa	80	65	75	60
Banheiro dentro da casa	10	25	5	25
Sem Banheiro	10	10	20	15

Cabe mencionar que, além da entrevista com o secretário do meio ambiente (Anexo 3), foram realizados vários encontros entre a Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Prefeitura no sentido da cooperação interinstitucional em todos os trabalhos de campo. Esta experiência foi registrada ao longo destas em que a administração pública fôra chamada não somente para cooperar na execução, muitas vezes árdua das atividades de campo, como também em fornecer material, informação, subsídio necessário do nosso esforço acadêmico.

Ao final destas entrevistas, fica claro que os problemas erosivos em Açailândia são decorrentes do seu processo de urbanização sem planejamento adequado. A administração pública tem consciência do problema, e por falta de conhecimento do meio físico não consegue intervir de modo a minimizar, ou mesmo impedir que as erosões ocorram. Existem registros oficiais junto à Defesa Civil e ações no sentido de alocar os moradores das áreas críticas em outros locais, mas infelizmente sem a preocupação com o meio ambiente.

## 7. INTEGRAÇÃO DOS DADOS E ESPACIALIZAÇÃO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS À EROSÃO

Os cruzamentos ou integração dos dados envolveram as informações básicas de relevo, solo e uso visando a produção de um mapa síntese de avaliação que hierarquizasse as áreas potenciais para ocorrência de erosão. A cada cruzamento os processos de reclassificação reduziram o número de classes e, conforme apresentado na metodologia, o procedimento de cruzamento entre planos de informação multiplica o número de classes registradas nos mapas envolvidos, o que dificulta consideravelmente a interpretação das novas informações produzidas. Assim, foram reagrupadas as características que deveriam pertencer a uma mesma classe, de acordo com a resposta à ocorrência da erosão. Desta forma, pôde-se superpor em uma única classe final, ou de síntese, as informações analisadas responsáveis pela maior incidência da erosão em uma determinada área.

Foram efetuados diversos cruzamentos entre os planos de informação e dados de campo, produzindo-se novas informações. Cada novo mapa resultante foi também combinado com outro, de forma que múltiplas variáveis fossem consideradas durante o processo de análise, buscando-se a integração dos planos de informação. Entretanto, merecem destaque apenas aqueles que de fato vêm ao encontro da explicação para a ocorrência da erosão em Açailândia.

O primeiro cruzamento relevante associou-se aos planos de informação de relevo e solo, gerando-se o mapa de cruzamento 1 (C1). A análise das informações obtidas no C1, levou a um segundo cruzamento com o plano de informação de uso do solo, produzindo-se um novo mapa de cruzamento 2 (C2).

A partir de informações de campo e fotointerpretação foi produzido um mapa de localização de feições erosivas, o que possibilitou a confirmação dos cruzamentos produzidos. A integração do mapa de feições erosivas com os cruzamentos permitiu a visualização do predomínio da localização das

voçorocas em relação às novas classes, possibilitando a hierarquização de áreas suscetíveis e explicação para sua ocorrência.

Com base no mapa de cruzamento 1 (**C1**) e mapa de feições erosivas (Figura 69), pôde-se associar as relações entre as classes de tipo de solo, formas do relevo e localização preferencial das feições erosivas. Este cruzamento, que a princípio parece simples, revelou uma tendência significativa de ocorrência da erosão ao longo de faixas de descontinuidades do relevo (entre fácies de dissecação F1, F2 e F3) combinadas com maior frequência sobre as associações de Latossolos. Verificou-se ainda com menor incidência a ocorrência de feições sobre as associações de Argissolos, também associados a zonas de ruptura do relevo (descontinuidades).

A análise do cruzamento entre o mapa de cruzamento 2 (**C2**) e feições erosivas permitiu a consideração da intervenção humana no processo erosivo da região, uma vez que **C2** foi produzido a partir do cruzamento entre **C1** e o plano de informação do uso do solo. Assim, foi produzido o **Mapa de Fatores Ambientais e Erosão** (Figura 70), que permitiu a consideração conjunta do relevo, solo e uso com a localização das voçorocas identificadas. A análise deste cruzamento final foi de fundamental importância pois revelou que de fato a incidência da erosão a nível regional está associada às descontinuidades do relevo sendo potencializadas pela intervenção humana. Quanto ao tipo de solo, as associações de solos Latossolos demonstraram-se mais suscetíveis quando associadas às descontinuidades já mencionadas, em relação à associação de solos Argissolos.

A análise do **Mapa de Fatores Ambientais e Erosão** levou à produção do **Mapa Síntese** (Figura 71), elaborado a partir da reclassificação (agrupamento de classes afins) do cruzamento final. Nesta reclassificação foram consideradas todas as informações relacionadas a erosão delimitando-se e hierarquizando-se novas áreas de acordo com a suscetibilidade ao desencadeamento destes processos.



Belém

### Legenda

- Feições erosivas
- Argissolo X F1
- Argissolo X F2 e F3
- Latossolos X F2 e F3
- Latossolos X Pd3

São Luís

Metros

5.000

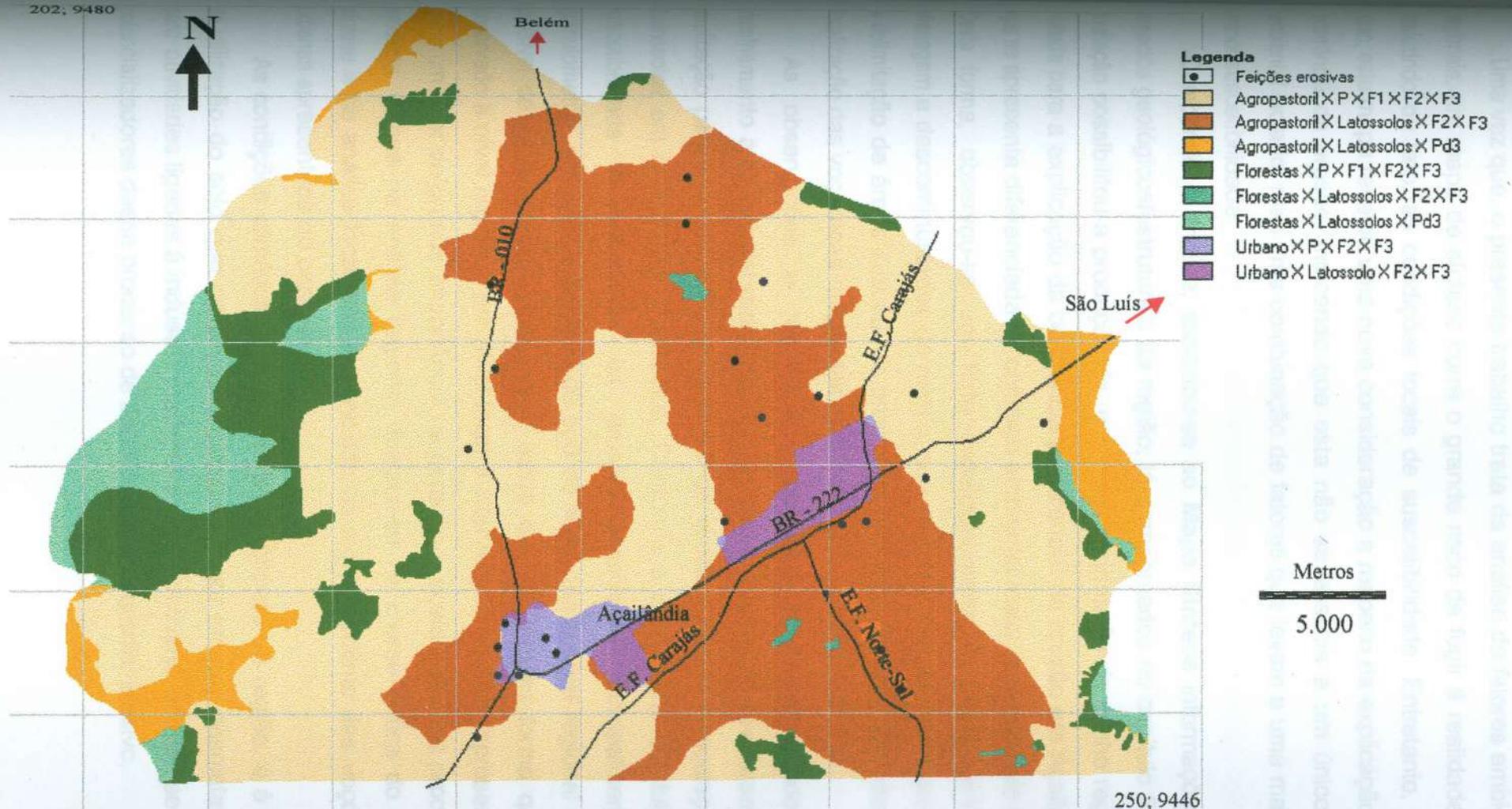
250; 9446

Argissolo = Associação dos solos Argissolo Vermelho-Amarelo + Argissolo Amarelo + Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico + Argissolo Amarelo latossólico

Latossolos = Associação dos solos Latossolo Vermelho-Amarelo + Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico + Latossolo Amarelo

F1 = Fície de dissecação 1; F2 = Fície de dissecação 2; F3 = Fície de dissecação 3; Pd3 = Superfície de aplainamento

Figura 69 - Mapa de Cruzamento 1 (C1) do Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia



P (Argissolo) = Associação dos solos Argissolo Vermelho-Amarelo + Argissolo Amarelo + Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico + Argissolo Amarelo latossólico

Latossolos = Associação dos solos Latossolo Vermelho-Amarelo + Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico + Latossolo Amarelo

F1 = Fície de dissecação 1; F2 = Fície de dissecação 2; F3 = Fície de dissecação 3; Pd3 = Superfície de aplainamento

Figura 70 - Cruzamento 2 (C2) Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia. Mapa de Fatores Ambientais e Erosão

Uma vez que, o presente trabalho trata da análise de fatores ambientais regionais, um mapa de síntese corre o grande risco de fugir à realidade, não traduzindo de fato, as condições locais de suscetibilidade. Entretanto, neste caso, este mapa revelou uma nova consideração a respeito da explicação para ocorrência da erosão, indicando que esta não se associa a um único fator ambiental isolado, mas uma combinação de fatores que levam a uma maior ou menor suscetibilidade.

Compondo a análise, associou-se ao **Mapa Síntese** informações dos aspectos geológicos/estruturais da região, já apresentados no capítulo 5. Esta avaliação possibilitou a produção de uma nova informação de cunho regional, voltada para a explicação da ocorrência preferencial de erosão em Açailândia, que se apresenta diferenciada do contexto ambiental maior da Amazônia Legal. Desta forma, observou-se um forte condicionamento de lineamentos da drenagem e descontinuidades de relevo, que coincidem com a hierarquização e delimitação de áreas suscetíveis propostas no mapa síntese, em relação à localização das voçorocas mapeadas.

As observações e resultados alcançados com os estudos de detalhamento a nível local realizados em campo e laboratório revelaram uma explicação para a localização preferencial da erosão sobre a associação de Latossolos em relação aos Argissolos. Conforme o exposto no capítulo 6 a suscetibilidade à ocorrência da erosão associa-se principalmente a granulometria, um fator específico do tipo de solo, que a nível regional não é possível de se identificar. Ressalta-se ainda que da mesma forma que foi observado a nível regional, em nível local a intervenção humana apresenta-se como um fator de grande importância na geração e aceleração dos processos erosivos. O que na análise regional destaca-se na classe crítica do mapa síntese e na análise local fica evidenciado no monitoramento das voçorocas urbanas apresentado no capítulo 6.

As condições climáticas, ligadas às fortes chuvas da região, e à forma de utilização do solo que na área se caracteriza por intenso desmatamento para atividades ligadas à indústria madeireira e agropecuária, somam-se como potencializadores desse processo de agravamento do quadro erosivo.

## 7.1 – Análise do cruzamento 1 (C1): Solos x Geomorfologia x Feições Erosivas

Considera-se que estes dois fatores físicos combinados delimitam áreas potenciais, ou não, à ocorrência de processos erosivos. Conforme apresentado anteriormente, Açailândia insere-se no contexto ambiental da Amazônia Legal, caracterizando-se por solos em sua maioria bastante arenosos, regime de chuvas concentrado tipicamente tropical e em franco processo de desmatamento. Assim, o resultado deste cruzamento caracteriza a influência e a relação entre a forma do relevo, tipo de solo com as feições erosivas, que por sua vez relacionam-se diretamente com outros fatores ambientais como vegetação e uso.

Vale retomar algumas características principais dos solos e fácies de dissecação registrados na área em estudo. Quanto aos tipos de solos, estes foram agrupados em dois grandes grupos com base na granulometria, especificamente areias e argilas, uma vez que, estas frações respondem diretamente sobre o comportamento erosivo do solo. Assim, considerou-se que o grupo dos Latossolos, por apresentarem uma fração granulométrica mais arenosa, representariam os tipos de solo mais susceptíveis à ação dos processos erosivos. Por outro lado, o grupo dos Argissolos foi considerado menos suscetível por apresentar uma fração granulométrica mais argilosa.

Quanto à geomorfologia considerou-se que existe uma faixa entre as fácies de dissecação que são mais suscetíveis à ação erosiva, devido a transição morfológica do relevo. Entretanto, esta faixa não pode ser representada devido ao tipo de mapeamento de escala regional. Ressalta-se, ainda que as fácies mais abatidas (F2 e F3) comportam-se como zonas preferenciais de ocorrência de processos erosivos, em relação à fácies F1 e a superfície de aplainamento Pd3 que se encontram mais preservadas.

Em linhas gerais, foram plotados pontos representativos de feições erosivas lineares de grande porte típicas da região, caracterizadas por voçorocas e ravinamentos. O confronto deste número limitado de eventos e sua distribuição sobre os planos de informação analisados e cruzamentos

nortearam as análises e relações produzidas. Obviamente, que as feições plotadas não somam o total da realidade, entretanto têm uma contribuição efetiva com o trabalho.

Desta forma, foram obtidas 14 classes derivadas da combinação das 4 classes de solo com as 4 classes de geomorfologia. Evitando uma confusão visual devido ao número de classes, estas foram reagrupadas, em função da similaridade entre suas características intrínsecas e as implicações no processo erosivo. Assim, chegou-se às seguintes classes derivadas do cruzamento (Figura 69):

- **Argissolo x F1** – tanto sob o ponto de vista do tipo de solo quanto feição geomorfológica destaca-se a maior resitência à erosão, fato que pode ser observado através das feições erosivas localizadas preferencialmente sobre as zonas de transição do relevo;
- **Argissolo x F2 x F3** – nestas áreas o tipo de solo destaca-se como fator de contenção dos processos erosivos, apesar se serem constituídas pelas fácies de dissecação de maior suscetibilidade à ocorrência de erosão;
- **Latossolo x F2 x F3** – tanto sob o ponto de vista do tipo de solo quanto feição geomorfológica estas áreas representam a zona mais susceptível para a ocorrência das feições erosivas, o que vem se confirmar pela presença preferencial de feições erosivas aí registradas;
- **Latossolo x Pd3** – quanto à geomorfologia esta se comporta como mais resistente à erosão, devido seu topo plano. Entretanto, os solos são mais frágeis devido à textura.

## 7.2 – Análise do cruzamento 2 (C2): C1 x Uso da Terra x Feições Erosivas

A partir da elaboração do mapa C1 efetuou-se o cruzamento com o mapa de uso da terra, visando-se obter a relação com a vegetação preferencialmente, já que as análises multitemporais evidenciaram o alto índice de desmatamento. Assim, o resultado deste cruzamento caracteriza a influência e a relação entre a forma do relevo, o tipo de solo e do uso da terra com as feições erosivas.

Ressalta-se que a presença da vegetação de grande porte torna-se relevante na ocorrência, ou não, dos processos erosivos. A floresta proporciona em grande parte a formação de húmus, importante para a estabilidade dos agregados, protegendo o solo da ação do escoamento superficial, pois as condições de infiltração também são maiores. Nas áreas menos florestadas (agropastoril), conforme já mencionado, o solo está mais exposto à ação dos processos erosivos, onde nos períodos mais chuvosos estabelece-se com mais intensidade, o aumento nas taxas de escoamento superficial, que são, em grande parte, responsáveis pela perda do solo na área.

Desta forma, foram obtidas 11 classes derivadas da combinação das 4 classes do mapa C1. Para evitar uma confusão visual devido ao número de classes, estas foram reagrupadas em função da similaridade entre suas características intrínsecas e as implicações no processo erosivo. Assim, chegou-se à criação do Mapa de Fatores Ambientais e Relação com as Feições Erosivas em Açailândia, onde se obteve as seguintes classes derivadas do cruzamento (Figura 70):

- **Agropastoril x P x F1 x F2 x F3** – Sob o ponto de vista do tipo de solo, ressalta-se a maior resistência à erosão. No entanto, destaca-se que nestas áreas as mudanças de relevo entre fácies de dissecação denotam uma fragilidade nas faixas de transição, principalmente por estarem isentas da vegetação nativa;

- **Agropastoril x Latossolos x F2 x F3** - A combinação desses fatores confirma que estas áreas são bastante sensíveis sob o ponto de vista do tipo de solo e fácies de dissecação. Porém, potencializam-se pela atividade antrópica, onde a retirada da vegetação acelerou a ocorrência de processos erosivos;
- **Agropastoril x Latossolos x Pd3** – Apesar da combinação dos fatores tipo de solo e tipo de uso apontarem para áreas consideradas sensíveis à ocorrência de processos erosivos, sob o ponto de vista geomorfológico, elas se tornam áreas mais estáveis, pois se localizam em terrenos elevados, porém planos;
- **Florestas x P x F1 x F2 x F3** – São áreas que congregam os fatores ambientais de maior estabilidade para a ocorrência das feições erosivas. No entanto, com base na observação da dinâmica dos processos erosivos na região, destaca-se o fator vegetação como principal elemento de contenção da erosão;
- **Florestas x Latossolos x F2 x F3** – São áreas onde a vegetação, sobretudo, retém a ocorrência dos processos erosivos, pois a combinação dos fatores solo e fácies de dissecação são favoráveis à ocorrência da erosão;
- **Florestas x Latossolos x Pd3** – Apesar da combinação dos fatores físicos, uso da terra e geomorfologia apontarem para a estabilidade, o fator solo destaca-se como prioritário na suscetibilidade à ocorrência de erosão na área;
- **Urbano x P x F2 x F3** – São áreas que se apresentam sob o ponto de vista do tipo do solo mais estáveis, porém, a combinação dos outros fatores denota a alta suscetibilidade à ocorrência da erosão, o que neste caso, principalmente associa-se à ação antrópica (núcleo urbano);

- **Urbano x Latossolo x F2 x F3** – Esta classe se caracteriza por congrega a combinação de todos os fatores ambientais à ocorrência de processos erosivos, sendo portanto, considerada crítica à ocorrência de erosão.

### 7.3 – Análise do Mapa Síntese

Reagrupando as classes do mapa anterior foram geradas três classes de síntese visando-se à explicação da ocorrência do processo erosivo em Açailândia.

A classe 1 (**Pouco Suscetível**) corresponde ao seguinte agrupamento:

Quanto ao tipo de uso é Agropastoril e Florestas; quanto ao relevo fácies de dissecação F2, F3 e Pd3 ; quanto aos solos associação de Latossolos.

A classe 2 (**Suscetível**) corresponde ao seguinte agrupamento:

Quanto ao tipo de uso é Agropastoril; quanto aos solos associação de Latossolos e Argissolo; quanto ao relevo fácies de dissecação F1, F2 e F3.

A classe 3 (**Crítica**) corresponde ao seguinte agrupamento:

Quanto ao tipo de uso é Urbano; quanto aos solos associação de Latossolos e Argissolo; quanto ao relevo fácies de dissecação F2 e F3.

Conforme já apresentado, esta síntese delimita de forma genérica os domínios hierarquizados da suscetibilidade à erosão. Destacando-se a área urbana como crítica devido ao forte controle exercido pela atividade humana na geração e potencialização de antigos e novos processos erosivos. As classes suscetível e pouco suscetível associam-se preferencialmente à combinação dos fatores físicos, que da mesma forma como na classe crítica à ação humana toma-se efeito decisivo na ocorrência destes processos.



Belém

## Legenda

- Feições Erosivas
- Pouco Suscetível
- Suscetível
- Crítica

Metros

5.000

São Luís

BR - 010

E.F. Carajás

BR - 222

Açailândia

E.F. Carajás

E.F. Norte-Sul

250; 9446

Figura 71 - Mapa Síntese de Áreas Suscetíveis à Erosão no Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia

## 8. CONCLUSÕES

O alto curso da bacia do rio Açailândia é caracterizado pela suscetibilidade à erosão dos solos. Região selecionada para o estudo, integra as áreas com maior frequência de erosão em forma de voçoroca, considerando a potencialidade das relações entre os fatores sócio-ambientais analisados.

O desenvolvimento econômico na Amazônia Legal, a partir da década de 60, acarretou muitos problemas ambientais na bacia do rio Açailândia e, particularmente, na cidade de Açailândia. Como em outros locais, a ocupação, a exploração da madeira e a industrialização ocorreram de modo desordenado. O processo de valorização e uso da terra pelo qual passou esta região, principalmente em função da implantação das rodovias e ferrovias (BR-010, BR-222, Estrada de Ferro Carjás e o primeiro trecho de Ferrovia Norte-Sul), foi tão intenso que proporcionou a origem de muitos dos problemas ambientais que a região enfrenta nos dias atuais, dentre eles o problema da erosão.

Essa tese procurou demonstrar a complexidade do problema erosivo, e como são necessárias diversas formas de abordá-lo, bem como fatores relacionados ao meio físico e ao uso da terra são fundamentais na compreensão do processo erosivo. A relação existente entre essa gama extensa de variáveis pode contribuir na explicação do processo erosivo, bem como na prevenção e recuperação de áreas degradadas.

A interação entre processos sociais e erosivos emerge como canalizadora da suscetibilidade à erosão já favorecida por fatores físicos na área em questão, a associação do histórico de ocupação, e a alteração das condições originais da paisagem, geram um quadro verdadeiramente alarmante, quando focalizado seu espaço urbano e a ocorrência dos processos erosivos de grande porte. Dessa forma, os conhecimentos das mudanças de caráter social e ambiental foram importantes para que se alcançasse a explicação sobre a análise e espacialização das feições erosivas.

Os fatores solo, relevo, geologia, clima, vegetação e uso da terra combinados e associados à caracterização ambiental produziram um conjunto de novas informações importantes e necessárias para a compreensão da

análise dos processos erosivos a nível regional, indicando ainda diretrizes de encaminhamento para estudos mais localizados. Em complementação a esta análise, o cruzamento entre as informações obtidas, através do geoprocessamento estabeleceu uma melhor integração na sua apreensão, individualizando as áreas potencialmente frágeis para a ocorrência das erosões.

Esses fatores apresentam respostas diferenciadas na ocorrência dos processos erosivos. O fato de Açailândia estar em zona morfologia distintas que são trabalhadas diferenciadamente pelo clima característico da região amazônica, as composições geológicas e pedológicas contribuíram para a formação de um quadro erosivo crítico.

O solo se apresenta como um fator preponderante na ocorrência da erosão. No entanto, assim como os demais fatores, se tomado de forma isolada não responde ao problema. Este se comporta tipicamente arenoso, sendo que na escala regional apresenta individualizações com relação à sua composição granulométrica que lhe confere potencialidades à erosão. Como demonstrado, as feições erosivas são freqüentes nos setores onde ocorre a predominância dos solos mais arenosos, que no caso, correspondem à associação dos Latossolos. Nas áreas de ocorrência da associação dos Argissolos, que texturalmente são mais argilosos, tem-se o registro de ocorrência de erosão, porém não de forma acelerada e expansiva como vem ocorrendo com a associação dos Latossolos.

Estas condições, quando analisadas juntamente com o clima da região de fortes chuvas concentradas no verão e o tipo de uso da terra caracterizado por intenso desmatamento para atividades agropastoris, alcançam delimitações e restrições impostas pelos elementos que estão influenciando na fragilidade do terreno, respondendo de forma diferenciada à questão da erosão. Este fato pode ser visto no Mapa de Fatores Ambientais (Figura 67) apresentado no capítulo 7. Aliam-se a esse quadro, os problemas sociais em Açailândia decorrentes em grande parte, do processo e da forma de ocupação que se deu o município que não podem ser vistos dissociados ou alheios de um contexto histórico no qual se insere.

Combinado a esses fatores, observou-se ainda que existe uma tendência das feições erosivas de ocorrerem preferencialmente próximo às zonas de transição entre fácies de dissecação do relevo. Além disso, as informações de caráter geológico/estrutural indicam uma correlação das erosões com áreas de descontinuidades, representadas por lineamentos da drenagem. Esses dois fatos somados, indicam que áreas consideradas como descontinuidades (geológica ou geomorfológica) são potenciais à ocorrência de erosão.

O fato de Açailândia estar situada em uma região, cujo contexto geológico/estrutural ainda não se encontra definido em escala local, as evidências regionais apresentadas pelos pesquisadores mencionados no decorrer do trabalho, apontam para um quadro deformacional imposto desde a implantação da Bacia do Grajaú, até a períodos recentes. Com isso, toda a área que compreende a Amazônia Legal deve ser analisada de forma diferenciada, quando enfocadas questões relacionadas à sua abordagem de caráter ambiental explicativa. Ou seja, ela apresenta complexidades dentro do seu contexto amazônico, no caso de Açailândia responde através das erosões, que podem apresentar-se de formas variadas e que somente dentro de um contexto regional, mais abrangente, alcança explicações.

Em Açailândia, os resultados levam a compreender que a erosão não corresponde a uma resposta direta de um único fator tomado isoladamente, mas a uma combinação que leva a uma maior ou menor estabilidade à sua ocorrência, se levando em conta que cada um dos fatores abordados se comportam de formas diferenciadas. Assim, uma área identificada como estável pode vir a apresentar erosão, se submetida a uma situação crítica de chuva, ou qualquer outra intervenção natural ou antrópica.

A integração dos dados alcançados e representados no Mapa Síntese (Figura 68), evidenciam a área como caracteristicamente suscetível à ocorrência de erosão, ressaltando que nos setores urbano e industrial, a situação passa a ser crítica em função da interferência antrópica direta. Apesar de apresentar áreas pouco suscetíveis à erosão, estes não podem ficar isentos

de sua ocorrência, principalmente, se um dos fatores mencionados forem potencializados localmente como, por exemplo, a retirada da vegetação.

Ressalta-se, a importância da metodologia desenvolvida e empregada, por ter produzido resultados compatíveis para o contexto da Amazônia Legal. Conforme já mencionado, a área de estudos caracteriza-se por congrega fatores físicos típicos deste ecossistema maior, área de terreno sedimentar, com baixa declividade, relevo colinoso muitas vezes bastante dissecado, solos predominantemente arenosos, clima tipicamente tropical com chuvas concentradas e que só apresentam maior resistência à erosão quando está mais florestada.

As observações e resultados alcançados com os estudos de detalhamento a nível local, realizados em campo e laboratório, ajudaram a explicar, definir e localizar as zonas preferenciais da erosão. As técnicas de geoprocessamento serviram, sobretudo, de apoio para a investigação de uma área bastante grande, facilitando as simulações e possibilidades de cruzamento entre os planos de informações obtidos nos estudos sobre a caracterização do ambiente contribuindo, sobremaneira, na compreensão das relações entre os fatores ambientais que estão interferindo para a ocorrência da erosão em Açailândia.

A cidade demonstra, de uma forma bem clara, que os fatores relacionados ao meio físico quando associados à ocupação desordenada, não respeitando os limites impostos pela natureza, congrega uma maior suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos acelerados e de grande porte. O rápido e desordenado crescimento urbano, que vem se processando na área, é um dos fatores que explicam toda uma série de impactos aí verificados. Enquanto na década de 70, a população do então povoado de Açailândia era de 2.107 habitantes, em 1981, quando o município foi criado, já era de 52.455 habitantes e, em 1996, segundo dados do IBGE, já ultrapassava 100.000 habitantes.

O crescimento populacional poderia não ter tido conseqüências tão danosas, caso a infraestrutura urbana tivesse conseguido acompanhar esse rápido crescimento. As periferias pobres de Açailândia continuam não tendo

um serviço sanitário adequado, fazendo com que a maioria das casas, joguem seu esgoto direto nas ruas que convergem para as voçoroca (caminho mais curto até o córrego). Isso faz com que haja um aumento do escoamento superficial, incrementando os problemas da erosão, além de problemas relacionados à saúde pública, devido à falta de saneamento básico. Como consequência, várias ruas apresentam voçorocamento, o que tem levado ao desaparecimento de alguns trechos das mesmas.

Na cidade, as feições erosivas ocorrem principalmente nas encostas voltadas para os dois córregos que a circundam, o córrego Boa Esperança e o córrego Jacu, que correspondem às áreas periféricas da cidade. As águas das chuvas são drenadas por linhas preferenciais ao longo das ruas, direcionando-se para o nível de base dos córregos, desagregam e carregam as partículas dos solos, formando um cone de deposição na sua base, o que tem levado ao assoreamento dos córregos.

As voçorocas monitoradas na periferia da cidade revelam que nas áreas com vegetação, mesmo que reflorestadas por eucalipto, existe uma resistência à ocorrência de erosão. Isto confirma a hipótese de que a erosão não corresponde à resposta de um fator isolado, principalmente quando se considera o tipo de solo na área.

Os processos de valorização das espécies vegetais e uso da terra, descaracterizaram totalmente os sistemas vegetais da região. Hoje, a vegetação existente é representada, em sua maioria, por pastos degradados e juquiras abandonadas, que não se diferem da área urbana, que quase não apresenta arborização. Os poucos espaços verdes em Açailândia são encontrados, em geral, na periferia, os quais se tornam focos de queimadas no período de estiagem.

Nesse sentido, o controle da erosão só será possível através de um esquema integrado de prevenção e combate. A área necessita de trabalhos que destaque a relevância de estudos de detalhe no desenvolvimento das feições erosivas já existentes, dentro de uma ótica holística e sistêmica, envolvendo as lideranças urbanas e rurais, somando esforços com as entidades governamentais e privadas.

Neste quadro, se faz necessário estudo dirigido sobre a erosão, principalmente sob a luz da interdisciplinariedade, pois o seu conhecimento envolve uma gama de fatores ambientais e sociais que não podem ser avaliados isoladamente quando diagnosticado. Destaca-se, que um programa de controle da erosão não pode ser considerado de forma isolada, mas sim como parte de um plano de desenvolvimento regional, no qual a conservação dos solos seja uma das maiores premissas, tendo em vista que o solo não é um recurso renovável quando comparado com o tempo de vida dos seres humanos.

A recuperação da paisagem social da cidade de Açailândia torna-se um desafio, exigindo uma gestão urbana participativa com discussão das prioridades e definição das medidas de controle. As condições de vida da população que reside nas áreas suscetíveis à erosão, vem caindo gradativamente devido à migração acentuada, aliado ao mau uso e ocupação inadequada do solo.

Em busca de soluções e de uma melhoria das condições ambientais, muitos autores têm apresentado alternativas de controle e recuperação de voçorocas em áreas urbanas e rurais (Mafra, 1981; Bigarella e Mazuchowski, 1985; Salomão, 1999).

No caso de Açailândia, o ponto de partida para o controle e prevenção da erosão no espaço urbano, seria a elaboração de projetos que visem reflorestamento e preservação de áreas florestadas. Além disso, a criação de um cinturão verde no entorno da cidade para amenizar tanto os problemas erosivos como o aumento da temperatura, destacando-se, ainda, a necessidade de intervenção imediata nos bairros já atingidos, onde os processos erosivos encontram-se em franco desenvolvimento.

Ressalta-se contudo, que um planejamento mais eficaz e embasado em estudos específicos sobre contenção de voçorocas torna-se relevante e prioritário para se alcançar respostas satisfatórias com relação à contenção das voçorocas em Açailândia. Entretanto, o sucesso da estabilização e recuperação das voçorocas dependerá fundamentalmente, se toda a

comunidade, junto com o poder público local, estiver consciente do problema. A educação ambiental é primordial nesse caso.

Com isso, os resultados alcançados visam subsidiar e fornecer sugestões no intuito de colaborar para a solução satisfatória dos problemas decorrentes da erosão que se processa no local estudado, bem como a contenção do fenômeno em si. Considera-se este, como um ponto inicial para a explicação das erosões na região de Açailândia, necessitando de trabalhos de detalhes que possam esboçar com mais segurança a complexidade dos fatores abordados na pesquisa.

BARBOSA, G. A. (1971). Erosão em Açailândia - Maranhão. In: CONGRESSO DE GEOLOGIA DO BRASIL, 1971. Anais... SGG. v.3, 1971. p. 1-2.

MENDES, A. B. (1971). Erosões em Açailândia - Maranhão. Curso (TCC). UFPA/DEGEM. p. 1-2.

MEDEIROS, H. G. (1971). Levantamento Geológico da Região Urbana. Serviço Geológico do Brasil. p. 1-2.

MARAL, C. F. (1971). Geotécnica da Baixada de Sepetim e Maciço Mourão. Trabalho de Conclusão de Curso. Rio de Janeiro: UFRJ. p. 1-2.

AMERICAN GEOL. INST. (1970). Disasters of Erosion. Anchor Books. New York, 1970.

MAISE-JÚNIOR, J. (1971). Erosões em Açailândia - Maranhão. Região de Açailândia - Projeto Geológico. Dissertação de Mestrado.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A.N. Geomorfologia da Região [Carajás]. *In: Carajás. Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento*. São Paulo: Brasiliense/ Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1986. 88-124 p.
- AB'SABER, A.N. Aspectos Geomorfológicos de Carajás. *In: Impacto Ambiental/ Experiência da CVRD*. Belém/Pará, 1990. 201-232 p.
- AGUIAR, G.A. Revisão geológica da Bacia Paleozóica do Maranhão. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo. Anais...SBG.* v.3, 1971. 113-122 p.
- ALENCAR, A.A.C. Proposta Metodológica para o Estudo de Voçorocas Urbanas: O Caso de Açailândia. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), UFPA/DEGEO, 1994. 31 p.
- ALMEIDA, H.G.; MARINHO, P.A.; MARTINS, R.C. Programa Levantamento Geológicos Básicos do Brasil. Folha SB-22.X-D-C Marabá. Serviço Geológico do Brasil-CPRM. Rio de Janeiro, 1995. 113 p.
- AMARAL, C.P. Mapeamento Geológico-Geotécnico da Baixada de Sepetiba e Maciços Circunvizinhos-Parte Sul da Folha de Santa Cruz. Rio de Janeiro:IGC, 1988. 143 p. Dissertação (Mestrado).
- AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE. Dictionary of Geological Terms. Anchor Books, Garden City, New York, 1976.
- ANAISSE JÚNIOR, J. Fácies Costeiras dos Depósitos Itapecuru (Cretáceo), Região de Açailândia, Bacia do Grajaú. Belém-Pará: UFPA/CG, 1999. 86 p. Dissertação (Mestrado).

- ANTUNES, F. dos S.; BARROSO, J.A.; PEDROTO, A.E.S.; POLIVANOV, H. A Importância da Utilização de Levantamentos Pedológicos para a Elaboração de Mapas Geotécnicos. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, RJ-ES, 1, Rio de Janeiro, Anais...*, Rio de Janeiro, SBG, 1987. 227-235 p.
- ARMSTRONG, A.C. Slopes, Boundary Conditions and the Development of Convexo-Concave Forms, some Numerical Experiments. *Earth Surf. Proc. Landf.*, 12, p. 17-30, 1987.
- AZEVEDO, R.P. Tectonic evolution of Brazilian Equatorial Continental Margin Basins. University of London, 1991. 455 p. Tese (Doutorado).
- BASTOS, A.C.S. e FREITAS, A.C. Agentes e Processos de Interferência, Degradação e Dano Ambiental. *In: Cunha, S.B. e Guerra, A.J.T. (Orgs.) Avaliação e Perícia Ambiental. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1999. 17-75p.*
- BASTOS, C.A.B. e ALVES, A.M. de L. Mapeamento Geotécnico da Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul. *In: CONGR. BRAS. CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 2, São Carlos (SP), Anais...São Carlos (SP), ABGE, 1996. 19-28 p.*
- BECKER, B.K. e EGLER, C.A.G. Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal - LAGET/UFRJ, 1996.
- BELTRAME, A.V. Diagnóstico do Meio Físico de Bacias Hidrográficas - Modelo de Aplicação. Florianópolis. Editora da UFSC, 1994.

- BEMERGUY, R.L. e COSTA, J.B.S. Considerações sobre a evolução do sistema de drenagem da Amazônia e sua relação com o arcabouço tectônico-estrutural. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 1992. 75-97 p.
- BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. Ed. Ícone, São Paulo, 1990, 355 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JR., R. Equação de Perdas de solo. Instituto Agronômico, Campinas, SP, (Boletim Técnico, 21), 1975. 25p.
- BEVEN, K.J.; KIRKBY, M.J.; SCHOFIELD, N.; TAGG, A.F. Testing a Physically-Based Flood Forecasting Model (TOPMODEL) for Three UK Catchments. *Jour. of Hydrology*, 69, 1984. 119-143 p.
- BIGARELLA, J.J. e MAZUCHOWSKI, J. Visão Integrada da Problemática da Erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 3, Maringá (PR), Anais...Maringá (PR), ABGE/ADEA, 1985. 240 p.
- BIGARELLA, J.J. e MOUSINHO, M.R. Considerações a Respeito dos Terraços Fluviais, Rampas de Colúvios e Várzeas. *Bol. Paran. de Geografia*, Vol. 16/17, 1965. 153-197 p.
- BIRKELAND, P.W. Soil and Geomorphology. Oxford University Press. 1984. 372 p.
- BIRKELAND, P.W. Soils-Geomorphic Research - A Selective Overview. Amsterdam, Elsevier Sci. Publ. B.V., *Geomorphology* 3: 207-224, 1990.
- BOARDMAN, J. Soils and Quaternary Landscape Evolution, Wiley & Sons, Chichester, 1985. 319 p.

BORGES, M.S.; COSTA, J.B.S.; HASUI, Y.; FERNANDES, J.M.G.; BERMEGUY, R.L. Instalação e Inversão da bacia do Capim. In: SIMP. NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 6. Perinópolis. Anais...SBG Núcleo Centro-Oeste, 1997. 134-135 p.

BOULET, R. Uma Evolução Recente da Pedologia e suas Implicações no Conhecimento da Gênese do Relevo. In: Congresso ASSOCIAÇÃO BRAS. DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 3, Belo Horizonte, 1992, Anais... Belo Horizonte, ABEQUA, 1992. 43-58 p.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL, Levantamento dos Recursos Naturais. Folha SB.23/24, Teresina/Jaguaribe. Vol. 2 e 4. Rio de Janeiro, 1973.

BRASIL. Zoneamento das Potencialidades dos Recursos Naturais da Amazônia Legal. Rio de Janeiro. IBGE, 1990. 212 p.

BRASIL. Zoneamento das Potencialidades dos Recursos Naturais da Amazônia Legal. Rio de Janeiro. IBGE, 1996. 200 p.

BROOKS, S.M.; ANDERSON, M.G.; COLLISON, A.J.C. Modelling the Role of Climate, Vegetation and Pedogenesis in Shallow Translational Hillislope Failure. *Earth Surf. Proc. & Landf.*, 20, 231-242 p. 1995.

CÂMARA, G. e FREITAS, U.M. Perspectivas em SIG. Revista Fator Gis. Ano 3 Nº10. Sagres Editora, Curitiba (PR), 1995. 31-34 p.

CARNEIRO, M.S. Do Latifúndio Agropecuário à Empresa Latifundiária Carvoeira: A EFCarajás e a Propriedade da Terra no Oeste Maranhense. In: 10 Anos da Estrada de Ferro Carajás. Editora UFPA/NAEA, Belém, 1997. 223-250 p.

CAVALHEIRO, F. Urbanizações e Alterações Ambientais. *In: Tauk, S.M. (Org.) Análise Ambiental*. São Paulo, UNESP/FAPESP, 1991. 88-99 p.

CHAVES, H.M.L. Modelagem e Técnicas de Sensoriamento Remoto Aplicada a Estudos de Erosão. *In: Pereira, V.P.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.A.P. (Orgs) Solos Altamente Suscetíveis à Erosão*. Soc. Bras. de Ciência do Solo, Jaboticabal, SP, 1994. 253 p.

CHRISTOFOLLETTI, A. Geomorfologia. 2ª Edição. São Paulo. Edgard Blücher, 1980. 149 p.

CHRISTOFOLLETTI, A. Condicionantes Geomorfológicos e Hidrológicos aos Programas de Desenvolvimento. *In: Tauk, S.M. (Org.) Análise Ambiental*. São Paulo, UNESP/FAPESP, 1991. 82-84 p.

COCHRANE, M.A. O Significado das Queimadas na Amazônia. *Rev. Ciência Hoje*, 26 (157): 26-31, 2000.

COELHO, M.C.N. The Socioeconomic Impacts of the Carajás Railroad in Maranhão, Brazil. Syracuse. Syracuse University. 1991. 498p. Tese (Doutorado).

COELHO, M.C.N. A CVRD e o Processo de (Re) Estruturação e Mudança na Área de Carajás (Pará). *In: Coelho, M.C.N. e Cota, R.G. (Orgs.) 10 anos da Estrada de Ferro Carajás*. Belém, UFPA/NAEA, Ed. Gráfica Supercorres, 1997.51-78 p.

COELHO NETTO, A.L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. *In: Guerra, A.J.T. e Cunha, S.B. (Orgs.) Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e conceitos*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 3ª Edição, 1998. 93-148 p.

- COLARES, J.Q.S. e CAVALCANTI, V.M.M. Litofácies e sistemas deposicionais da Formação Itapecuru na porção centro-oeste do Maranhão. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36. Natal. Anais... SBG. V. 1, 1990. 150-155 p.
- CORDANI, U.G.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A.; PORTO, R.; THOMAZ FILHO, A.; CUNHA, F.M.B.da. Estudo Preliminar de integração do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras. *Ciência, Técnica, Petróleo. Seção Exploração do Petróleo*, 15: 20-27. 1984.
- CORRÊA, C.S.A. Degradação Ambiental na Bacia do Rio Açailândia-MA: Uma Avaliação de Condicionantes Geomorfológica e Ação Antrópica. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). UFPA/DEGEO, 1997. 24 p.
- COSTA, J.E. e BAKER, V.R. *Surficial Geology - Building with the Earth*. John Wiley & Sons, 1981. 498 p.
- CPRM. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. "Programas de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais de Solos e de Vegetação para a Área do Programa Grande Carajás, Folha Imperatriz - SB23-VC". DNPM. Brasília, 1990.
- CUNHA, F.M. e CARNEIRO, R.G. Carta geológica da Bacia do Parnaíba, Escala 1:250.000. Petrobrás/DNPM, 1973.
- CUNHA, S.B. Geomorfologia Fluvial. In: Guerra, A.J.T. e Cunha, S.B. (Org.) *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Editora Bertrand do Brasil, 3ª Edição, 1998. 211-252 p.
- CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T. Degradação Ambiental. In: Guerra, A.J.T. e Cunha, S.B. (Orgs.) *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1998. 337-379 p.

CVRD. Companhia Vale do Rio Doce. Programa de Pólos Florestais para a Amazônia Oriental: a reversão do processo de degradação ambiental. Rio de Janeiro. s . ed. 1989. 38 p.

DANIELS, R.B. e HAMMER, R.D. Soil Geomorphology. John Wiley & Sons, Inc. United State, 1992. 236 p.

DE BIASI, M. Carta de Declividades de Vertentes: Confecção e Utilização. Geomorfologia. São Paulo, Instituto de Geografia, 21, 1970. 8-13 p.

DE PLOEY, J. Crusting and Time-Dependent Rainwash Mechanisms on Loamy Soil. *In: Morgan, R.P.C. (Org.) Soil Conservation Problems and Prospects*, 1981. 139-152 p.

DE PLOEY, J. Experimental date on Runoff Generation. *In: Swaify, S.A.; Moldenhauer, W.C. e Lo, A. (Eds.) Soil Erosion and Conservation*, 1985. 528-539 p.

DE PLOEY, J. e POESEN, J. Aggregate Stability Runoff Generation and Interrill Erosion. *In: Richards, K.S.; Arnett, R.R.; Ellis, S. (Eds.) Geomorphology and Soils*, 1988. 99-120 p.

DREW, D. Processos Interativos Homem-Meio Ambiente, 3ª Edição. Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1994. 206 p.

DUNNE, T. Runnof in a Humid Area. US Department of Agriculture Report ARS, 1970. 41-160 p.

DUNNE, T. Formation and Controls of Channel Networks. *Prog. in Phys. Geogr.*, Vol. 4, N° 2, 1980. 211-239 p.

- DUNNE, T. Hydrology, Mechanics and Geomorphic Implications of Erosion by Surface flow. In: Higgins, C.G. e Coates, D.R. (Eds.) Groundwater Geomorphology, *Geolo. Soc.Am.Spec.Pap.*, 1990. 1-28 p.
- DUNNE, T. e LEOPOLD, L.B. Water in Environmental Planning. W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1978. 818 p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Mapa de Solos do Brasil. Rio de Janeiro. EMBRAPA - SNLCS, 1981. Escala 1: 5.000.000.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Maranhão. Rio de Janeiro: SNLS/DRN, 1986. 964 p. (EMBRAPA-SNLS. Boletim de Pesquisa, 35. SUDENE/DRN. Série Recursos de Solos, 17).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Procedimentos Normativos de Levantamentos Pedológicos/Humberto Gonçalves dos Santos... Brasília: EMBRAPA - SPI, 1997. 101 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos..Produção de Informação. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412 p.
- EYLES, R.J. Laterite at Kerdan. Pahang, Malaya. *J.Trop. Geog.*, 25, 18-23. 1967.
- FANIRAN, A. e JEJE, L.K. Humid Tropical Geomorphology. New York, Longman, 1983. 414 p.
- FARRES, P.J. The Role of Time and Aggregate Size in the Crusting Process. *Earth Surface Processes*, 1978. 243-254 p.

- FERNANDES, N.F. Hidrologia Subsuperficial e Propriedades Físico-Mecânicas dos Complexos de Rampa, Bananal (SP). IGEO/UFRJ, 1990. 120 p. Dissertação (Mestrado).
- FERNANDES, N.F. Modelagem Matemática da Evolução das Encostas por Processos Difusivos. *In: Simp. Geogr. Física Aplicada*, 6, Goiânia, 1995. Anais...Goiânia, UFG, 1995. 535-543 p.
- FERNANDES, N.F. Modelagem Matemática em Geomorfologia: Potencialidades e Limitações. *In: Simpósio Nacional de Geomorfologia/Sociedade & Natureza*, 1, Uberlândia (MG), 1996, Anais... Uberlândia (MG), UFU, 1996. 222-226 p.
- FERNANDES, N.F. e AMARAL, C.P. Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológica-Geomorfológica. *In: Guerra, A.J.T. & Cunha, S.B. (Orgs.) Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1998. 123-194 p.
- FERNANDES, N.F.; COELHO NETTO, A.L.; LACERDA, W.A. Subsurface Hydrology of Layered Colluvium Mantles in Unchannelled valleys - South-Eastern Brazil. *Earth Surface Process and Landforms*, Vol. 19, 1994. 609-626 p.
- FERRETTI, E.R. A Bacia Hidrográfica - Questões Metodológicas. *In: VII Simp. Bras. de Geogr. Física Aplicada. I Fórum Latino-Americano de Geografia Física Aplicada*. Curitiba (PR). CD-Rom. 1997.
- FIORI, A.P. e SOARES, P.C. Aspectos Evolutivos das Voçorocas. PUC/Campinas, ICH/DEGEO. *Notícias Geomorfológicas*. Vol. 16/dez. 1976.

- FLORESTA RIO DOCE S.A. Relatório dos Dados Pluviométricos e de Temperatura da Área da Estrada de Ferro Carajás. Fazenda Itabaiana. 1997.
- FONTES, L.E.F. e FONTES, M.P.F. Glossário de Ciência do Solo. UFV, Viçosa (MG), 1992. 142 p.
- FOWLER, H.G. e AGUIAR, A.M.D. A Integração da Teoria Ecológica na Análise Ambiental. In: Tauk, S.M. (Org.) *Análise Ambiental*. São Paulo, UNESP/FAPESP, 1991. 133-141 p.
- FRANCISCO, B.H.R.; LOEWENSTEIN, P.; SILVA, O.F.; SILVA, G.G. Contribuição à geologia da Folha de São Luís (AS-23), no Estado do Pará. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Nova Série. 17: 1-40. 1971.
- GARCIA, S.F.; MIRELES, C.M.; MARÇAL, M.S.; BOTELHO, R.G.M. Elaboração da Carta de Declividade como Ferramenta para o Estudo dos Processos Erosivos no Alto Curso do Rio Açailândia (MA). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2, Florianópolis, 1998, Anais... Florianópolis, Vol.
- GERRARD, J. Soil Geomorphology: An Integration of Pedology and Geomorphology. Chapman & Hall. London, 1995. 269 p.
- GIOMETTI, A.B.R. A Bacia Hidrográfica como Subsídio ao Planejamento Ambiental. In: VII Simp. Bras. de Geogr. Física Aplicada. I Fórum Latino-Americano de Geografia Física Aplicada. Curitiba (PR). CD-Rom. 1997.
- GÓES, A.M. A Formação Poti (Carbonífero Inferior) da Bacia do Parnaíba. São Paulo - Instituto de Geociências - USP. 1995. 171 p. Tese (Doutorado).

- GÓES, A.M. e COIMBRA, A.M. Bacias Sedimentares da Província Sedimentar do Meio-Norte do Brasil. In: Simp. Geol. Amaz. 5., Belém, 1996. Boletim de resumos Expandidos, Belém, SBG/NO, 1996. 186-187 p.
- GÓES, A.M.; ROSSETTI, D.F.; COIMBRA, A.M. A Bacia do Grajaú, Estado do Maranhão, Brasil. In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 5. Serra Negra. Boletim de Resumos Expandidos. UNESP, 1999. 255-259 p.
- GOES, M.H. Diagnóstico Ambiental por Geoprocessamento do Município de Itaguaí (RJ). Rio Claro/UNESP- Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP, 1994. 529 p. Tese (Doutorado).
- GUERRA, A.J.T. Processos Erosivos nas Encostas. In: CUNHA, S.B., GUERRA, A.J.T. (Orgs.) *Geomorfologia: Exercício, técnicas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 139-155 p.
- GUERRA, A.J.T. Processos Erosivos nas Encostas. In: Guerra, A.J.T. e Cunha, S.B. (Orgs.) *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 3<sup>o</sup> Edição, 1998. 149-209 p.
- GUERRA, A.J.T. O Início do Processo Erosivo. In: Guerra, A.J.T.; Silva, A.S.; Botelho, R.G.M. (Orgs.) *Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1999. 17-55 p.
- GUERRA, A.J.T.; COELHO, M.C.N.; MARÇAL, M.S. Açailândia: Uma Cidade Ameaçada pela Erosão. *Rev. Ciência Hoje*, 23 (138):36-45. 1998.
- GUERRA, A.J.T. e ALMEIDA, F.G. Propriedades dos Solos e Análise dos Processos Erosivos no Município de Sorriso-MT. In: *Anais do IV Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, Cuiabá (MT)*, 1993.

GUERRA, A.J.T. e FAVIS-MORTLOCK, D. Land degradation in Brazil, *Geography Review*, 12,2,18-23. 1998.

GUERRA, A.J.T.; MARÇAL, M.S.; ALENCAR, A.; SILVA, E.L.G. Monitoramento de Voçorocas em Açailândia-Maranhão. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 5, Bauru(SP), 1995, Anais... Bauru(SP), ABGE, 1995. 373-376 p.

HACK, J.T. e GOODLETT, J.C. Geomorphology and Forest Ecology of a Mountain Region in the Central Appalachians. Denver, U.S. *Geol. Surv.*, 1960. 66 p.

HARR, R.D. Water Flux in Soil and Subsoil on a Steep Forest Slope. *Journ. of Hydr.* 33, 1977. 37-58 p.

HASUI, Y. Neotectônica e Aspectos Fundamentais da Tectônica Ressurgente no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1, Belo horizonte, 1990. Anais... Belo Horizonte, SBG, 1990, 1-31 p.

HADLEY, R.F.; LAL, R.; ONSTAD, C.A.; WALING, D.E.; YAIR, A. Recent Developments in Erosion and Sediment yeld Studies, Technical Documents in Hidrology. International Hydrological Programme, UNESCO, Paris, 1985. 127 p.

HEUVELMAN, W.J. e McINNES, K.J. Spatial Variability of Water Fluxes in Soil: A Field Study. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:1037-1041. 1997.

HORTON, R.E. The Role of Infiltration in the Hydrological Cycle. *Trans. Am. Geophys. Un.*, 14, 1933. 446-460 p.

- HORTON, R.E. Erosional Development of streams and their drainage basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 56: 275-370. 1945.
- HUDSON, N.W. An Introduction to the Mechanics of Soil Erosion Under Conditions of Sub-Tropical Rainfall. *Proc. Trans., Rhod. Sci. Ass.*, 49, 1961. 15-25 p.
- IGREJA, H.L.S. Aspectos Tectôno-Sedimentares do Fanerozóico do Nordeste do Estado do Pará e Noroeste do Maranhão, Brasil, UFPA, Belém 1992. 191 p. Tese (Doutorado).
- JENNY, H. Factors of Soil Formation: An System of Quantitative Pedology. New York, Mc.Graw-Hill, 1941. 281 p.
- JOHNSON, D.L. e WATSON-STEGNER, D. Evolution Model of Pedogenesis. *Soil Science*, 143, 349-66. 1987.
- JORNAL DO BRASIL. Mapas mostram depredação da Amazônia. Primeiro Caderno. 09 de julho de 2000, 14 p.
- KEGEL, W. (1965) A estrutura geológica do nordeste do Brasil. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineração. DNPM*, 227: 1-47.
- KERTZMAN, F.F. e DINIZ, N.C. As Abordagens de Solos Utilizadas na Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. *In: Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente, ABGE/IPT, São Paulo (SP), 1995. 247 p.*
- KIRKBY, M.J. Hillslope Process-Response Models Based on the Continuity Equation. *Inst. British Geographers, Spec. Publi.*, 3, 1971. 15-30 p.

KIRKBY, M.J. Modelling Water Erosion Processes. *In: Kirkby, M.J. e Morgan, R.P.C. (Eds.) Soil Erosion*, 1980. 183-216 p.

KIRKBY, M.J. e CHORLEY, R.J. Through Flow, Overland Flow and Erosion. *Local, Bull. Int. Assoc. Sci. Hydrol.*, 12: 5-21. 1967.

KNAPP, B.J. Infiltration and Storage of Soil Water. *In: Kirby, M.J.(Org.) Hillslope Hydrology chap.2*. John Wiley, 1978. 43-72 p.

KOTSCHOUBEY, B.; TRUCKENBRODT, W.; HIERONYUS, B. Bauxite deposits of Paragominas. *In: Carvalho, A.; Boulangé, B.; Melfi, A.J.; Lucas, Y. (Orgs.) Brazilian Bauxites*. São Paulo. USP, FAPESP. Paris: ORSTOM, 1997. 75-106 p.

KUBE, R. Primeiras Experiências com Sistemas Agroflorestais na Amazônia Oriental. UFPA/Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, *Paper 17*, 1994. 24p.

LANE, L.J. e NEARING, M.A. USDA-Water erosion prediction Project: Hillslope Profile model documentation. Lafayette: NSERL (Report, 2). 1989.

LEMOES, R.C. e SANTOS, R.D. Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. 3ª Ed., Campinas: SBCS/EMBRAPA-SNLCS, 1996. 83 p.

LIBARDI, P.L. Dinâmica da Água no Solo, 1995. 497 p.

LIMA, E.A.M. e LEITE, J.F. Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba, Integração Geológico-Metalogenética, Relatório Final da Etapa III. Recife: DNPM/CPRM, 16v. il. Mapas. 1978.

LIMA-e-SILVA, P.P.; GUERRA, A.J.T.; DUTRA, L.E.D. Subsídios para avaliação de impactos ambientais. *In: Cunha, S.B. e Guerra, A.J.T. (Orgs.) Avaliação*

- e Perícia Ambiental. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1999. 217-261p.
- LOMBARDI NETO, F.; SILVA, I.R.; CASTRO, O.M. Potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo. In: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo, 3., Recife. Anais...fl. 13-A. 1980.
- MAFRA, N.M.C. Considerações a respeito da erosão dos solos. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 43(2):301-312. 1981.
- MAILLARD, P. (1992) Geoprocessamento e Cartografia Automatizada. IGC/UFMG, Belo Horizonte, 1992.
- MARÇAL, M.S. Aspectos Lito-Estruturais das Minas de Ferro N4E e Manganês do Azul, Serra dos Carajás (PA). Belém/Pará: UFPA/CG, 1991. 135 p. Dissertação (Mestrado).
- MARÇAL, M.S. Serra dos Carajás: um Desafio à Interpretação Geológica. In: Coelho, M.C.N. e Cota, R.G. (Orgs.) 10 anos da Estrada de Ferro Carajás. Belém, UFPA/NAEA, Ed. Gráfica Supercoros, 1997. 295-307 p.
- MARÇAL, M.S. e CORRÊA, C.S.A. Estudo Preliminar sobre a Geomorfologia do Município de Açailândia (MA), Área de Influência da Estrada de Ferro Carajás, através de Imagens de Satélite Landsat-TM5. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 3, Goiânia (GO). Anais... 1995, V.2, 188-194 p.
- MARÇAL, M.S.; COSTA, A.B.; CORRÊA, C.S.A.; SILVA, E.L.G.; RUA, F.R.L.; BORGES, M.R.S. Caracterização e Monitoramento dos Sistemas Ambientais dos Municípios Cortados pela Estrada de Ferro Carajás no Pará e no Maranhão. DEGEO/CFCH/UFPA, Belém-Pa, 1996. 69 p.

- MARÇAL, M.S. e GUERRA, A.J.T. (No prelo) Processo de Urbanização e Mudança na Paisagem da cidade de Açailândia-Maranhão. In: Guerra, A.J.T. e Cunha, S.B. (Orgs.) Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.
- McCARG, M. Soil Properties and Subsurface Hidrology. In: Richards, K.S.; Arnet, R.R.; Ellis, S. (Eds.) *Geomorphology and Soils*. George Allen & Unwin, 1985. 121-140 p.
- McFADDEN, L.D. e KNUEPFER, P.L.K. Soil Geomorphology - The Linkage of Pedology and Surficial Processes. *Geomorphology*, 3, 1990. 197-205 p.
- McISSAAC, G.F. Apparent Geographic and Atmospheric Influences on Raindrop Sizes and Rainfall Kinetic Energy. *Journal of Soil and Water Conservation*. 54(6): 663-666. 1990.
- MEIS, M.R.M. e MONTEIRO, A.M.F. Upper Quaternary "Rampas", Doce River Valley, SE Brazilian Plateau. *Zeitschr. fur Geomorph.*, 23: 132-151 p. 1979.
- MEIS, M.R.M. e MOURA, J.R.S. Upper Quaternary Sedimentation and hillslope Evolution: Southeastern Brazilian Plateau. *Am. J. Sci.*, 284(3): 241-254. 1984.
- MESNER, J.C. e WOOLDRIDGE, L.C. Maranhão Paleozoic Basin and Cretaceous coastal basins, North Brazil. *Bulletin Association of Petroleum Geologists*, 48: 1476-1512. 1964.
- MEYER, L.D. e WISCHMEIER, W.H. Mathematical Simulation of the Process of Soil Erosion by Water. *Trans. Am. Soc. Agric. Engrs.*, 12, 1969. 754-758p.
- MONIZ, A.C. Evolução de Conceitos no Estudo da Gênese de Solos. In: ENCONTRO DE GEOMORFOLOGIA DO SUDESTE, 1, Rio de Janeiro, DEGEO/IGEO/UFRJ, 1995. 56-80 p.

MONTGOMERY, D.R.;DIETRICH, W.E.;TORRES, R.;ANDERSON, S.;HEFFNER, I.;LOAGNER, K. Hidrology Response of a Steep, Unchanneled Valley to Natural and Applied Rainfall. *Water Resources Research*, vol. 33, 1, 1997. 91-109 p.

MOORE, I.D.;BURCH, G.J.;MACKENZIE, D.H. Topographic Effects on the Distribution of Surface Soil Water and the Location of Ephemeral Gullies. *Trans. of the ASAE*, 31, 1988. 1098-1107 p.

MORGAN, R.P.C. Soil Dedradation and Erosion as Result of Agricultural Praticce. In: Richards, K.S.; Arnett, R.R. e Ellis, S. (Eds.) *Geomorphology and Soils*, George Aleen and Uniwin, Londres, 1984. 370-395 p.

MORGAN, R.P.C. Estabilishment of Plant Cover Parameters for Modelling Splash and Detachment. In: El-Swaify, S.A;Moldenhauer, W.C. e A. Lo. (Eds.) *Soil Erosion and Conservation. Soil Conservation Society of America*, 1985. 377-383 p.

MORGAN, R.P.C. *Soil Erosion and Conservation*. Longman Grop, Inglaterra, 1986. 298 p.

MOURA, J.R.S.;PEIXOTO, M.N.O.;SILVA, T.M. Geometria do Relevo e Estratigrafia do Quaternário como Base a Tipologia de Cabeceiras de Drenagem em Anfiteatro-Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. *Rev. Bras. Geoc.*, 21(3):255-265. 1991.

MOURA, J.R.S.;PEIXOTO, M.N.O.;SILVA, T.M.;MELLO, C.L. Abordagem Morfoestratigráfica: Mapeamento das Formações Superficiais Quaternárias. In: ENCONTRO DE GEOMORFOLOGIA DO SUDESTE, 1, DEGEO/IGEO/UFRJ, Rio de Janeiro, 1995. 163-165 p.

MÜNSEL COLOR COMPANY. Munsell Soil Color Charts. Baltimore, 1975.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Landslides - Investigation and Mitigation. Transformation Research Board, Special Report 247. *National Research Press*, Washington, 1996. 675 p.

OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. Classes Gerais de Solos do Brasil: Guia Auxiliar para seu Reconhecimento. Jaboticabal. FUNEP, 1992. 201 p.

OLIVEIRA, M.A.T. Slope Geometry and Gully Erosion development: Bananal (SP), Brazil. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, Vol. 34, N° 4, 1990. 423-434 p.

OLIVEIRA, M.A.T. Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas. In: Guerra, A.J.T.; Silva, A.S.; Botelho, R.G.M. (Orgs.) *Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1999. 57-99 p.

OLIVEIRA, M.A.T. e MEIS, M.R.M. Relações entre Geometria do Relevo e Formas de erosão Linear Acelerada (Bananal/SP). *Geociências*, São Paulo, N° 4, 1985. 87-99 p.

OLIVEIRA, M.A.T.; VIEIRA, A.F.G.; POSSAS, H.P.; PAISANI, J.C.; LOPES, L.J.; LIMA, M.S.B.; PONTELLI, M.E. Evolução de Voçorocas e Integração de Canais em Áreas de Cabeceira de drenagem: Município de Resende (RJ). In: *Simp. Nac. de Geomorfologia/ Sociedade & Natureza*, 1, Uberlândia (MG), 1996, Anais... Uberlândia(MG), UFU, 1996. 201-205 p.

OSAKI, F. Práticas de Conservação de Solos. Curitiba (PR), 1994. 603 p.

PALMIERI, F. e LARACH, J.I. Pedologia e Geomorfologia. In: Guerra, A.J.T. e Cunha, S.B. (Orgs.) *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. 1998. 59-122 p.

- PARSONS, A.J. Process, Form and Boundary Conditions Along Valley-Side Slopes. In: V. Gardiner (Ed.), *International Geomorphology 1986*, John Wiley, New York, 1987. 89-104 p.
- PEIXOTO, M.N.O.; SILVA, T.M.; MOURA, J.R.S. Reflexões sobre as Perspectivas Metodológicas em Geografia Física. In: *Revista da Pós-Graduação em Geografia*. Rio de Janeiro. UFRJ/PPGG, Vol. 1, 1997. 35-48p.
- PETRI, S. Foraminíferos fósseis da Bacia do Marajó. *Bol. Fac. Fil. Cienc. Letr. Univ. São Paulo*, 176, Geologia N° 11, São Paulo. 1954.
- PETRI, S. e FÚLFARO, V.J. *Geologia do Brasil*. São Paulo, T.A. Queiroz Editora. 1983. 613 p.
- POESEN, J. e GOVERS, G. A field-Scale Study of Surface Sealing and Compaction on Loam and Sandy Soils. 2: Impact of Soil Surface, Sealing and Compaction on Water Erosion Processes. In: Caillebaut Gabriels, De Boots (Eds): *Assessment of Soil Surface Sealing and Crusting*, Ghent, Belgium, 1986. 183-193 p.
- PRADO, H. *Manual de Classificação de Solos do Brasil*. FUNEP/UNESP, 2ª Ed., Jaboticabal (SP), 1995. 198 p.
- PRIMO, A.C. *Panorama Histórico de Açailândia*. Açailândia - MA. 1987. 51 p.
- QUEIROZ NETO, J.P. A Geomorfologia na Interface das Ciências Ambientais: Geomorfologia e Pedologia. In: *ENCONTRO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA DO SUDESTE*, 1, DEGEO/IGEO/UFRJ, Rio de Janeiro, 1995. 81-92 p.

RAMALHO, R. Geomorfologia. In: CONSELHO INTERMINISTERIAL DO PROGRAMA GRANDE CARAJÁS. Programa Grande Carajás: aspectos físicos, demográficos e fundiários. IBGE. Rio de Janeiro. 1981. 7-8 p.

RAMALHO, R.S. Análise Ambiental do Potencial Turístico da Vertente Sul do Maciço do Gericinó-Mendanha, Zona Oeste do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ/IGEO, 2000. 125 p. Dissertação (Mestrado).

RESENDE, M.;CURI, N.;REZENDE, S.B. de;CORRÊA, G.F. Pedologia: Base para Distinção de Ambientes. NEPUT/UFV, Viçosa (MG), 1995. 336 p.

REZENDE, W.M. e PAMPLONA, H.R.P. Estudo do desenvolvimento do Arco Ferrer-Urbano Santos. Boletim Técnico da Petrobrás, 13: 5-14. 1970.

ROSS, J.L.S. Geomorfologia Aplicada aos EIAs-RIMAs. In: Guerra, A.J.T. e Cunha, S.B. (Orgs.) *Geomorfologia e Meio Ambiente*, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1998. 291-336 p.

ROSSETTI, D.F. e TRUCKENBRODT, W. Revisão estratigráfica para os depósitos do Albiano-Terciário (?) na Bacia de São Luís. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra*, 9: 29-41. 1997.

RUA, F.R.L. Análise do Município de Açailândia (MA), tendo como indicador a cobertura vegetal e o reflorestamento de eucalipto, através de imagens de satélite Landsat. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), UFPA/DEGEO, 1997. 30 p.

SALOMÃO, F.X.T. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: Guerra, A.J.T.; Silva, A.S.; Botelho, R.G.M. (Orgs.) *Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1999. 229-267 p.

- SANCHEZ, J.E. La Geografia y el Espacio Social del Poder. Barcelona: Realidad Geografica/3, Los Libros de la Fronteira. 1981.
- SCHOBENHAUS, C.;CAMPOS, D.A.;DERZE, G.R.;ASMUS, H.E. (Orgs.) Mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais. Escala 1:2.500.000l. Brasília, DNPM. 1981.
- SILVA, E.L.G. Voçoroca em Açailândia: Um Problema Natural ou Social. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), UFPA/DEGEO, 1994. 27 p.
- SILVA, L.F da Solos Tropicais: Aspectos Pedológicos, Ecológicos e de Manejo. Terra Brasilis Editora Ltda, São Paulo (SP), 1996. 137 p.
- SIMONSON, R.W. Non Agricultural Applications of Soil Surveys. *Geoderma*, Amsterdam, Vol. 10, N° 1/2. 1973.
- SMITH, T.R. e BRETHERTON, F.P. Stability and the Conservation of Mass in Drainage Basin Evolution. *Water Res. Res.*, 8(6), 1972. 1506-1529 p.
- SOMMER, M. e SCHLICHTING, E. Archetypes of Catenas in Respect to Matter - A Concept for Structuring and Grouping Catenas. *Geoderma* 76: 1-33. 1997.
- SUMMERFIELD, M. Global Geomorphology: Na Introduction to the Study of Landforms. Departments of Geography, University of Edinburgh. 1991. 537p.
- THURLER, E.R.;GOMES, R.A.T.;FERNANDES, N.F. Infiltração e Drenagem nos Solos da Estação de Agrometeorologia da UFRJ. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Sociedade & Natureza, 1, Uberlândia (MG), 1996, Anais... Uberlândia(MG), UFU, 1996. 293-297 p.

- THORNES, J.B. Fluvial Process. *In: Process in Geomorphology.* (Eds) C.Embleton & J.B. Thornes, 1979. 213-271 p.
- VAN DE BERG, E. Os Impactos do Eucalipto. *In: A Implantação da Indústria de Celulose no Maranhão: Celmar na Região Tocantina. Seminário Consulta Carajás-Cartilha N° 03, Maranhão, 1994. 22 p.*
- VEIGA, J.B. e HEBETTE, J. Produção Sustentada da Agropecuária Integrada. *In: Simpósio Internacional sobre Meio Ambiente, Pobreza e Desenvolvimento da Amazônia, 1., Belém (PA), 1992, Anais. Belém, PRODEPA, 1992, 280-284 p.*
- VIEIRA, L.S. Manual da ciência do Solo. São Paulo, Agronômica Ceres, 1988, 464 p.
- XAVIER DA SILVA, J. Geoprocessamento e Análise Ambiental. *Revista Brasileira de Geografia, 47-61, 54(3), Rio de Janeiro, RJ, 1994.*
- XAVIER DA SILVA, J. Geomorfologia e Geoprocessamento. *In: Guerra, A.J.T. & Cunha, S.B. (Orgs.) Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 3ª Edição, 1998. 393-414 p.*
- WATRIN, O.S. e ROCHA, A.M.A. Levantamento da Vegetação Natural e do uso da Terra no Município de Paragominas (PA) Utilizando Imagens TM/Landsat. Belém, EMBRAPA/CPATU, fev. 1992, Boletim de Pesquisa, 40 p.
- WEYMAN, D.R. Throughflow on Hillslopes and Its Relation to the Stream Hydrograph. *Bull. Int. Assoc. Scientific Hydrology 15(3): 25-33. 1973.*

- WILLIAMS, J.R. Testing the Modified Universal Loss Equation. *In: Proceedings of the Workshop on Estimating Erosion and Sediment Yield on Rangelands* USDA-ARS Publication ARMW, 26, 1982. 157-165 p.
- WISCHMEIER, W.H. e MANNERING, J.V. Relation of Soil Properties to its Erodibility. *Proceedings Soil Science Society of America*, 33, 1969. 133-137 p.
- WISCHMEIER, W.H. e SMITH, D.D. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. Washington, United States Department of Agriculture, 1978. 58 p.
- ZING, A.W. Degree and Length of Land Slope as its Affets Soil Loss in Runoff. *Agric. Engeng.*, 21, 1940. 59-64 p.

# **ANEXOS**

Numero	Actividad	Inicio	Fin	Responsable	Estado
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					
11					
12					
13					

# ANEXO 1

## ANEXO 1 – TABELA DE MONITORAMENTO

Número estaca	Direção	Medidas em metro			
		Monit. 1	Monit. 2	Monit. 3	Monit. 4
01	C 05 (N-S)	21,00	20,00	20,00	20,00
	D 35 NE	16,89	16,00	16,00	10,30
	E 350 NW	20,92	20,20	18,33	17,80
02	C 165 NW	5,50	5,05	5,05	4,60
	D 180 S	7,96	7,75	4,96	4,90
03	C 63 NE	6,40	6,40	6,40	7,40*
	D 110 SE	11,62	10,39	10,35	17,80* <sup>1</sup>
	E 334 NW	7,20	7,20	6,90	-
04* <sup>3</sup>	C 35 NE	5,80	5,70	18,27*	14,70*
	D 60 NE	12,51	8,35	17,35*	17,35*
	E 351 NW	13,33	4,85	-	9,40*
05	C 85 NE	11,80	11,80	10,97	10,97
	D 140 SE	9,70	9,70	7,02	7,02
	E 40 NE	13,87	13,60	12,40	12,40
06	C 88 NE	7,00	6,70	6,23	6,05
	E 18 NE	22,98	-	7,78	6,17
	D 120 SE	14,00	8,00	12,81	12,71
07*	C 122 SE	6,20	-	3,02	3,00
	D 135 NE	8,85	-	3,44	3,86
	E 50 NE	7,63	-	5,05	3,90
08	C 34 NE	6,83	6,00	1,10	1,00
	D 73 NE	7,85	7,70	1,85	1,85
	E 340 NW	10,64	9,70	1,48	1,48
09	C 270 W-E	7,89	7,80	5,10	4,40
	D 340 NW	14,85	14,00	7,90	7,60
	E 245 SW	12,30	12,00	12,00	11,80
10	C 298 SW	10,00	10,00	7,60	7,70
	E 270 W	21,39	21,05	9,00	9,90
	D 331 NW	9,43	9,05	6,10	6,10
11	C 208 SW	6,40	6,40	6,20	6,05
	E 185 SW	9,35	9,35	5,40	5,38
	D 250 SW	6,00	5,68	4,60	4,60
12	C 198 SW	9,26	9,26	9,20	9,20
	E 167 SW	9,69	9,38	9,23	9,20
	D 215 SW	21,04	10,15	8,70	8,70
13	C 210 SW	11,85	8,43	8,40	7,92
	D 265 SW	13,85	10,10	8,90	8,90
	E 179 SW	10,05	10,00	10,00	6,95

14	C 255 SW	8,60	4,70	1,90	1,80
	D 290 NW	9,80	7,80	2,00	2,00
	E 197 SW	20,98	11,43	2,30	2,10
15	C 283 SW	20,19	3,05	3,00*	C160 SE
	E 278 NW	19,67	3,95	3,00*	230 SE
	D 292 NW	19,67	3,10	3,00*	D210SW
16	C 270 W-E	13,90	8,82	1,00	1,00
	E 255 SW	15,20	8,84	1,00	1,00
	D 285 NW	15,15	9,37	1,46	1,46
17	C 267 SW	9,03	3,20	3,20	3,05
	E 245 SW	10,75	3,90	3,90	3,90
	D 295 NW	16,00	5,35	5,16	4,20

**Tabela 1-** Distâncias e medidas a partir dos quatro monitoramentos realizados na **voçoroca do Jacu**, localizados na área urbana de Açailândia. C= centro, D= direita, E= esquerda. Na estaca 04, o (\*) corresponde a dois monit. Distintos devido a presença de dois níveis no terreno; na estaca 05, ocorreu mudança da direção no monit. 3 e 4 para C= 160SE, E=130SE, D=210SW.

## ANEXO 1 – TABELA DE MONITORAMENTO

Número estaca	Direção	Medidas em metro			
		Monit. 1	Monit. 2	Monit. 3	Monit. 4
26	C 38 NE	11,33	11,00	11,00	10,80
27	C 315 NW	7,23	6,60	6,50	6,50
	D 343 NW	7,58	6,60	6,50	6,50
28	C 312 NW	6,60	6,45	6,40	6,30
	E 280 NW	8,51	8,20	8,10	8,10
	D 329 NW	7,33	7,33	6,70	6,70
29	C 310 NW	9,18	8,10	8,10	8,10
	E 285 NW	8,33	8,00	7,80	7,80
	D <sub>1</sub> 335 NW	8,62	8,30	8,30	8,30
	D <sub>2</sub> 354 NW	7,75	5,70	5,50	5,00
	D <sub>3</sub> 15 NE	10,02	6,20	6,20	5,00
30	C 120 SE	7,88	7,86	6,41	6,41
	E 105 SE	7,32	7,20	6,82	6,82
31	C 135 SE	10,05	8,90	7,73	7,73
	D 150 SE	9,66	9,40	8,81	8,81
	E 115 SE	8,52	7,50	7,45	7,30
32	C 135 SE	6,55	6,00	6,00	6,00
	E <sub>1</sub> 122 SE	7,77	7,19	7,12	7,12
	E <sub>2</sub> 103 SE	8,73	8,40	8,40	8,40
	E <sub>3</sub> 108 SE	9,92	8,80	8,05	8,05
	E <sub>4</sub> 68 NE	10,28	8,74	8,45	8,45

**Tabela 2**-Distâncias e medidas a partir dos quatro monitoramentos realizados na voçoroca do Eucalipto, localizada na área urbana de Açailândia. C= centro, D= direita, E= esquerda.

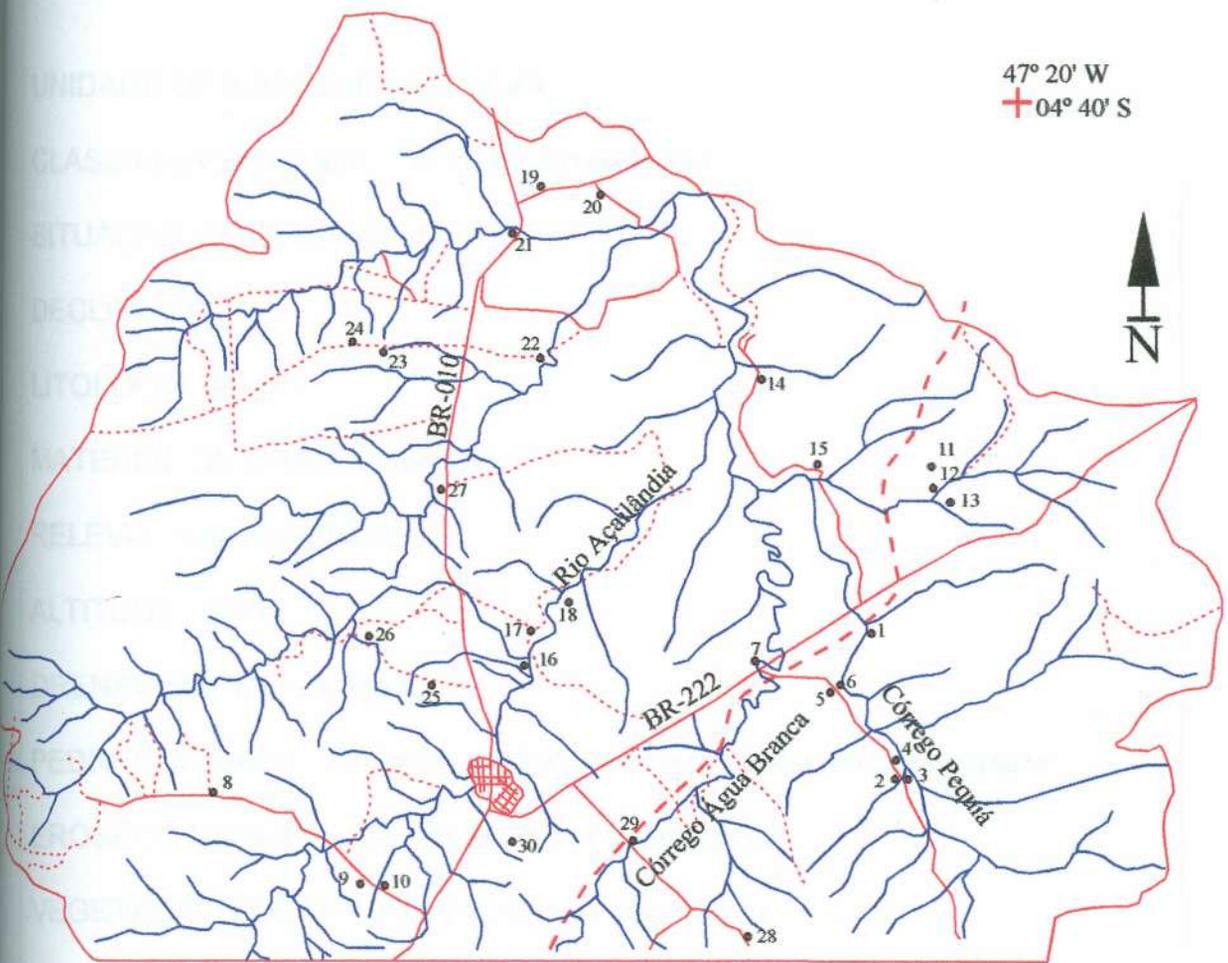
## ANEXO 1 – TABELA DE MONITORAMENTO

Número estaca	Direção	Medidas em metro			
		Monit. 1	Monit. 2	Monit. 3	Monit. 4
18	C 352 NW	8,90	8,85	8,80	8,46
	D 47 NE	11,50	8,64	8,60	8,60
	E 316 NW	15,00	14,63	10,70	10,70
19	C 20 NE	8,30	8,00	7,12	7,12
	D 55 NE	12,15	8,53	8,50	8,50
	E 05 NE	9,90	8,43	8,40	8,40
20	C 05 NE	6,40	6,30	6,12	5,90
	D 70 NE	13,00	9,85	7,90	6,97
	E 349 NW	8,90	8,90	8,28	8,28
21	C 05 NE	7,30	7,00	6,80	6,80
	D 335 NW	8,33	8,20	8,00	8,00
	E 75 NE	16,45	9,40	9,40	7,50
22	C 105 SE	7,20	7,00	6,25	6,15
	E 135	8,80	8,70	6,20	6,00
	D 90EW	10,35	9,10	6,81	5,50
23	C 165 NW	8,13	8,00	5,30	5,20
	D 185 SW	9,40	9,20	6,91	6,90
	E 125 SE	9,62	9,50	6,10	6,10
24	C 175 SE	9,65	9,60	6,78	6,75
	D 198 SW	10,50	10,40	6,12	6,12
	E 135 SE	11,80	11,80	8,00	8,00
25	C 167 SE	10,80	9,90	6,63	6,20
	D 215 SW	11,50	11,45	11,43	11,40
	E <sub>1</sub> 125 SE	11,10	9,40	8,08	8,08
	E <sub>2</sub> 105 SE	16,58	13,30	11,00	10,60
	E <sub>3</sub> 90 EW	19,50	16,40	16,30	11,10

**Tabela 3**-Distâncias e medidas a partir dos quatro monitoramentos realizados na **voçoroca Veu-de-Noiva**, localizada na área urbana de Açailândia. C= centro, D= direita, E= esquerda.

## **ANEXO 2**

Anexo 2 - MAPA DO ALTO CURSO DA BACIA DO RIO AÇAILÂNDIA (MA)



47° 20' W  
+ 04° 40' S



- |  |                   |  |                   |                                  |
|--|-------------------|--|-------------------|----------------------------------|
|  | Limite da Bacia   |  | Ferrovia          |                                  |
|  | Sede do Município |  | Estradas Vicinais |                                  |
|  | Rodovia           |  | Drenagem          | Pontos de Identificação de Solos |

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 01**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *LVA*

CLASSIFICAÇÃO: *Latossolo Vermelho-Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *3°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Suave ondulado*

ALTITUDE: *180 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Presença de linha de seixo de 40cm de espessura*

EROSÃO: *Laminar moderada, ao lado tem voçoroca*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas altas com capim*

USO ATUAL: *Sem uso específico. No passado foi área de material de empréstimo*

LOCALIZAÇÃO: *Por baixo da ponte ferroviária, na margem direita do córrego Pequiá (no encontro com o córrego Água Branca). Ao lado da Voçoroca 2.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 02**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *LA*

CLASSIFICAÇÃO: *Latossolo Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *3°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Suave ondulado*

ALTITUDE: *156 m*

DRENAGEM: *Excessivamente drenado*

PEDREGOSIDADE: *Nenhuma*

EROSÃO: *Ausente*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Capoeirão*

USO ATUAL: *Área rural, sem uso. Área de pasto no passado*

LOCALIZAÇÃO: *Estrada paralela ao córrego Pequiá, no Km 6 a partir da estrada de ferro*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 03**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *R*

CLASSIFICAÇÃO: *Neossolo Flúvico*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *2° a 3°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Terraço aluvionar*

RELEVO: *Suave ondulado*

ALTITUDE: *167 m*

DRENAGEM: *Excessivamente drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Ausente*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Capoeirão*

USO ATUAL: *Área rural, sem uso*

LOCALIZAÇÃO: *Em frente ao ponto 2, na estrada paralela ao córrego Pequiá*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 04**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *LVA*

CLASSIFICAÇÃO: *Latossolo Vermelho-Amarelo, escurecido*

SITUAÇÃO: *Corte de extração de material*

DECLIVE: *2°*

LITOLOGIA: *Areno-argiloso*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Plano*

ALTITUDE: *206 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente, só com presença de faixa de seixo a 35m*

EROSÃO: *Ausente*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas, arbustos esparsos*

USO ATUAL: *Rural, sem uso específico*

LOCALIZAÇÃO: *Na estrada paralela ao córrego Pequiá, 1Km a norte do ponto 03.*

ANEXO 2  
FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO

**PONTO Nº: 05**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *LVA*

CLASSIFICAÇÃO: *Latossolo Vermelho-Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *12°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Colúvio, existe ruptura nítida de declive na encosta*

RELEVO: *Ondulado*

ALTITUDE: *206 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Laminar fraca a moderada*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas altas, aproximadamente 1,5m*

USO ATUAL: *Rural, sem uso específico*

LOCALIZAÇÃO: *Na estrada paralela ao córrego Pequiá, 1,5Km do início da estrada à partir do cruzamento com a estrada de ferro.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 06**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: G

CLASSIFICAÇÃO: *Gleissolo*

SITUAÇÃO: *Furo com trado*

DECLIVE: *Plano*

MATERIAL DE ORIGEM: *Alúvio*

RELEVO: *Plano*

ALTITUDE: *162 m*

DRENAGEM: *Imperfeita*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Ausente*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Área alagada, braquiárea de brejo*

USO ATUAL: *Fazenda, sendo no local sem uso específico*

LOCALIZAÇÃO: *Fazenda Bela Vista, entrada em frente ao ponto 05.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 07**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *LVA*

CLASSIFICAÇÃO: *Latossolo Vermelho-Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *7 a 8°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Suave ondulado*

ALTITUDE: *217 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente até a faixa de seixo*

EROSÃO: *Ausente*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas com arbustos esparsos*

USO ATUAL: *Área de pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Na saída da Fazenda Recanto, na BR-222 em frente a entrada para o escritório da CVRD-Ferrovia.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 08**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *P*

CLASSIFICAÇÃO: *Argissolo Vermelho-Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *3º*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Suave ondulado, sendo no local mais ondulado*

ALTITUDE: *350 m*

DRENAGEM: *Moderada*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Laminar Fraca*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Capoeira*

USO ATUAL: *Rural, sem uso específico*

LOCALIZAÇÃO: *Na estrada a sudoeste que liga Açailândia ao Pará, a partir da BR-010 (em direção a Imperatriz). Estrada perigosa com muitos assaltos, segundo a polícia local.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 09**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *P*

CLASSIFICAÇÃO: *Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico*

SITUAÇÃO: *Corte de Estrada*

DECLIVE: *3°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Colúvio*

RELEVO: *Suave ondulado*

ALTITUDE: *210 m*

DRENAGEM: *Moderada*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Ausente*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Capoeira*

USO ATUAL: *Rural, sem uso específico*

LOCALIZAÇÃO: *Na estrada a sudoeste que liga Açailândia ao Pará, a partir da BR-010 (em direção a Imperatriz), até o de 3Km.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 10**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *LVA*

CLASSIFICAÇÃO: *Latossolo Vermelho-Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *10°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Ondulado*

ALTITUDE: *211 m*

DRENAGEM: *Moderada*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Laminar fraca*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas*

USO ATUAL: *Pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Na estrada a sudoeste que liga Açailândia ao Pará, a partir da BR-010 (em direção a Imperatriz), 1Km depois do ponto 09.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 11**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: C

CLASSIFICAÇÃO: *Cambissolo*

SITUAÇÃO: *voçoroca com 100m de comprimento, aproximadamente)*

DECLIVE: *10 a 11°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Colúvio recente*

RELEVO: *Ondulado*

ALTITUDE: *175 m*

DRENAGEM: *Moderadamente drenado*

PEDREGOSIDADE: *Cascalhento*

EROSÃO: *Voçoroca*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas*

USO ATUAL: *Rural, pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Estrada à esquerda da BR-222 (Km 20), no limite da área de estudo. Entrando 3Km na estrada vicinal. Queda do Guerra.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 12**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *LVA*

CLASSIFICAÇÃO: *Latossolo Vermelho-Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *11°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Colúvio*

RELEVO: *Moderadamente ondulado*

ALTITUDE: *175 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Laminar*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas*

USO ATUAL: *Rural, pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Estrada à esquerda da BR-222 (Km 20), no limite da área de estudo. Entrando 3Km na estrada vicinal.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 13**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *R*

CLASSIFICAÇÃO: *Neosslo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *3°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Aluvio*

RELEVO: *Plano*

ALTITUDE: *213 m*

DRENAGEM: *Muito bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Laminar*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas*

USO ATUAL: *Rural, pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Estrada à esquerda da BR-222 (Km 20), no limite da área de estudo. Entrando 5Km na estrada vicinal.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 14**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *P*

CLASSIFICAÇÃO: *Argissolo Vermelho-Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada, com presença de ravinamentos*

DECLIVE: *11°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Coluvio*

RELEVO: *Moderadamente ondulado*

ALTITUDE: *202 m*

DRENAGEM: *Moderada*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Laminar moderada a forte*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas com arbustos*

USO ATUAL: *Rural, pasto*

LOCALIZAÇÃO: *A partir da BR-222 entrada a esquerda na estrada do Pequiá*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 15**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *P*

CLASSIFICAÇÃO: *Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada, com presença de voçoroca em frente (300m)*

DECLIVE: *8°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Coluvio*

RELEVO: *Moderadamente ondulado*

ALTITUDE: *200 m*

DRENAGEM: *Moderadamente drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Laminar fraca*

VEGETAÇÃO LOCAL: *ausente*

USO ATUAL: *Rural, pasto*

LOCALIZAÇÃO: *A partir da BR-222 entrada a esquerda na estrada do Pequiá.  
Na curva a direita, em baixo de uma grande árvore.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 16**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *LVA*

CLASSIFICAÇÃO: *Latossolo Vermelho-Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *15°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Ondulado*

ALTITUDE: *201 m*

DRENAGEM: *Moderadamente drenado*

PEDREGOSIDADE: *Faixa de pedra acompanha o declive da encosta*

EROSÃO: *Laminar forte*

VEGETAÇÃO LOCAL: *ausente*

USO ATUAL: *Rural, pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Estrada da colônia – entrada pela BR-010 em direção a BR-222*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 17**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *LVA*

CLASSIFICAÇÃO: *Latossolo Vermelho-Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *10°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Colúvio*

RELEVO: *Moderadamente ondulado*

ALTITUDE: *185 m*

DRENAGEM: *Moderadamente drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Laminar fraca*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas com arbustos*

USO ATUAL: *Rural, pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Estrada da colônia – entrada pela BR-010 em direção a BR-222, próximo de uma plantação de seringa.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 18**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *LVA*

CLASSIFICAÇÃO: *Latossolo Vermelho-Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *3º*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Suave ondulado*

ALTITUDE: *211 m*

DRENAGEM: *Moderadamente drenado*

PEDREGOSIDADE: *Presença de faixa de seixo*

EROSÃO: *Ausente*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Mata secundária*

USO ATUAL: *Rural, sem uso*

LOCALIZAÇÃO: *Estrada da colônia – entrada pela BR-010 em direção a BR-222, próximo de uma plantação de seringa, próximo ao ponto 17.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 19**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *LVA*

CLASSIFICAÇÃO: *Latossolo Vermelho-Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *4°*

LITOLOGIA: *Arenito argiloso*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Suave ondulado*

ALTITUDE: *242 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Ausente*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas com muitos arbustos*

USO ATUAL: *Rural, pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Última estrada vicinal no limite norte da área pesquisada –  
Fazenda Novo Horizonte.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 20**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *PV*

CLASSIFICAÇÃO: *Argissolo Vermelho-Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *7 a 8°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Suavemente ondulado*

ALTITUDE: *178 m*

DRENAGEM: *Moderada*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Laminar moderada*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas com arbustos esparsos*

USO ATUAL: *Pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Na mesma estrada que o ponto 19, entrando para o primeiro ramal à direita, Fazenda Beleza.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 21**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *LVA*

CLASSIFICAÇÃO: *Latossolo Vermelho-Amarelo argissólico*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *6°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Suavemente ondulado*

ALTITUDE: *200 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente, com indícios da faixa de seixos*

EROSÃO: *Laminar forte*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas*

USO ATUAL: *Pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Na BR-010, no corte do rio Perdido, onde há tratores trabalhando para a recuperação da estrada devido a erosão.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 22**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *LVA*

CLASSIFICAÇÃO: *Latossolo Vermelho-Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *6°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Suavemente ondulado*

ALTITUDE: *190 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Laminar forte*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas com arbustos*

USO ATUAL: *Pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Na BR-010, entrada pela fazenda Paraíso (norte da área, lado direito de quem vai para Belém).*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 23**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *P*

CLASSIFICAÇÃO: *Argissolo Vermelho-Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *11°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Moderadamente ondulado*

ALTITUDE: *277 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Laminar forte*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas*

USO ATUAL: *Pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Na BR-010, entrada pela fazenda São Francisco (norte da área, lado esquerdo de quem vai para Belém).*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 24**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *LVA*

CLASSIFICAÇÃO: *Latossolo Vermelho-Amarelo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *3°*

LITOLOGIA: *Arenito argiloso*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Topo de relevo, suave ondulado a plano*

ALTITUDE: *325 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Laminar forte*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas altas*

USO ATUAL: *Pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Na BR-010, entrada pela fazenda São Francisco (norte da área, lado esquerdo de quem vai para Belém).*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 25**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *P*

CLASSIFICAÇÃO: *Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *9°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Colúvio*

RELEVO: *Moderadamente ondulado*

ALTITUDE: *250 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Laminar*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas com poucos arbustos*

USO ATUAL: *Pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Na BR-010, em direção Belém, entrada pela fazenda Iemanjá*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 26**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *P*

CLASSIFICAÇÃO: *Argissolo*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *13°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Colúvio*

RELEVO: *Ondulado*

ALTIMETRIA: *225 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Pequena, com presença de faixa de seixo ao lado do perfil*

EROSÃO: *Laminar forte*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Mata com gramíneas altas, em frente tem uma reserva florestal*

USO ATUAL: *Pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Mesma estrada do ponto 25, entrando 5Km*

ANEXO 2  
FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO

**PONTO Nº: 27**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *P*

CLASSIFICAÇÃO: *Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *3°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Colúvio*

RELEVO: *Suavemente ondulado a plano*

ALTITUDE: *210 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Ausente*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas*

USO ATUAL: *Pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Corte de estrada na BR-010, em direção Belém.*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO Nº: 28**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *P*

CLASSIFICAÇÃO: *Argissolo Amarelo latossólico*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *6°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Colúvio*

RELEVO: *Suavemente ondulado*

ALTITUDE: *256 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Ausente*

EROSÃO: *Ausente*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas altas*

USO ATUAL: *Pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Estrada Vila Hildemar, sul da área, próximo à cidade*

ANEXO 2  
FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO

**PONTO Nº: 29**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *P*

CLASSIFICAÇÃO: *Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *9°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Moderadamente ondulado*

ALTITUDE: *225 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *Presença de faixa de seixo, a 2 metros da superfície*

EROSÃO: *Laminar*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas altas com arbustos*

USO ATUAL: *Pasto*

LOCALIZAÇÃO: *Estrada Vila Hildemar, sul da área, próximo à cidade*

**ANEXO 2**  
**FICHA DE DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE MAPEAMENTO**

**PONTO N°: 30**

UNIDADE DE MAPEAMENTO: *P*

CLASSIFICAÇÃO: *Argissolo Vermelho-Amarelo latossólico*

SITUAÇÃO: *Corte de estrada*

DECLIVE: *5°*

LITOLOGIA: *Arenito*

MATERIAL DE ORIGEM: *Residual*

RELEVO: *Suavemente ondulado*

ALTITUDE: *241 m*

DRENAGEM: *Bem drenado*

PEDREGOSIDADE: *ausente*

EROSÃO: *Laminar forte*

VEGETAÇÃO LOCAL: *Gramíneas*

USO ATUAL: *Loteamento, área sem uso específico*

LOCALIZAÇÃO: *Estrada em frente ao hotel Santa Maria, loteamento Samey Filho.*

ANEXO 3  
CONTENIDO DE ENTREVISTA - PUNTO 1 (BARRA)

1. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

2. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

3. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

4. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

5. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

6. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

7. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

- 1. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 2. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 3. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 4. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 5. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 6. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 7. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 8. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 9. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 10. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 11. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 12. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 13. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 14. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 15. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 16. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 17. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 18. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 19. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?
- 20. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

**ANEXO 3**

1. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

2. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

3. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

4. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

5. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

6. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

7. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

8. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

9. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

10. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

11. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

12. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

13. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

14. ¿CÓMO SE DESARROLLA LA ENTREVISTA?

**ANEXO 3**  
**ROTEIRO DE ENTREVISTA – ZONA URBANA**

NOME DO ENTREVISTADO:		DATA:
RESIDÊNCIA:		
BAIRRO:		
SEXO:	IDADE:	ORIGEM:

- 1) Qual a sua ocupação atual ? E a anterior ?
- 2) Desde quando mora em Açailândia ? E neste endereço ?
- 3) Já residiu em outro bairro ? Porque mudou ?
- 4) Você acha perigoso morar em áreas sujeitas à erosão ?
- 5) Este problema (erosão) afeta diretamente sua residência ?
- 6) Em que ano a "erosão" foi mais forte ? Houve acidentes ? Quais ?
- 7) Quais foram as providências da administração pública para solucionar o problema ?
- 8) Você gostaria de mudar daqui ?
- 9) Quais são as suas sugestões ?

- OBSERVAÇÕES:**
- 1) Tipo de residência
    - Alvenaria
    - Taipa
    - Madeira
    - Taipa e Madeira
    - Alvenaria e Madeira
  - 2) Número de cômodos:                      Quantas pessoas ?
  - 3) Banheiro
    - Sim
    - Não                                      Onde ?                      Breve descrição:
  - 4) Condições topográficas do terreno
  - 5) Riscos eminentes de erosão – Porquê ?
  - 6) Serviços
    - Água
    - Luz
    - Lixo
    - Esgoto
  - 7) Doenças mais comuns que afetam a família

**ANEXO 3**  
**ROTEIRO DE ENTREVISTA – PREFEITURA MUNICIPAL DE AÇAILÂNDIA**

PREFEITO ATUAL:  
ENTREVISTADO:  
DATA:

- 1) Quais são as principais atividades econômicas do município de Açailândia ?
- 2) Quais são as principais atividades extrativas ?
- 3) Elas causam danos ao ambiente ?
- 4) Existem loteamentos irregulares ?
- 5) Quais são os impactos dos loteamentos irregulares ?
- 6) Quanto ao abastecimento de água, coleta de lixo e esgoto
- 7) Qual a ação da Prefeitura para minimizar ou evitar os danos ao ambiente (erosão, poluição do ar, água)
- 8) O assoreamento dos cursos d'água é um problema. Chega a comprometer o abastecimento d'água ?
- 9) Existem ainda nas proximidades da cidade o lixão e um matadouro. Como a Prefeitura administra esses logradouros ?

100005731



T  
M06  
M3135  
969101

MARÇAL, Mônica dos Santos  
Susceptibilidade à erosão dos  
sedos no alto curso da Bacia do  
Rio Açailândia

BIBLIOTECA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA

BIBLIOTECA CENTRAL

TEL. 5983264 / 5983296

Mônica  
dos Santos  
Marçal

Suscetibilidade à Erosão dos Solos no  
Alto Curso da Bacia do Rio Açailândia-  
Maranhão

UFRJ

2000

T

406

M3135

969/01

