



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE A EROSÃO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PACOTI
(SERRA DE BATURITÉ – CE)

Keila Aparecida Domingues Paes

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM GEOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM GEOLOGIA AMBIENTAL

D
551.302
P143a

N.Cham. D 551.302 P143a
Autor: Paes, Keila Apareci
Título: Análise da vulnerabilidade à ero



13829671

Ac. 65704

BLCM

FORTALEZA-CE

2004



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE A EROSÃO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PACOTI
(SERRA DE BATURITÉ – CE)**

Keila Aparecida Domingues Paes

Orientador:

Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, com requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geologia área de concentração Geologia Ambiental.

FORTALEZA-CE

2004



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE A EROSÃO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PACOTI
(SERRA DE BATURITÉ – CE)**

Keila Aparecida Domingues Paes

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, com requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geologia área de concentração Geologia Ambiental.

Aprovado em ____ / ____ / ____

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA

Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Luis Parente Maia (Examinador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Marisete Dantas de Aquino (Examinador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

FORTALEZA-CE

2004

“O conhecimento é a eterna, infinita aproximação do pensamento ao objeto. O reflexo da natureza no pensamento do homem deve ser compreendido não de forma morta, não de forma abstrata, não sem movimento, não sem contradições, mas num eterno processo de movimento, de aparecimento de contradições e da sua solução”.

(Lenin)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida, sabedoria e oportunidade de me tornar o que sou.

Aos meus familiares, João Paes meu pai, Rosenda minha mãe, irmãos Kênia e Jean, sobrinhos Lucas e Ana Rebeca, cunhado Daniel e amigos que sempre me compreenderam, incentivaram e me estimularam na busca dos meus sonhos e sempre acreditando enquanto pessoa e profissional.

Ao professor e orientador, Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo, pela serenidade, apoio, incentivo dedicado no decorrer de todo trabalho.

Ao amigo e professor Dr. Ticiano José Saraiva pela cooperação, amizade e apoio no decorrer de toda a mudança, desde a saída de Cuiabá e vinda para Fortaleza.

Ao meu grande amor Marcus Leandro que me ajudou tanto na etapa de campo, como também na confecção dos mapas, e principalmente, pelo seu apoio e incentivo com pensamentos sempre positivos, e sua mãe, Maria da Graça, Professora de Lingüística da Universidade Federal do Ceará, pela sua correção e sugestões que me ajudaram muito, além do seu incentivo.

Aos colegas do curso Telma, Suely, Aldiney, Reginaldo, Roberto, Paula, Jak Sandra e Nice pelo apoio e companheirismo, e principalmente ao colega Roberto pela constante atenção dispensada, auxiliando na etapa dos ensaios que foram feitos no Laboratório de Mecânica dos Solos com o total apoio e sugestões sempre preciosas. A Paula pela ajuda nas descrições petrográfica de lâminas delgadas. Ao Técnico do Laboratório de Mecânica dos Solos Sr. Carlos, e os estagiários Francis e Tereza pela ajuda na realização dos ensaios. Aos alunos da graduação do curso de Geologia Luiz José e Anátolis que colaboraram na etapa de campo na execução dos ensaios.

A Prefeitura de Pacoti com o apoio do Prefeito Edson L. Araújo e o Secretário do Meio Ambiente Sr. Cândido Feitosa e pela disponibilização de pessoas para trabalhar no campo.

Ao Holden, pela confecção da carta de declividade e a Luana pela ajuda na verificação das unidades de terreno.

Ao Prof. Paulo Thiers cartógrafo do Departamento de Geografia da UFC e Prof. Dr. José Carlos de Araújo do Departamento da Hidráulica da UFC.

Sou grata às pessoas e entidades que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho. Meus agradecimentos aos funcionários do Departamento de Geologia da UFC pela ajuda prestada durante todo o transcorrer do curso.

SUMÁRIO

Agradecimentos	V
Sumário	VI
Lista dos Anexos	VIII
Lista de Figuras, Fotos e Fotomicrografias	IX
Lista de Quadros, Tabelas e Gráficos	XII
Resumo	XIV
Abstract	XVI

1.0 – INTRODUÇÃO **18**

1.1-Objetivo	19
1.2- Localização e vias de acesso	20

2.0 – METODOLOGIA **23**

2.1 – Pré-Campo	23
2.1.1 – Interpretação de fotografias aéreas	23
2.1.2 – Confecção do Mapa base	23
2.2 – Atividades de Campo	24
2.2.1 – Levantamento Geológico	24
2.2.2 – Levantamento Geomorfológico e de Perfis de alteração	24
2.2.3 – Ensaio de Campo	24
2.2.3.1 – Infiltração	25
2.2.3.2 – Umidade	25
2.2.3.3 – Massa Específica Aparente	26
2.2.4 – Coleta de Material	27
2.2.4.1 – Granulometria	28
2.2.4.2 – Matéria Orgânica	28
2.2.4.3 – Permeabilidade	28
2.3 – Trabalhos de Laboratório e Escritório	29
2.3.1 – Granulometria por Sedimentação	29
2.3.2 – Determinação de Matéria Orgânica pelo Método da EMBRAPA	30
2.3.3 – Permeabilidade	31
2.3.4 – Dados pluviométricos e Erosividade	33
2.3.5 – Nomograma de Wischemeier <i>et al.</i> (1978)	34
2.3.6 – Infiltração	34
2.3.7 – Análise Morfométrica	36
2.3.8 – Elaboração de Mapas	37
2.3.8.1 – Pontos	37
2.3.8.2 – Hidrográfico	37
2.3.8.3 – Geológico	37
2.3.8.4 – Carta de Declividade (Modelo Digital de Terreno)	38
2.3.8.5 – Geomorfológico	38

3.0 – TRABALHOS ANTERIORES E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA **39**

3.1 – Pedologia	39
3.2 – Geomorfologia	41
3.3 – Arcabouço Geológico	44
3.4 – Processos Erosivos e Perda de Solos	48
4.0 – CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO	53
4.1 – Pedologia da área estudada	53
4.2 – Geomorfologia da área estudada	55
4.3 – Geologia Local	60
4.3.1 – Biotita gnaisses	60
4.3.2 – Mica xisto	64
4.3.3 – Anfibólio gnaisse	64
4.3.4 – Quartzito	64
4.3.5 – Calcio- silicáticas	65
4.3.6 – Pegmatitos	66
4.3.7 – Aluviões	66
4.4 – Uso e Ocupação do Solo	67
5.0 – ESTUDO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA REGIÃO	72
5.1 – Erosão Associada a Estrada	74
5.2 – Controle de Erosão Causado por Estradas	77
5.3 – Planejamento Conservacionista	78
6.0 – ANÁLISE DOS PROCESSOS EROSIVOS	78
6.1 – Resultados dos ensaios <i>in situ</i> de Infiltração	78
6.2 – Resultados dos ensaios <i>in situ</i> de Umidade	79
6.3 – Resultados dos ensaios <i>in situ</i> de Massa Específica Aparente	80
6.4 – Análise Granulométrica	81
6.5 – Determinação de Matéria Orgânica	84
6.6 – Resultados dos ensaios de Permeabilidade	85
6.7 – Erosividade	86
6.8 – Análise Morfométrica da Rede de drenagem Densidade de Rio e Densidade de Drenagem	94
6.9 – Análise Morfométrica do Relevo	97
6.9.1 – Carta de Declividade	97
7.0 – ERODIBILIDADE DOS SOLOS NOS ARREDORES DE PACOTI	100
7.1 – Potencial Erosivo da Área	100
7.2 – Índices Morfométricos em relação a infiltração/escoamento	103
7.3 – Susceptibilidade dos solos à erosão	103
8.0 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	111
9.0 – BIBLIOGRAFIA	114
ANEXOS	

LISTA DOS ANEXOS**ANEXO I – MAPA HIDROGRÁFICO E DE PONTOS**

MAPA GEOLÓGICO

CARTA DE DECLIVIDADE

MAPA GEOMORFOLÓGICO

ANEXO II – FICHA DE CAMPO

DADOS PLUVIOMÉTRICOS (fornecidos pela FUNCEME)

DADOS DOS PONTOS DE GEOLOGIA

GRÁFICOS DE GRANULOMETRIA

LISTA DE FIGURAS, FOTOS E FOTOMICROGRAFIAS

FIGURAS:

Figura 1.1 – Mapa de Localização e acesso da área estudada.	21
Figura 2.1 – Esquema do ensaio de permeabilidade no laboratório.	32
Figura 2.2 - Determinação da ordem dos canais fluviais de Strahler (1952).	36
Figura 3.1 – Mapa Pedológico da porção Nordeste do Estado do Ceará, ilustrando os principais tipos de solos que ocorrem na área e suas adjacências (base – Atlas do Ceará – IPLANCE, 1995).	40
Figura 3.2 – Esboço geomorfológico do estado de Ceará (modificado de Souza, 1988).	42
Figura 3.3 – Mapa Geomorfológico da porção Nordeste do Estado do Ceará, ilustrando os principais tipos de solos que ocorrem na área e suas adjacências (base – Atlas do Ceará – IPLANCE, 1995).	43
Figura 3.4 – Mapa esquemático da porção norte da Província Borborema com as principais estruturas e domínios tectônicos (modificado de Fetter, 2000).	45
Figura 3.5 – Porção Nordeste do Mapa Geológico do Ceará – CPRM, 2003.	46
Figura 4.1 – Mapa Geomorfológico do Alto curso do Rio Pacoti.	59
Figura 4.2 – Mapa Geológico do Alto curso do Rio Pacoti.	62
Figura 6.1 – Diagrama Triangular generalizado para determinação das treze principais classes de texturas do solo (segundo Manual Técnico de Pedologia, 1995).	85
Figura 6.2 – Diagrama Triangular generalizado para determinação das cinco principais classes de texturas do solo (segundo Manual Técnico de Pedologia, 1995).	85
Figura 7.1 – Mapa de localização das BHRP dentro do município de Pacoti.	102

FOTOS:

Foto 2.1 – Ensaio de infiltração no campo	25
Foto 2.2 – Ensaio de massa específica aparente do solo, juntamente com o frasco de areia	26
Foto 2.3 – Ensaio de permeabilidade juntamente com o ensaio de infiltração	28
Foto 2.4 – Coleta de amostra de solo indeformada no campo para o ensaio de permeabilidade.	29
Foto 2.5 – Equipamento de infiltração.	35

- Foto 4.1 – Podzólico com individualização dos horizontes A e B e variação de gradiente textural, horizonte A superior com textura areno-argilosa e horizonte B superior argiloso. 53
- Foto 4.2 – Solos Plintítico (mosqueado), perfil de solo próximo ao horto florestal de Pacoti, estrada vicinal para Areias. Margem direita do rio Pacoti. 54
- Foto 4.3 – Litólico com individualização dos horizontes A e R. Solo raso onde o horizonte A está diretamente sobre a rocha. Perfil de solo na estrada de Guaramiranga a Pacoti. 54
- Foto 4.4 – Vista panorâmica das vertentes úmidas a partir de Pico Alto olhando para leste-sudeste, podendo ser observado um detalhe de ocorrência de desmatamento (queimada). 55
- Foto 4.5 – Vista panorâmica das vertentes secas a partir de Pico Alto olhando para oeste-noroeste. 55
- Foto 4.6 – Biotita gnaisses com bandamentos definidos pela alternância de bandas félsicas quartzo feldspáticas e bandas máficas ricas em biotita e anfibólios. 60
- Foto 4.7 – Bolsões e veios pegmatíticos de composição granítica concordantes e discordantes ao bandamento. 61
- Foto 4.8 – Quartzito do extremo oeste da BHRP, próximo a Pico Alto. 64
- Foto 4.9 – Cidade de Pacoti com casas ocupando as encostas mais íngremes e retirando a vegetação num processo descontrolado e totalmente sem técnicas de manejo e uso do solo. 67
- Fotos 4.10 – Plantações nos morros sem uso de prática conservacionista A e B. 67
- Fotos 4.11 – Queimadas próximo ao topo dos morros, em encostas com declividade acentuada. Observar plantações de bananeira ao lado da queimada em A, e a grande extensão da área afetada em B. 68
- Foto 4.12 – Prática de queimada em cima do morro, em desacordo à legislação ambiental. 68
- Foto 4.13 – A) Escorregamento induzido pelo desmatamento e plantação de cana-de-açúcar no topo do morro (rodovia Carlos Jereissati, entre Pacoti e Palmácia); B) cultivo de café sombreado, laranja e banana na encosta sudoeste do Pico Alto. 69
- Foto 4.14 – Erosão e movimento de solo associado ao desmatamento para o cultivo de banana. 69
- Foto 4.15 – Cultivo de hortaliças na planície aluvionar do rio Pacoti. 69

- Foto 4.16 – Plantações em curva de nível. 70
- Foto 4.17 – Técnicas para contenção de escorregamentos. 71
- Foto 5.1 – A) Escorregamento ocorrido nos mês de abril de 2002, passou por cima da estrada e destruiu uma plantação de bananeiras e obstruiu os canais de escoamento da água na estrada; B) Alta vulnerabilidade do solo devido a plantação de cana-de-açúcar. 74
- Foto 5.2 – A) Condutor de água sendo destruído pela erosão. B) Plantação de bananeira no leito de uma drenagem deixando o solo totalmente vulnerável, assoreando o rio devido a retirada da vegetação nativa, acelerando o processo erosivo. 75
- Foto 5.3 – Asfalto sendo destruído, devido à falta de medidas preventivas contra a erosão. 75
- Foto 5.4 – Perfil de solo coluvionar, mostrando blocos e matacões, todos os tipos de rocha dentro dessa matriz argilosa. 76

FOTOMICROGRAFIAS:

- Fotomicrografia 4.1 – A muscovita provem provavelmente da alteração da biotita, onde a muscovita forma uma franja de aletração ao redor da biotita. Nicóis cruzados com aumento de 10x. 63
- Fotomicrografia 4.2 – Mostrando a parte félsica com plagioclásio, microclina, muscovita, quartzo e biotita. Nicóis cruzados com aumento de 2,5mm. 63
- Fotomicrografia 4.3 – Mostrando plagioclásio com alteração juntamente com muscovita, biotita e quartzo. Nicóis cruzados com aumento de 10x. 63
- Fotomicrografia 4.4 – Mostrando os cristais de granada e quartzo. Nicóis cruzados com aumento de 10x. 63
- Fotomicrografia 4.5 – Quartzitos impuros (muscovita quartzo) mostrando muscovita definindo a foliação tectono-metamórfica. Nicóis cruzados com aumento de 10x. 65
- Fotomicrografia 4.6 – Mostrando quartzo com extinção ondulante e com inclusão de muscovita. Nicóis cruzados com aumentos de 10x. 65
- Fotomicrografia 4.7 – Mostrando quartzo, titanita, plagioclásio e K-feldspato (microclina). Nicóis cruzados com aumento de 10x. 66
- Fotomicrografia 4.8 – Mostrando quartzo, piroxênio e epidoto. Nicóis cruzados com aumento de 10x. 66

LISTA DE QUADROS, TABELAS E GRÁFICOS

QUADROS:

Quadro 4.1 – Aplicação dos principais critérios para identificação de categoria dentro dos relevos de degradação.	56
Quadro 4.2 – Critérios utilizados na caracterização das unidades de relevo.	56
Quadro 4.3 – Efeito de práticas conservacionistas em culturas anuais sobre as perdas por erosão.	71
Quadro 5.1 – Conseqüências de uma área mal conservada, sem planejamento.	72
Quadro 5.2 – Morro ainda preservado, protegido pela vegetação.	78
Quadro 6.1 – Capacidade de Infiltração.	79
Quadro 6.2 – Resultados de umidade “ <i>in situ</i> ”, pelo <i>Speed</i> .	80
Quadro 6.3 – Massa específica aparente seca, do solo “ <i>in situ</i> ”.	81
Quadro 6.4 – Porcentagem de Granulometria.	83
Quadro 6.5 – Teor de matéria orgânica.	86
Quadro 6.6 – Resultados de Permeabilidade e a classificação em categorias.	87
Quadro 6.7 – Densidade de Rios e Densidade de Drenagem.	95
Quadro 7.1 – Resultados de Dr e Dd das dez BHRP dentro do município de Pacoti.	103
Quadro 7.2 – Porcentagem de Granulometria para as Sub-bacias do município de Pacoti.	104
Quadro 7.3 – Resultados dos ensaios geotécnicos necessários para a obtenção do fator K.	107

TABELAS:

Tabela 2.1 – Valores típicos de coeficiente de permeabilidade (<i>op. cit. Rawls et al., 1982</i>).	32
Tabela 3.1 – Classes de erosividade da chuva média anual.	50
Tabela 6.1 – Correlação entre o valor de permeabilidade dos solos.	87
Tabela 6.2 – Somatória das precipitações mensais.	89
Tabela 6.3 – Somatória das precipitações mensais dividido pelos anos.	89
Tabela 6.4 – Somatória da precipitação anual com a divisão dos anos.	90
Tabela 6.5 – Resultados de erosividade durante os anos de 1974 à 2000.	91

Tabela 6.6 – Classificação dos valores de densidade de drenagem.	96
--	----

GRÁFICOS:

Gráfico 6.1 – Precipitação mensal nos meses de chuva (Janeiro – Julho) e no período seco (Agosto – Dezembro).	92
Gráfico 6.2 – Erosividade nos meses de chuva (Janeiro – Julho) e no período seco (Agosto – Dezembro).	93
Gráfico 7.1 – Precipitação mensal e erosividade nos meses de Janeiro à Dezembro.	101

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados do Estudo da Vulnerabilidade a Erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti (BHRP), situada na Serra de Baturité. Geologicamente, a área é composta por um conjunto dominante de biotita gnaisses e mica xistos do Complexo Ceará, incluindo faixas e lentes menores de quartzitos, anfibólio gnaisses, pegmatitos e rochas calcio-silicáticas. O relevo local apresenta uma grande diversidade, cuja morfologia resulta dos processos de dissecação e acumulação que acabam por caracterizar um relevo compartimentado em serras (S), morros (M), morros paralelos (Mp), morrotes (Mt), colinas pequenas (C), colinas pequenas e morros com encostas suavizadas (CpMs) e planícies aluviais (PA). As maiores altitudes da área ocorrem a noroeste da BHRP, na região serrana de Pico Alto, com máximo de 1115 m. As principais litologias presentes na área, quando intemperizadas, produzem uma associação de solos predominantemente podzólicos de textura argilosa ou areno-argilosa com horizonte A moderado, além de manchas localizadas de latossolos, litólicos e solos aluviais. Estes dois últimos situados, respectivamente, em vertentes íngremes e nas áreas de influência das principais drenagens existentes.

Objetivando a análise da vulnerabilidade a erosão na BHRP, foram realizados diversos ensaios de infiltração, permeabilidade e granulometria, estudos morfométricos do relevo e de rede de drenagem, bem como o cálculo da erosividade da chuva na região e da erodibilidade dos solos de dez sub-bacias no município de Pacoti. O resultado do estudo foi para posteriormente correlacionado.

Ao todo foram realizados dezenove ensaios de infiltração em quatorze sub-bacias amostrais nos períodos seco e chuvoso. No período seco a capacidade de infiltração do solo apresentou um valor médio de 153,45 mm/h contra 25,66 mm/h no período chuvoso, mostrando uma redução brusca de valores. Esta baixa capacidade de infiltração no período chuvoso favorece o escoamento superficial podendo desencadear processos erosivos.

Também foram realizados vinte e um ensaios de permeabilidade dos solos em dezesseis sub-bacias. Os valores médios obtidos para 75% das amostras analisadas através dos ensaios de permeabilidade permitiram classificá-las como de permeabilidade rápida.

As análises morfométricas de rede de drenagem indicam que o escoamento superficial da região é alto. A alta declividade das encostas somada a retirada da vegetação e o plantio morro a baixo são fatores que potencializam o escorregamento. Outro fator primordial nesse processo é o gradiente textural existente nos solos da região. Em sua maioria os solos são

podzólicos com horizonte B textural mais argiloso do que o horizonte superior, fazendo com que a camada superficial sature mais rapidamente que a camada sub-superficial favorecendo assim o escoamento superficial.

O período mais crítico com relação ao potencial erosivo das chuvas correspondem aos meses de Março, Abril e Maio onde ocorrem as chuvas concentradas.

O cálculo de erodibilidade de dez sub-bacias no município de Pacoti, situaram-se no intervalo entre 0,47 (t/ha ((t.m/ha.mm/h)) a 0,12 (t/ha ((t.m/ha.mm/h)) no geral podem ser incluídos na categoria 2 do fator K e classificados com erodibilidade média com exceção de uma amostra.

Os estudos realizados permitiram concluir que os processos erosivos atuantes na BHRP estão diretamente associados ao desmatamento e ocupação desordenada da região. Tais processos contribuem para incidência de escorregamentos e movimentos de massa ocorridos principalmente no período chuvoso, ocasionando por vezes a destruição de casas e estradas, assoreamentos de rios, dentre outros. Desta forma pode-se resumir que os sucessivos desmatamentos ocasionados pela expansão urbana localizada e pelo uso agrícola sem práticas conservacionistas, deixam os solos da região mais vulneráveis à erosão e aos deslizamentos das encostas.

ABSTRACT

This work presents the results of the vulnerability analysis of the Erosion in the Pacoti Hydrographic Basin (PHB) located in the Ceará state, at the Baturité Mountain range. The area is geologically composed of a major set of biotite gneisses and mica schist from the Ceará Complex, including minor lenses of quartzites, amphibole gneisses, pegmatites and calc-silicate rocks. The local relief shows a great diversity of landforms which can be classified in mountain ranges, mounts, parallel mounts, small hills, hills, and aluvial plains. The highest elevation occur in the northwest of the PHB in the Pico Alto mountain range (maximum of 1115 m). Weathering effects in the main rocks produce dominant podzolic soils that presents argillaceous or areno-argillaceous texture, as well as minor spots of latosols, litoils, and aluvial soils. These last two are situated, respectively, in slopes and the areas of influence of the main rivers. Analysis of the erosion vulnerability in the PHB was carried by means of several field and laboratory experiments, including infiltration, permeability, and granulometric. Morphometric analyses, and rainfall erosivity factor (R) and soil erodibility factor (K) calculations of ten basins around Pacoti city were also carried out. A total of nineteen infiltration tests in fourteen basins on dry and rainy period were done as well: The infiltration capacity in the dry period showed an average value of 153,45 mm/h against 25,66 mm/h in the rainy period, with a sharp reduction from values in the rainy period. This low infiltration capacity in the rainy period favors the run off producing surface erosion and mass movement. Twenty permeability tests in soils of sixteen basins were carried out. The average values achieved for the majority of the samples analysed allowed to classify those as soils of fast permeability soils. The morphometric analyses of the drainage network suggest a high run off to the studied area. The high declivity of slopes, together with vegetation removal and the inadequate agricultural use are negative factors that increase run off. Another primordial factor of this process is the granulometric gradient of the soils. The studied soils shows frequently a lower horizon that is more argillaceous than the superficial one, what makes the superficial layer to saturate more quickly, favoring the run off. The critical period of erosivity was associated with the rainy months (March to May) when the erosive rains occur. Erodibility calculations of ten sub-basins at the Pacoti Town revealed values in a range of 0,47 (t/ha (t.m/ha.mm/h) to 0,12 (t/ha (t.m/ha.mm/h), which can be roughly included in the level 2 of the K factor (medium erodibility), with the exception of sample 29 (Hor. A), which can be placed at the level 1 of the K factor (weak erodibility). Our studies allowed to conclude

that the erosion processes operating PHB are directly associated to the deforestation and the disordered occupation of the region. Such processes contribute for incidence of slidings and mass movements that occur mainly in the rainy period, causing sometimes the destruction of houses and roads, felling of rivers, among others. Therefore we can conclude that successive deforestations caused by localized urban expansion and by agricultural use without environmental studies make, the soils of the region more vulnerable to erosion and landslides.



1. INTRODUÇÃO

A geologia ambiental consiste no estudo dos problemas geológicos decorrentes da relação existente entre o homem e a superfície terrestre, assunto cuja importância vem crescendo dia a dia nestes últimos anos. A agressão ao meio ambiente, em particular os desmatamentos, vem acelerando o processo de erosão, principalmente em regiões de alta declividade, como vem ocorrendo em determinados setores do Maciço de Baturité, conforme constatado no Alto curso da Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti.

Embora localizado próximo a capital do Estado do Ceará, existem poucos trabalhos sobre o Maciço de Baturité em escala de detalhe. Nas décadas de 70 e 80, destacam-se os estudos geológicos de cunho regional de Nascimento *et al.* (1981) e Sidrim *et al.* (1978) e os realizados em escala de semi-detalhe de Araújo & Paz (1984) e Brígido & Filho (1985). Somente a partir da década de 90 foram realizados trabalhos voltados a análise ambiental da Serra de Baturité a exemplo de Amorim (2000), Araújo (2003), Souza *et al.* (1994), Ceará (1992) e outros relevantes.

O Maciço de Baturité, com altitude máxima em torno de 1115 m, faz parte da Unidade Morfológica dos Planaltos Residuais (*e.g.* Souza, 1988) e, representa um laboratório natural para o estudo de processos erosivos e casos de ruptura em rochas e solos. São freqüentes os fenômenos de quedas de blocos próximo as bordas das principais cristas, de rastejo e escorregamento na meia encosta. Tais processos resultam da interação entre fatores climáticos, geomórficos, lito-estruturais, de cobertura vegetal e do uso e ocupação das encostas.

O intemperismo químico, predominantemente hidrolítico nas regiões de clima úmido, como o atuante nas vertentes da Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti (BHRP) tende a provocar processos de alteração ativos, decompondo as rochas e gerando a formação de materiais inconsolidados com diferentes graus de evolução, estruturas e mineralogias próprias.

A cobertura vegetal formada por matas úmidas e matas secas ajuda a proteger as vertentes dos processos erosivos. Entretanto, a remoção desta cobertura vegetal sem técnicas adequadas expõe os solos e materiais inconsolidados, naturalmente susceptíveis à erosão, diretamente à ação das chuvas. Tal efeito provoca um aumento no escoamento superficial e sub-superficial favorecendo uma dinâmica intensa nas vertentes, principalmente em áreas de alta declividade, que pode conduzir a processos de erosão laminar e concentrada, bem como a movimentos coletivos de rocha e solo. Desta forma, o presente trabalho pretende estudar estes



processos e diagnosticar as áreas naturalmente suscetíveis a erosão com objetivo de apontar medidas de intervenção na área em estudo que venham a minorar os problemas de uso e ocupação do solo ocorrentes na BHRP - CE.

1.1 OBJETIVO

O objetivo principal desta dissertação de mestrado é o estudo da vulnerabilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti - CE, tendo como ênfase o estudo de perfis de alteração e solos, associado a geologia, geomorfologia e clima de maneira a compreender o comportamento erosivo da Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti - CE. Este trabalho pretende ainda, alcançar os seguintes objetivos específicos:

1. Elaboração de Mapa Base da BHRP na escala 1:20.000, contendo sub-bacias amostrais de 3ª ordem, curvas de nível e localização dos pontos estudados;
2. Elaboração da Carta de Declividade e do modelo digital do terreno da BHRP a partir de ortofotocartas na escala 1:10.000;
3. Reconhecimento das unidades geológicas, geomorfológicas e perfis de alteração e de solos existentes na região, assim como coleta de amostras e realizações de ensaios;
4. Elaboração do Mapa Hidrográfico e de Pontos na escala 1:20.000
5. Elaboração dos Mapas Geomorfológico e Geológico da BHRP na escala 1:20.000;
6. Realização de ensaios laboratoriais e de campo voltados a determinação da capacidade de infiltração e permeabilidade dos solos obtidos e definir sua susceptibilidade natural a erosão (erodibilidade);
7. Tratamento estatístico dos dados pluviométricos existentes visando o cálculo da erosividade;
8. Confecção da dissertação para conclusão do curso de Mestrado em Geologia – Área de concentração Geologia Ambiental.

1.2 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO



A área objeto de estudo localiza-se cerca de 106 km a sudoeste de Fortaleza e abrange parte dos municípios de Pacoti, Guaramiranga, Palmácia e Redenção (figuras 1.1 e 1.2), com uma extensão de 16 km na direção leste-oeste e 11 km norte-sul aproximadamente.

O acesso pode ser feito a partir de Fortaleza utilizando-se a rodovia CE-060 passando por Redenção e Baturité, ou através da CE-065, seguindo por Maranguape e Palmácia (figura 01). As principais coordenadas UTM que definem o polígono da área de estudo são:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ➤ 501000, 9531000 (extremo sudoeste) | ➤ 512000, 9541000 |
| ➤ 501000, 9535000 | ➤ 516000, 9541000 (extremo nordeste) |
| ➤ 512000, 9535000 | ➤ 516000, 9531000 |



Figura 1.1 – Mapa de localizaç



CONVENÇÕES

Fortaleza



Açude



Rio Pacoti



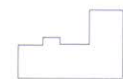
Drenagem



Curvas de Nível



Área de estudo



Bacias Hidrográficas



Rodovia



Nº das Bacias Hidrográficas



ção e acesso da área estudada.



2. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado em três etapas distintas. A primeira etapa, pré-campo, constou da interpretação de fotografias aéreas disponíveis sobre a área na escala de 1:35.000 e confecção de mapa base no programa *AutoCAD Map 2000*, a partir da ortofotocarta na escala 1:10.000. Na segunda etapa foram desenvolvidas atividades de campo, ao longo de vias principais e secundárias, com finalidade geotécnica, as quais incluíram o levantamento dos dados geológicos, geomorfológicos e de perfis de alteração. Ainda como parte desta etapa, foram realizados ensaios de infiltração, umidade, massa específica aparente no campo e a coleta de material para posterior análise em laboratório. A terceira etapa consistiu dos trabalhos em laboratório e escritório os quais incluíram ensaios granulométricos, ensaios de permeabilidade, o cálculo do teor de matéria orgânica, o tratamento dos dados pluviométricos para a erosividade, a utilização do nomograma de Wischmeier para a erodibilidade, o tratamento dos dados de infiltração, a análise morfométrica e, para finalizar, a elaboração dos mapas: hidrográfico e de pontos, geológico, geomorfológico, e da carta de declividade juntamente com o MDT – Modelo Digital de Terreno.

2.1 PRÉ-CAMPO

2.1.1 Interpretação de Fotografias aéreas

Este estudo foi realizado a partir da interpretação de fotografias aéreas disponíveis sobre a área na escala de 1:35.000 com o objetivo de melhorar o mapa base com riqueza de detalhes que não foram observados na Ortofotocarta como, por exemplo, sistema viário, rede de drenagens, formas de relevo, litologias, solos, estruturas geológicas.

2.1.2 Confecção do Mapa Base

O mapa base foi gerado a partir das Ortofotocartas números 75140, 75141, 75142 e 75132, na escala 1:10.000, através do *software AutoCAD Map 2000*. Este mapa serviu de apoio aos trabalhos de campo para localização dos pontos estudados e registros de dados, como também às elaborações do mapa hidrológico, do modelo digital do terreno e da carta de declividade.

Foram necessárias algumas modificações e correções na base cartográfica, as quais incluíram digitalização de estradas, caminhos novos e nomenclaturas de localidades, facilitando a localização e identificação dos pontos a serem trabalhados.

2.2 ATIVIDADES DE CAMPO

As atividades de campo envolveram levantamento geológico, geomorfológico e de perfis de alteração, ensaios de campo que se subdividiram em ensaio de infiltração, umidade, massa específica aparente e coleta de material para ensaios em laboratório de granulometria, matéria orgânica e permeabilidade, conforme descrito a seguir.

2.2.1 Levantamento Geológico

O levantamento geológico consistiu do reconhecimento das principais unidades litoestratigráficas, através da descrição de perfis e afloramentos existentes na região estudada, com tomada de medidas das principais estruturas (foliações, fraturas, etc.) e coleta de amostras para confecção de lâminas delgadas.

2.2.2 Levantamento Geomorfológico e de Perfis de alteração

Este estudo teve como prioridade o levantamento geomorfológico da região em escala 1:20.000 da Bacia Hidrográfica do rio Pacoti. Na realização deste trabalho foi levantado o aspecto paisagístico.

O levantamento paisagístico buscou delimitar as diferentes feições do terreno, com base num conjunto de informações como o geológico, solos, forma dos canais de drenagem e forma das vertentes.

O estudo de perfis de alteração é de fundamental importância para a caracterização das unidades geomorfológicas, melhorando a caracterização qualitativa e reforçando a validade dos dados quantitativos a serem obtidos. A descrição desses perfis de alteração obedeceu o preenchimento de uma ficha de campo (Anexo II), na qual são descritos, aspectos como a espessura, a estrutura, a textura e a composição dos solos.

2.2.3 Ensaios de Campo

Os ensaios de campo envolveram infiltração, umidade e massa específica, conforme descritos a seguir:

2.2.3.1 Infiltração

Foram realizados um total de 16 ensaios de infiltração no interior das sub-bacias, de terceira ordem, juntamente com os outros ensaios de permeabilidade, massa específica e teor de umidade. Após a seleção do local adequado, a superfície foi regularizada para a realização do ensaio. O infiltrômetro corresponde a dois cilindros de ferro com 25cm de diâmetro e 50 cm de diâmetro e 15 cm de altura que deve ser fixado ao solo até 5cm. Feito isto, o infiltrômetro deve ser preenchido com água até uma altura de aproximadamente 3cm, e deve se manter constante esse volume durante o tempo total de experimento (Foto 2.1). Um dos recipientes com água possui uma régua graduada fixa na parte externa.



Foto 2.1 – Ensaio de infiltração no campo.

2.2.3.2 Umidade

Esses ensaios foram realizados em locais estrategicamente selecionados dentro de cada bacia hidrográfica. A umidade antecedente do solo é uma variável importante para o processo de infiltração, pois quando a chuva começa e já existe uma certa umidade, a tendência é de que o solo se sature mais rapidamente, dando origem à formação de poças e ao escoamento superficial.

A umidade de campo do solo é medida com o aparelho denominado *Speed*, procedimento descrito logo abaixo:

- Pegar 5, 10 ou 20 gramas do solo a ser amostrado essa quantidade vai depender da umidade de cada material;
- Depois de pesado o material, colocar dentro do *Speed*, juntamente com uma esfera de aço e uma ampola de carbureto;
- Fechar o *Speed* e agitar até que dê uma pressão, que será utilizada para saber a umidade do material que é dada em porcentagem.

2.2.3.3 Massa Específica Aparente

Este ensaio determina a massa específica aparente do solo “*in situ*”, com emprego do frasco de areia (Foto 2.2). É utilizado para qualquer tipo de solo de granulometria variada, contendo ou não pedregulhos, que possam ser escavados com ferramentas de mão e cujos vazios naturais sejam pequenos tornando a cavidade firme e coesiva para que permaneça estável durante a realização do ensaio, sem se deformar. Aparelhagem utilizada no ensaio está discriminada logo abaixo:



Foto 2.2 – Ensaio de massa específica aparente do solo, juntamente com o frasco de areia.

- Frasco de plástico translúcido com cerca de 3500 cm³ de capacidade, dotado de gargalo rosqueado, com funil metálico provido de registro de rosca para se atarraxar ao frasco;
- Bandeja quadrada rígida, metálica, com cerca de 30 cm de lado e bordas de 2,5 cm de altura, com orifício circular no centro, dotado de rebaixo para apoio do funil anteriormente citado;
- Nível de bolha;
- Pá de mão (concha);
- Talhadeira de aço, com cerca de 30 cm de comprimento;
- Martelo com cerca de 1 Kg;

- Balanças que permitam determinar nominalmente 1,5Kg a 10Kg, com resolução de 0,1g a 1g, respectivamente, e sensibilidades compatíveis;
- Sacos plásticos para guardar a amostra, sem perda de umidade;
- Cilindro metálico de volume conhecido (cerca de 2000cm³), cujo diâmetro interno seja igual ao diâmetro interno do funil do frasco de areia, para determinação da massa específica aparente da areia;
- Areia lavada e seca, de massa específica aparente conhecida e obtida conforme a norma da ABNT 02.053 (NBR 7185 Ago/1986), e constituída da fração com diâmetro dos grãos compreendido entre 1,2mm e 0,59mm, sendo que a soma das porcentagens, em massa, retida na peneira de 1,2mm e passado na peneira de 0,59mm deve ser igual ou menor que 5%. O armazenamento da areia, após a secagem, deve ser feito de modo a evitar ganho de umidade.

Para a execução do ensaio é necessário limpar a superfície do terreno tornando-a o mais plana e horizontal possível, utilizando o auxílio do nível de bolha; coloca-se a bandeja, certificando-se de que há um bom contato entre a superfície do terreno e a bandeja, em torno do orifício central, escava-se com o auxílio da talhadeira, martelo e concha de mão, uma cavidade cilíndrica no terreno, limitada pelo orifício central da bandeja e com profundidade de cerca de 15 cm; recolhe-se cuidadosamente o solo extraído da cavidade, pesando-o em seguida; pesa-se também o frasco cheio de areia, virando-o de cabeça para baixo sobre a bandeja e deixando-se que a areia escoar livremente até cessar o seu movimento no interior do frasco. Fecha-se o registro, retirando o frasco da bandeja e pesando-o novamente. Depois de todo o processo, efetua-se o cálculo através da equação logo abaixo:

$$\gamma_s = f_c \times \frac{M_h}{f_u} \times \frac{100}{100 + h}$$

Onde:

γ_s = massa específica aparente seca, do solo “*in situ*”;

f_c = peso do frasco cheio;

M_h = massa do solo extraído da cavidade no terreno;

f_u = peso do frasco vazio;

h = teor de umidade do solo extraído da cavidade no terreno.



2.2.4 Coleta de Material

Foram coletadas amostras de diferentes pontos visitados, para realização de ensaios de granulometria, matéria orgânica e permeabilidade, conforme descrito a seguir:

2.2.4.1 Granulometria

Nesta etapa foram coletados os materiais inconsolidados em sacos plásticos para serem trabalhados no laboratório.

2.2.4.2 Matéria Orgânica

O mesmo material que foi coletado para a análise granulométrica, foi utilizado também para a matéria orgânica, tem sido coletado da mesma maneira, em torno de 1,5 kg de material inconsolidado.

2.2.4.3 Permeabilidade

A coleta do material para o ensaio de permeabilidade é realizado com a utilização de um cilindro para a coleta de amostra de solo indeformado, como mostra a Foto 2.4. Crava-se o cilindro no chão com o auxílio de uma aste de ferro e um peso que é levado até o final da aste e jogado para baixo facilitando a cravação do cilindro. Depois de cravado todo o cilindro, o material ao seu redor é retirado (Foto 2.3), facilitando a obtenção da amostra de solo indeformada.



Foto 2.3 – Ensaio de permeabilidade juntamente com o ensaio de infiltração.

Como pode ser observado na Foto 2.4, o material é devidamente identificado e guardado sem que ocorra nenhuma modificação em suas características naturais até que se faça o ensaio no laboratório.



Foto 2.4 – Coleta de amostra de solo indeformada no campo para o ensaio de permeabilidade.

2.3 TRABALHOS DE LABORATÓRIO E ESCRITÓRIO

Os trabalhos de laboratório e escritório foram realizados em vários locais da UFC e serão descritos logo abaixo:

2.3.1 Granulometria por Sedimentação

A análise granulométrica foi realizada no laboratório de Mecânica dos Solos da UFC usando-se 42 amostras de solo dos horizontes A, B e C, utilizando a norma da ABNT – Solo (Análise Granulométrica) NBR 7181, Dez/1984. As amostras foram pesadas, peneiradas e colocadas para secar com uma temperatura de 45°C, durante 24 horas. Neste ensaio é necessário que se faça a densidade real de solos (Método de Ensaio DNER – ME 93-64). O material é peneirado (peneira de 2mm) e, em seguida, pesam-se 10g desse material. A aparelhagem utilizada para o ensaio são: peneira de número 10 (2,0 mm), balança, estufa, picnômetro, termômetro, fonte de calor (bico de gás) e cápsula.

Para a execução do ensaio de granulometria associada à sedimentação, são utilizados outros equipamentos como por exemplo: aparelho dispersor, proveta de vidro, densímetro, jogo de peneiras e outros. Para a execução deste ensaio é necessária a utilização combinada de várias outras normas NBR 6457 e também a NBR 5734, são complementares a essa norma (NBR 7181).

De acordo com a norma NBR 7181 pesar aproximadamente 1 K do material a ser ensaiado, peneirar (2,0 mm), lavar o material retido na peneira (2,0 mm), colocar para secar na estufa por 24 horas. Esse material será utilizado no peneiramento grosso.

O material que passou na peneira (2,0 mm) será utilizado para a sedimentação (peneiramento fino). Pesar aproximadamente 120 g para a sedimentação e o peneiramento fino, colocar o defloculante (solução de hexametáfosfato de sódio) e deixar durante 24 horas. Transferir o material para o copo de dispersão e deixar durante 15 minutos. Transferir a dispersão para a proveta e agitar durante 1 minuto, colocar o densímetro na dispersão e anotar a hora, anotar as leituras do densímetro correspondente ao tempos de sedimentação (t) de 0,5, 1 e 2 minutos, retirar o densímetro da dispersão, fazer as leituras subsequentes a 4, 8, 15 e 30 minutos, 1, 2, 4, 6 e 24 horas, a contar do início da sedimentação. Realizada a última leitura, retirar o material na peneira de 0,075 mm, e lavar esse material depois colocar para secar durante 24 horas, fazer o peneiramento do material fino, peneira 1,2; 0,6; 0,42; 0,25; 0,15; e 0,075 mm, anotar o material retido em cada peneira, peneiramento grosso peneira 1,5"; 1"; 3/4"; 1/2"; 3/8"; 4 ; 2 mm.

Para fazer os cálculos de granulometria por sedimentação, será utilizada uma planilha desenvolvida pelo laboratório de mecânica de solos da UFC, utilizando o *software microsoft Excel*.

2.3.2 Determinação de Matéria Orgânica pelo Método da EMBRAPA

A determinação da matéria orgânica foram realizada no laboratório de Solos, do departamento de Ciências do Solo da UFC.

As amostras de solos coletadas em campo serão analisadas com intuito de determinar o teor de carbono orgânico através do método da EMBRAPA. Esse método consiste em secar a amostra a uma temperatura de 45°C, durante 24 horas, desagregar e peneirar em uma malha de 2 mm. Depois de peneirar o material, pesar 0,5g e adicionar 10ml de solução de bicromato de potássio (0,4N) e de sulfato de prata. Levar a mostra para um condensador cheio d'água e colocar sobre uma placa aquecedora. Quando abrir fervura, contar 5 minutos, adicionar mais 80ml de água destilada, 2ml ácido ortofosfórico, 3 gotas do indicador difenelamina, titular com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1N até que a cor azul desapareça, cedendo lugar a verde, anotar o número de ml gastos e proceder a uma prova em branco com 10ml da solução do bicromato de potássio e anotar o volume de sulfato ferroso amoniacal gasto, depois é só calcular a percentagem de carbono orgânico existente na amostra pela seguinte expressão (I).

$$C \text{ (g/Kg)} = (40 - \text{volume gasto}) \cdot f \cdot 0,6 \quad \text{(I)}$$

Onde:

$$f = 40 / \text{volume sulfato ferroso gasto na prova em branco}$$

A percentagem de matéria orgânica é calculada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724, expressão (II). Este fator é utilizado em virtude de se admitir que o carbono participa com 58% na composição média do húmus:

$$\text{Matéria orgânica (g/Kg)} = C \text{ (g/Kg)} \cdot 1,724 \quad \text{(II)}$$

2.3.3 Permeabilidade

Para a determinação do coeficiente de permeabilidade à carga variável (de acordo com a NBR 14.545), com a água percolando através do solo, em regime de escoamento laminar, a aplicação deste método é restrita a solos argilosos. A aparelhagem necessária à execução do ensaio consiste de permeâmetro, tubo de carga variável, termômetro e reservatório de água.

Para a realização do ensaio é necessária a determinação da área da seção transversal da bureta, espessura do corpo de prova, umidade, altura inicial e final do nível de água e temperatura (figura 2.1). Para a obtenção dos cálculos, deve-se calcular a área e volume do corpo de prova e os índices físicos do corpo de prova antes do ensaio. O coeficiente de permeabilidade é calculado a partir da seguinte equação:

$$K = 2,3 \frac{a \cdot L}{A \cdot t} \cdot \log \frac{h_0}{h_f}$$

Onde:

a = seção do tubo piezométrico

L = espessura do corpo de prova

A = seção da amostra

t = tempo decorrido do ensaio

h_0 = altura inicial do nível d'água

h_f = altura final do nível d'água

K = coeficiente de permeabilidade

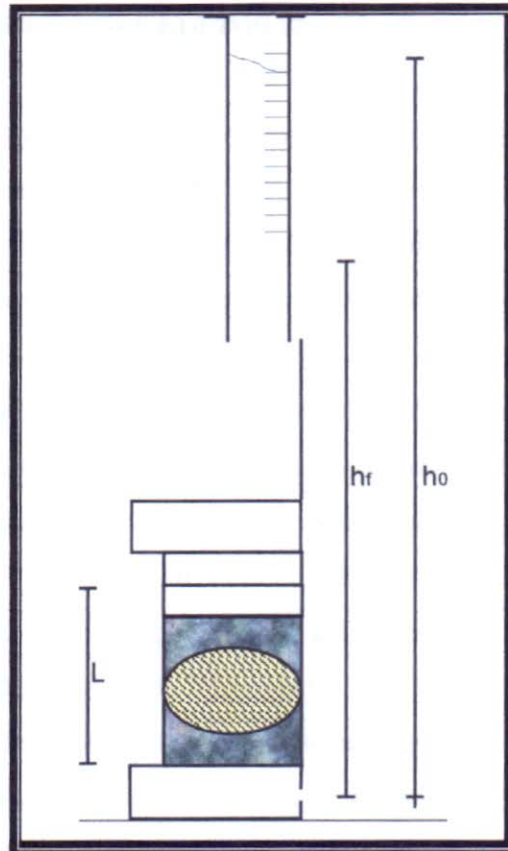


Figura 2.1 – Esquema do ensaio de permeabilidade no laboratório.

Calcula-se o coeficiente de permeabilidade a uma temperatura °C, o que deve ser feito juntamente com o fator de correção com a temperatura realizada no ensaio. Essa temperatura é referente à viscosidade da água, onde T é a temperatura da água no ensaio à 20°C.

De acordo com Haan *et al.* 1994, a tabela 2.1 mostra os valores típicos de permeabilidade juntamente com a sua classificação:

Tabela 2.1 – Valores típicos de coeficiente de permeabilidade.

Classificação da Permeabilidade	Permeabilidade (cm/s)	Permeabilidade (mm/h)	Categoria
6	$<2,8 \times 10^{-5}$	<1	Muito lenta
5	$2,8 \times 10^{-5} - 5,6 \times 10^{-5}$	1 – 2	Lenta
4	$5,6 \times 10^{-5} - 1,4 \times 10^{-4}$	2 – 5	Lenta a moderada
3	$1,4 \times 10^{-4} - 5,6 \times 10^{-4}$	5 – 20	Moderada
2	$5,6 \times 10^{-4} - 1,7 \times 10^{-3}$	20 – 60	Moderada a rápida
1	$>1,7 \times 10^{-3}$	>60	Rápida

Fonte: Haan *et al.* 1994.



2.3.4 Dados Pluviométricos e Erosividade

A erosividade da chuva é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva, de causar erosão em uma área sem proteção Bertoni & Lombardi Neto (1985).

O cálculo da erosividade da chuva depende de uma série contínua de registros pluviométricos, pois a partir da intensidade da chuva e de sua energia cinética é que se calcula seu potencial erosivo

No Brasil, os trabalhos iniciais sobre perda de solo foram desenvolvidos por Lombardi Neto *et al* (1975) utilizando dados de chuva no estado de São Paulo. A partir daí, vários autores vêm tentando avaliar os fatores da equação universal de perda de solo (USLE) para outras regiões do país. Lombardi Neto (1977) utilizando 22 anos de registro pluviométrico de Campinas, estabeleceu uma correlação entre o índice médio mensal de erosão e o coeficiente chuva, função da energia cinética e da intensidade.

Devido a escassez de postos pluviométricos na região em estudo, o índice de erosividade das chuvas foi estimado com base nos dados coletados em postos pluviométricos das cidades próximas da área de estudo. Foram utilizados neste trabalho dados pluviométricos fornecidos pela FUNCEME, de uma série histórica de 26 anos (1974/2000) das cidades de Pacoti, Palmácia, Mulungu e Guaramiranga, que foram utilizados para o cálculo da erosividade, expresso pela relação entre precipitação média mensal e anual. Foram elaborados gráficos e tabelas com o auxílio do programa Excel 5.0, mostrando o potencial erosivo e a distribuição das chuvas na área, bem como a correlação entre ambos.

O cálculo de erosividade foi formulado utilizando uma modificação da Equação Universal de Perda de Solo - USLE (Bertoni e Lombardi Neto, 1990) definido pela equação:

$$R = 67,355 (Pm^2/Pa)^{0,85}$$

Onde:

R = fator de erosividade (Mj/ha).(mm/h);

Pm = precipitação total mensal (mm);

Pa = precipitação anual média (mm);



2.3.5 Nomograma de Wischemeier *et. al.*, 1978 (Erodibilidade)

O fator K está relacionando diretamente com as propriedades físicas e químicas do solo, representando a susceptibilidade à erosão dos diferentes tipos de solos quando submetidos às mesmas condições de chuva, declive, manejo e práticas conservacionistas.

A metodologia adotada pode ser descrita nos seguinte procedimentos:

- Digitalização da carta topográfica juntamente com a delimitação das bacias hidrográficas com as respectivas drenagens;
- Cálculo do fator K de acordo com o nomograma de Wischemeier *et al.* (1978), o qual considera as seguintes características de solo: granulometria, porcentagem de matéria orgânica, estrutura e permeabilidade.

2.3.6 Infiltração

A água da chuva que chega ao solo pode ser acumulada em pequenas depressões, ou se infiltrar, contribuindo, dessa forma, para aumentar a capacidade de acúmulo de água nos solos. Esse processo é influenciado pelas propriedades do solo, a característica das chuvas, o tipo de cobertura vegetal, o uso e manejo do solo, as características das encostas e a microtopografia da superfície do terreno.

O uso e manejo do solo é outra variável responsável pela variabilidade da infiltração do solo.

Os infiltrômetros foram projetados (Foto 2.5), com diversos graus de precisão, e é o único instrumento que até hoje dá uma idéia aproximada de como se opera a infiltração “*in situ*”.

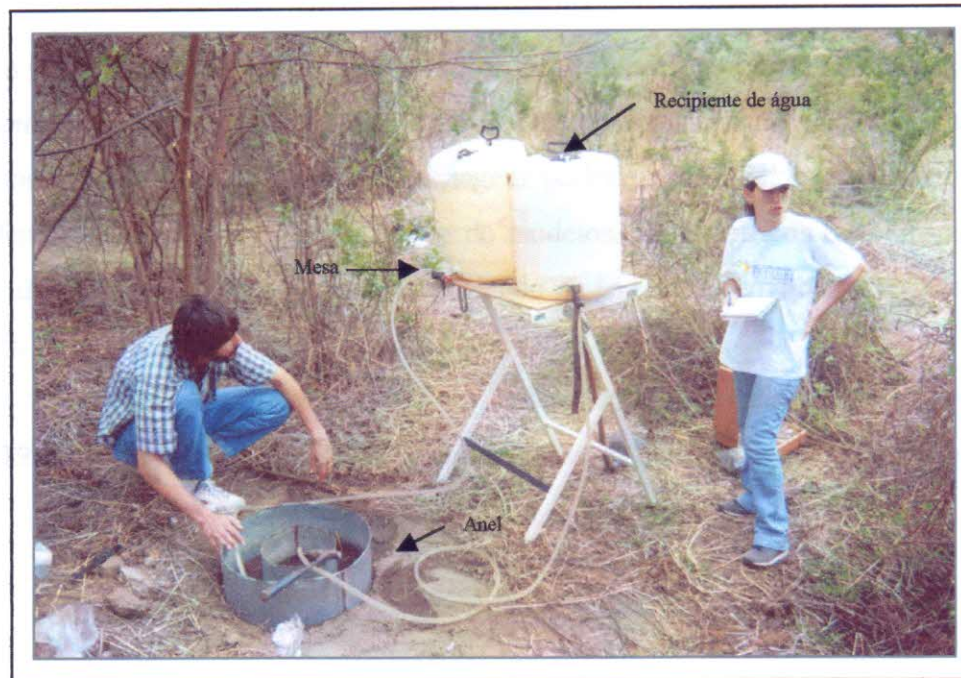


Foto 2.5 – Equipamento de infiltração.

Foi desenvolvida por Horton (1940) a equação logo abaixo, para ajustar a uma grande variedade de curvas-padrão de infiltração:

$$f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt}$$

Onde:

f = velocidade de infiltração;

f_c = valor constante de f para o qual a curva fica assintótica com o tempo;

f_0 = alta velocidade inicial ou valor de f para $t = 0$;

e = base dos logaritmos naturais, com o valor aproximado de 2,718;

k = uma constante;

t = tempo decorrido desde o início da chuva.

Deve-se ressaltar, contudo, que os valores encontrados nos totais de infiltração não devem ser considerados como valores absolutos pois os valores obtidos são geralmente superestimados em relação à capacidade de infiltração sob condições de chuvas naturais. Estes valores, entretanto, são válidos para análises comparativas e para indicar os controles deste processo, nos quais se incluem a cobertura vegetal, o uso do solo, a textura e a densidade aparente.



2.3.7 Análise Morfométrica

Foi a partir do ano de 1945 que Robert E. Horton começou a análise e os estudos das relações entre os eventos hidrológicos com a geometria das bacias hidrográficas. Assim, Horton mostrou como um sistema de drenagem poderia ser dividido em componentes de ordem diferentes, dando início à construção de modelos morfométricos relacionados com os processos de escoamento superficial, estabelecendo as leis do desenvolvimento dos rios e de suas bacias.

Com base no conceito hierárquico da ordenação dos canais fluviais definidos por Strahler (1952), figura 2.2, a área foi dividida em 52 bacias hidrográficas de 3ª ordem.

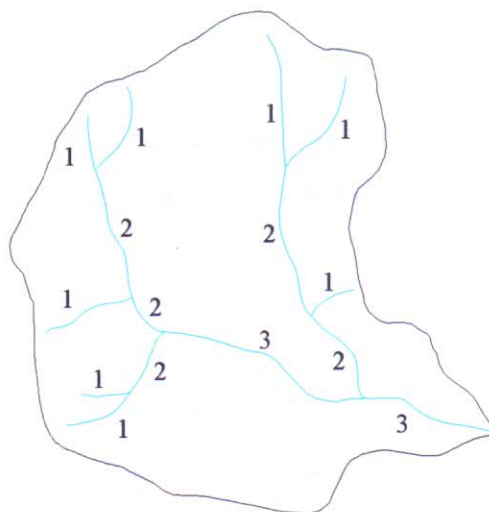


Figura 2.2 - Determinação da ordem dos canais fluviais de Strahler (1952).

Para a análise da Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti (BHRP), foram utilizados os índices morfométricos de Densidade de rios (D_r) e Densidade de drenagem (D_d).

A Densidade de rios é a relação existente entre o número de canais fluviais e a área da bacia de drenagem, e tem por finalidade, comparar a frequência de canais de água existentes em uma área de tamanho padrão (Horton, 1945). A Densidade de rios representa o comportamento hidrológico de uma determinada área ou sua capacidade de gerar novos cursos de água, sendo expressa através da equação:

$$D_r = N/A$$

Onde:

D_r = Densidade de rios;

N = número total de cursos d'água;

A = área da bacia considerada.

Já a Densidade de drenagem (Dd) é a relação existente entre o comprimento total dos canais e a área da bacia. Esse parâmetro reflete o grau de dissecação topográfica em paisagens elaboradas pela atuação fluvial, expressando em última análise, a quantidade disponível de canais de escoamento. Pode ser calculado pela equação:

$$Dd = Lt/A$$

Onde:

Dd = Densidade de drenagem;

Lt = comprimento total dos rios existentes em uma bacia;

A = área da bacia considerada.

2.3.8 Elaboração de Mapas

Os mapas elaborados foram gerados a partir do mapa base, dos quais serão detalhados os processos de elaboração dos mapas de pontos e hidrológicos e da carta de declividade.

2.3.8.1 Pontos

Com o mapa base feito, os pontos obtidos em campo com auxílio de um GPS (*Garmin – V Deluxe*), foram plotados no mapa através do *software AutoCAD Map 2000* (Anexo I). Esses pontos serão referentes à geologia, à coleta de amostras tanto para os ensaios *in situ*, como também aos ensaios realizados em laboratório.

2.3.8.2 Hidrográfico

A elaboração do mapa Hidrográfico da área será realizado inicialmente com a delimitação da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti (BHRP), confeccionados a partir de quatro ortoFotocartas na escala 1:10.000 do IDACE – Instituto de Desenvolvimento Agrário do Ceará, utilizando o *software AutoCAD Map 2000*, originando assim o mapa hidrográfico da área (Anexo I).

O alto curso da BHRP será delimitado a partir de seus divisores d'água e individualizadas em bacias hidrográficas de 3ª ordem obedecendo a hierarquização fluvial proposta por Strahler (1952).



2.3.8.3 Geológico

Este mapa será construído a partir das informações obtidas no campo, descritas no item 2.2.1. A sua elaboração consistirá no esboço dessas informações no mapa base utilizando-se *software* AutoCAD Map 2000.

2.3.8.4 Carta de Declividade (MDT)

A carta de declividades pode ser confeccionada normalmente, utilizando-se técnicas convencionais (construção e uso de ábaco) apresentados por Aguiar & Kreling (1984), De Biase (1992) e Sanchez (1993) ou em meio digital.

Neste trabalho a carta de declividade será gerada utilizando-se o *software* Idrisi® 32 a partir do MDT – Modelo digital de Terreno construído no *software* Surfer® 7.00 .

2.3.8.5 Geomorfológico

O levantamento geomorfológico consiste em determinar as áreas de maiores riscos de erosão, servindo de base para o planejamento urbano. Para o mapeamento geomorfológico será utilizada a classificação do IPT (1981) pois é a que melhor se adequou às necessidades do estudo na região de Pacoti, por ser uma região serrana e possuir uma certa semelhança com o trabalho que foi feito no estado de São Paulo. O mapa geomorfológico será feito em cima da carta topográfica na escala 1:20.000 com o auxílio da carta de declividade, também na escala 1:20.000.

3. TRABALHOS ANTERIORES E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A revisão bibliográfica foi realizada praticamente ao longo de toda a dissertação, constando da leitura de livros, monografias, teses e periódicos, abordando temas de pedologia, geomorfologia, geologia, bacias hidrográficas, processos erosivos e perda de solos, e vários outros relacionados com o trabalho tanto no âmbito regional como também local.

3.1 PEDOLOGIA

A pedologia é a ciência que tem por objeto o estudo das camadas superficiais da crosta terrestre, em particular a sua formação e classificação levando em conta a ação de agentes climatológicos. De acordo com a pedologia a formação do solo é função da rocha origem, da ação dos organismos vivos, do clima, da fisiografia e do tempo, as camadas que constituem um perfil são denominadas horizontes e designam-se pelas letras A (camada superficial), B (subsolo) e C (camada profunda). Esses horizontes, que se diferenciam pela cor e composição química, são ainda subdivididos em outros.

O conhecimento do solo é de grande importância para o desenvolvimento de várias atividades, em especial as ligadas a agricultura. Os estudos de identificação, caracterização, classificação e mapeamento proporcionam dados básicos essenciais para os planejamentos estaduais, conservação do solo, programas de reforma agrária, programas de irrigação, além de outros.

Para a execução desse trabalho foram seguidos os conceitos e normas estabelecidos pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do solo, das principais características dos grupo de solos existentes no Maciço de Barutité.

A área é composta, predominantemente, de podzólicos vermelho-amarelo, segundo o Atlas do Ceará – IPLANCE, 1995 (Figura 3.1):

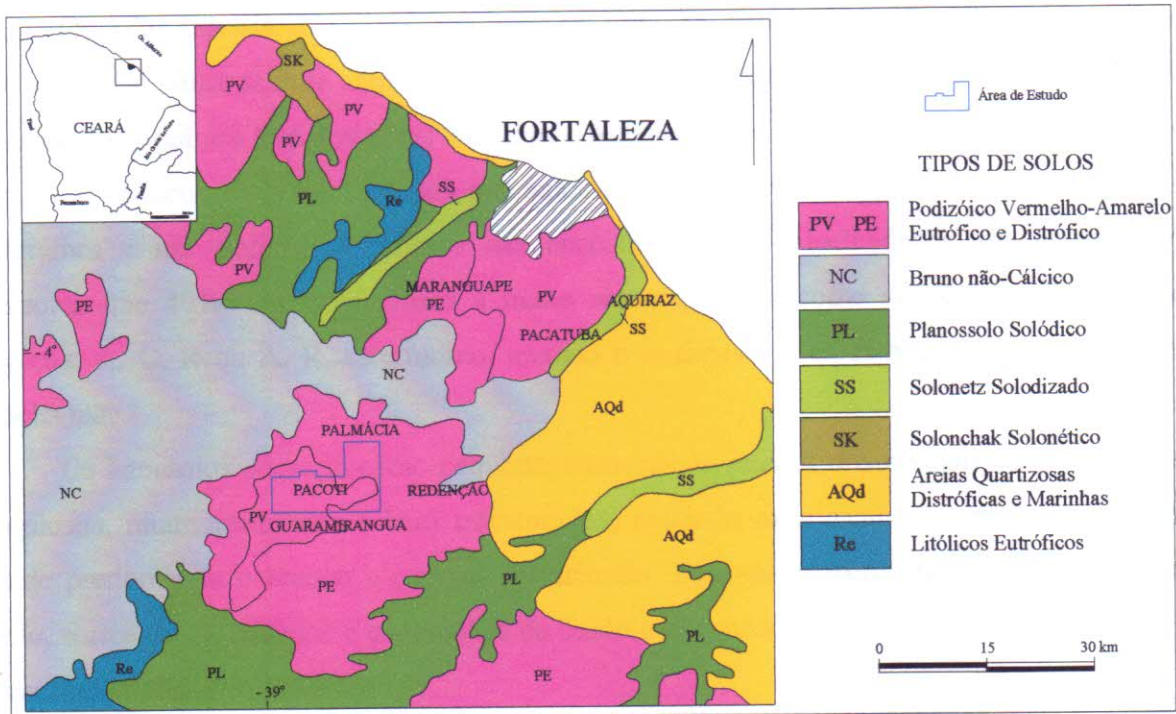


Figura 3.1 – Mapa Pedológico da porção Nordeste do Estado do Ceará, ilustrando os principais tipos de solos que ocorrem na área e suas adjacências (base – Atlas do Ceará – IPLANCE, 1995).

Os podzólicos vermelho-amarelo incluem solos profundos a moderadamente profundos, apresentam classe textural variando de argilosa à média, predominando os solos bem drenados e porosos. Possuem horizontes A, Bt e C, onde o horizonte Bt é caracterizado por apresentar películas de materiais coloidais. Esse tipo de solo, segundo Atlas do Ceará – IPLANCE, 1995, é subdividido em eutróficos (PE), quando há presença de horizonte subsuperficial de acumulação de argilas e, distróficos (PV), quando apresentam forte acidez.

Trabalhos realizados no Maciço de Baturité, mais especificamente nas regiões de Pacoti e Guaramiranga, identificaram basicamente cinco tipos principais de solos na região: solos do tipo horizonte B textural (Podzóico Vermelho-Amarelo), podzólicos, aluviais, litólicos e latossolos (Araújo & Paz, 1984; Brígido & Filho, 1985; Gomes, 1993; Amorim, 2000 e Araújo, 2003).

Os solos do tipo horizonte B textural, são bastante profundos, argilosos, com textura média e coloração que varia de amarela a vermelha. São solos moderadamente drenados e sujeitos a constantes deslizamentos devido sua saturação do horizonte superficial.

Os podzólicos predominam na região, e se encontram desenvolvidos sobre diferentes litotipos que compõem o substrato rochoso. São principalmente argilosos e ou argilo-arenosos, caoliníticos, profundos, laterizados com cores variando entre amarelo e vermelho.

Os solos aluviais, que se desenvolvem em todos os setores da região, são hidromórficos, de coloração cinza, textura arenosa, e bastante friáveis, podendo conter porções argilosas ricas em matéria orgânica fora dos leitos em direção às margens.

Os litólicos são representados por solos pouco desenvolvidos, presentes nas vertentes íngremes e nas porções superiores das encostas onde as declividades são normalmente maiores que 40%. São solos rasos a muito rasos que têm como sequência de horizontes típicos: A, C, R ou A, R, este último, quando o horizonte A se dispõe diretamente sobre a rocha mãe.

Os latossolos ocorrem como pequenas manchas no interior dos podzólicos. São bastante argilosos, muito profundos e bem estruturados, exibindo mosqueamento em cores variadas onde predominam o branco e o vermelho amarelo. Pode-se também observar, nesse tipo de solo, formação de nódulos e concreções de óxido e hidróxidos de ferro o que atesta o estágio avançado de sua evolução.

3.2 GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo. O relevo do estado do Ceará comporta características dependentes da influência de um conjunto de fatores, nos quais as condições geológicas, paleoclimáticas e a dinâmica geomorfológica.

Conforme Souza (1988), as unidades morfo-estruturais foram identificadas com base nos domínios estruturais em que se consideram desde os elementos geotectônicos até a preponderância de litologias nítidas.

Com relação aos vários domínios de relevos do Estado do Ceará, Souza (*op. cit.*) os agrupou em três domínios geomorfológicos distintos (Figura 3.2). As subdivisões dos domínios morfo-estruturais obedecem ao modo de arranjo das formas de relevo que têm traços comuns quanto às características fisionômicas e genéticas. Assim, Souza estabeleceu as seguintes unidades (Figura 3.2):

a) Domínio dos depósitos sedimentares Cenozóico: Planícies e terraços fluviais; Formas litorâneas e Tabuleiros.

b) Domínio das bacias sedimentares Paleo-Mesozóicas: Chapada do Araripe; Chapada do Apodi e Planalto da Ibiapaba/Serra Grande.

c) Domínio dos escudos e dos maciços antigos: Planaltos residuais e Depressões sertanejas.

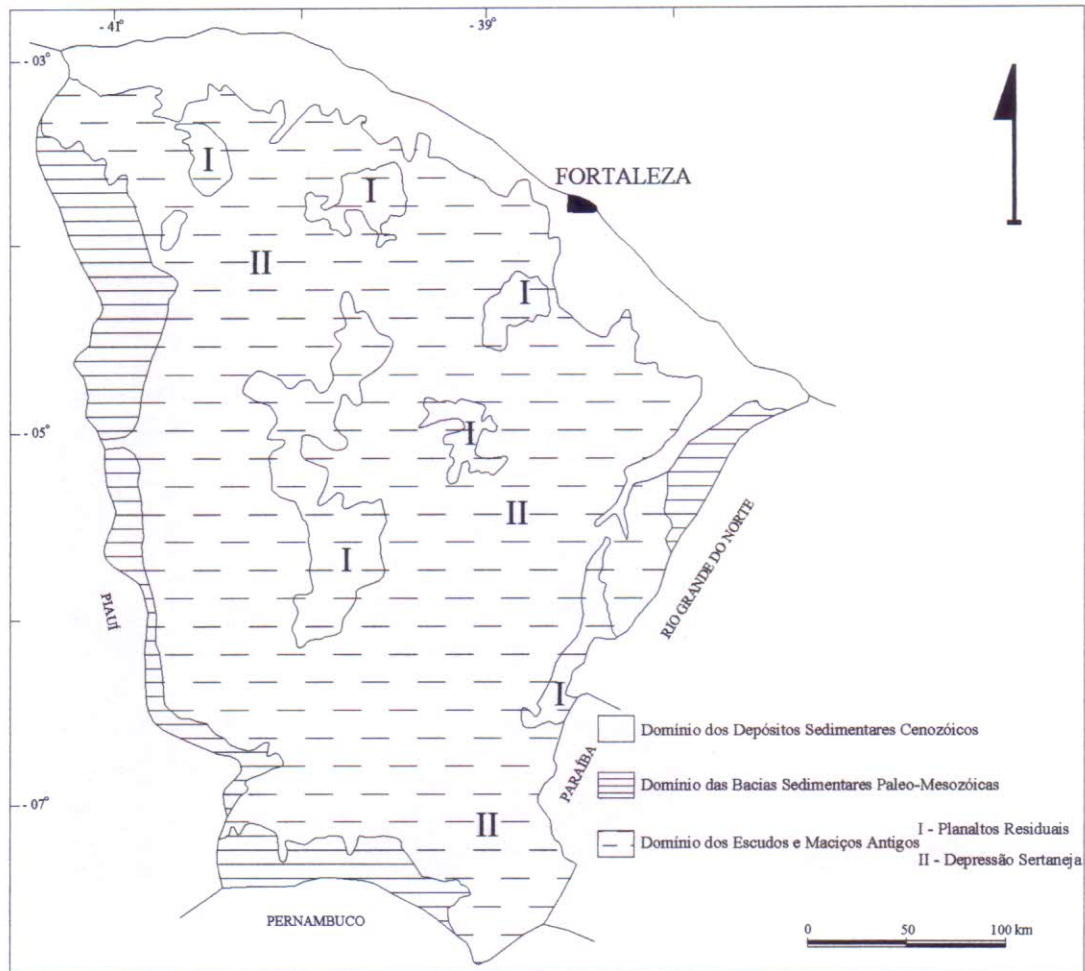


Figura 3.2 – Esboço geomorfológico do estado de Ceará (modificado de Souza, 1988).

Conforme Brandão *et al.* (1995), a compartimentação do relevo do estado de Ceará é representada basicamente por quatro domínios geomorfológicos (Figura 3.3): Planície Litorânea, Glacis Pré-Litorâneos, Depressão Sertaneja e Maciços Residuais, cujos limites são estabelecidos com base na homogeneidade das formas de relevo, posicionamento altimétrico, estrutura geológica, atividade tectônica, bem como as características de solos e vegetação.

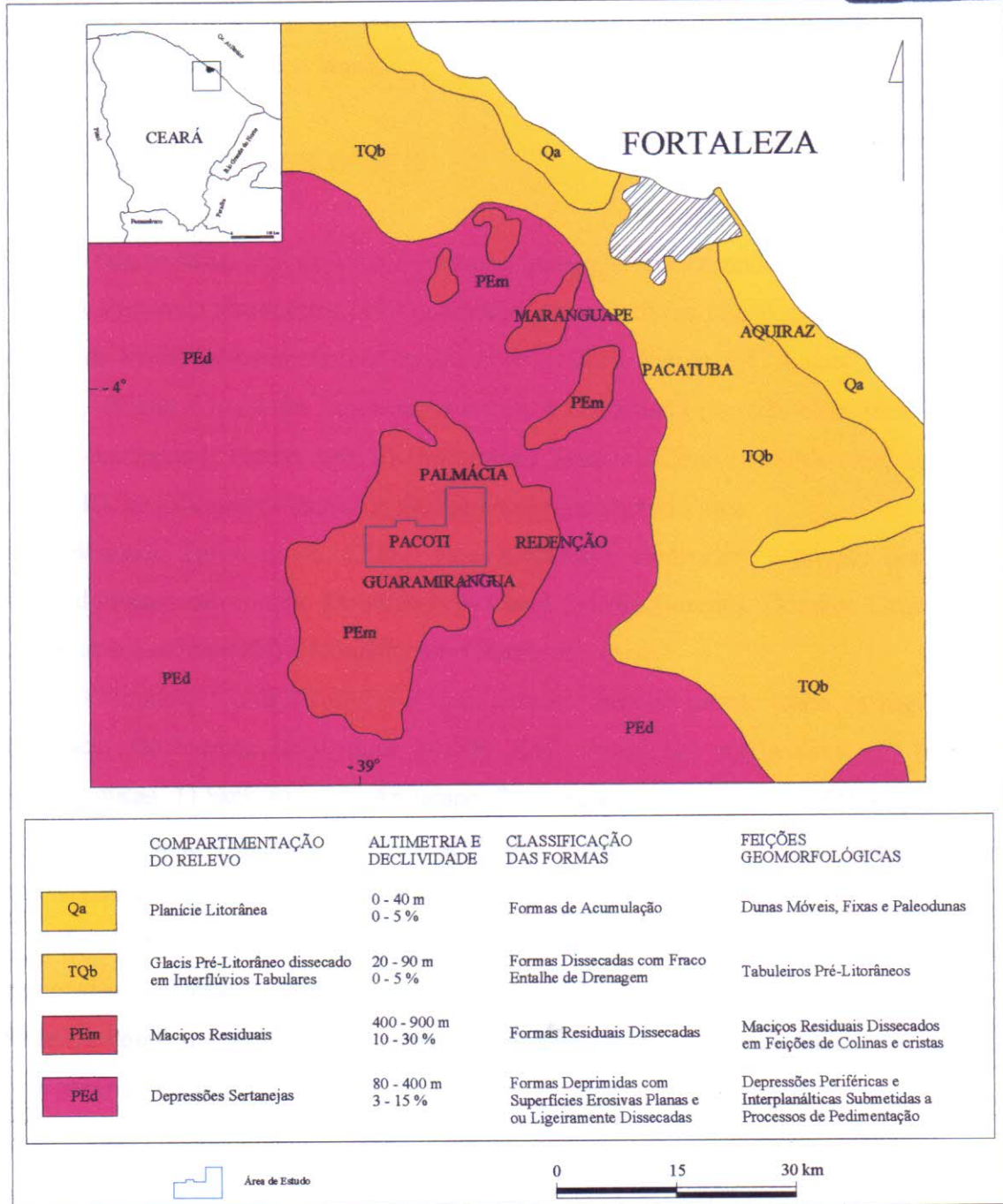


Figura 3.3 – Mapa Geomorfológico da porção Nordeste do Estado do Ceará, ilustrando os principais tipos de solos que ocorrem na área e suas adjacências (base – Atlas do Ceará – IPLANCE, 1995).

Conforme a APA da Serra de Baturité Ceará (1992) a geomorfologia do Maciço de Baturité apresenta feições fortemente dissecadas em cristas, colinas e vales fechados. Possui uma rede de drenagem bastante densa e exibe uma preferência de padrões sub-dendríticos. Suas feições geomorfológicas estão inseridas no Domínio dos Escudos e Maciços Antigos compostos de litotipos datados do Pré-Cambriano. Trata-se de um maciço residual, disposto em posição NE-SW. Suas características geomorfológicas estão associadas às influências

litológicas e estruturais pretéritas, aos mecanismos de flutuações climáticas cenozóicas e aos processos morfodinâmicos atuais.



3.3 ARCABOUÇO GEOLÓGICO

Neste trabalho será descrito o contexto geológico que compõe a área de estudo.

A Província Borborema (PB) compreende uma extensa região geológica do Nordeste do Brasil de idade pré-cambriana (Almeida *et al.*, 1981), Figura 3.4. A subdivisão geotectônica da PB, situada a norte do Lineamento Patos, é constituída por três elementos estruturais de escala continental (Figura 3.4): a) Lineamento Transbrasiliano (zona de cisalhamento Sobral-Pedro II), b) Lineamento Senador Pompeu e c) Lineamento Patos.

Segundo Fetter *et al.*, (2000) estes elementos subdividem a porção norte da PB em mega-domínios estruturais: Domínio NW Ceará (Médio Coreaú), Domínio Ceará Central (no qual a área está inserida) e Domínio Rio Grande do Norte.

O Domínio Ceará Central é a mais extensa unidade geotectônica da região central da Província Borborema (PB) com 80.000 Km². Pode ser subdividido em três unidades geotectônicas: 1) Embasamento Arqueano, 2) Terrenos acrescionários do Paleoproterozóico, e 3) Terreno Santa Quitéria (Fetter *et al.* 2000). Geologicamente, a área estudada localiza-se nos terrenos acrescionários do paleoproterozóico.

Os terrenos acrescionários do paleoproterozóico são constituídos por paragneisses e ortogneisses diversos situados entre o Terreno Santa Quitéria e a zona de cisalhamento Senador Pompeu (ZCSP). Eles correspondem ao Complexo Independência, Grupo Itatira e a uma parte do Grupo Ceará.

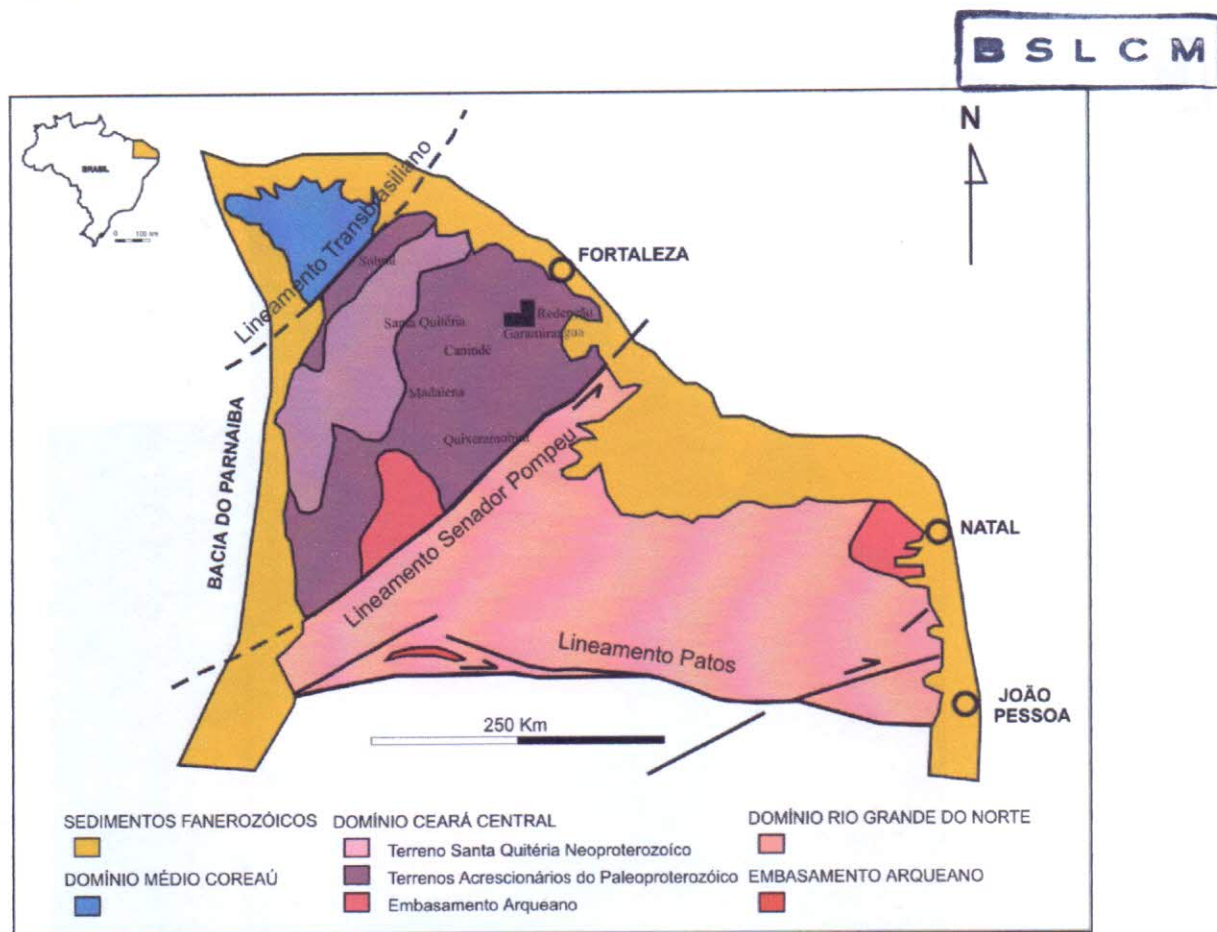


Figura 3.4 – Mapa esquemático da porção norte da Província Borborema com as principais estruturas e domínios tectônicos (modificado de Fetter *et al.*, 2000).

Segundo o Mapa Geológico do Ceará – CPRM (2003), a área em apreço é formada por rochas das Unidades Canindé e Independência do Complexo Ceará (Figura 3.5). A Unidade Canindé é composta por paragnaisses em níveis distintos de metamorfismo-migmatização, incluindo ortognaisses ácidos e rochas metabásicas. Ocorrem também, lentes de quartzitos, metacalcários, rochas calcio-silicáticas, além de granitóides gnaissificados. A Unidade Independência é composta por paragnaisses e micaxistos aluminosos (em parte migmatíticos), e incluem quartzitos, metacalcários, rochas calcio-silicáticas e, mais raramente, anfíbolitos.

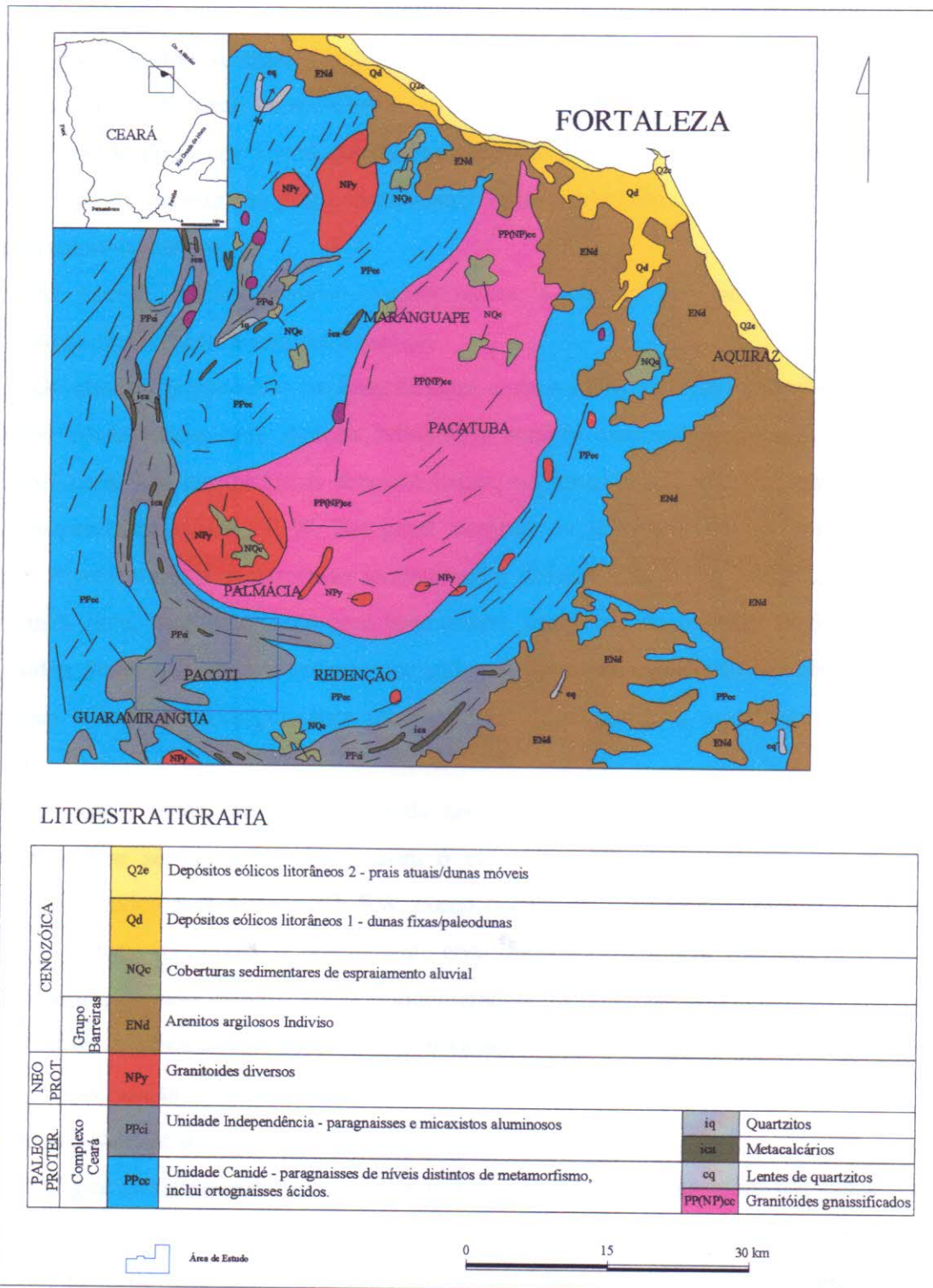


Figura 3.5 – Porção Nordeste do Mapa Geológico do Ceará – CPRM, 2003.

Localmente foram realizados trabalhos de mapeamento geológico na região de Pacoti e proximidades (como já citados anteriormente), definindo a área como sendo composta por rochas do então chamado Grupo Ceará.

A porção do Grupo Ceará que ocorre na região é composta por uma sequência de rochas supracrustais representada por paragneisses, xistos, quartzitos e intercalações menores de rochas calcio-silicáticas.

As rochas calcio-silicáticas correspondem a rochas de cor cinza esverdeada, de granulação fina a média e estrutura maciça.

Os quartzitos presentes na área formam corpos alongados de dimensões métricas a no máximo decamétricas com direção NE-SW, e sempre associados aos xistos e gnaisses do Grupo Ceará. Em certos locais formam lentes, no interior dos xistos e gnaisses, com uma direção preferencialmente E-W. Em geral mostram evidências de intensa atividade tectônica dúctil, representada por estruturas lenticulares e dobras. Macroscopicamente, são rochas de cor cinza clara, freqüentemente com tons creme, apresentando granulação fina a média. São formados quase que exclusivamente por grãos de quartzo, entretanto também podem conter minerais micáceos, principalmente muscovita, o que define a orientação proeminente da rocha.

Os xistos estão presentes em toda área, freqüentemente intercalados aos quartzitos, estando quase sempre em contato com o complexo gnáissico-migmatítico. Formam tanto corpos alongados com direção NE-SW, como corpos lenticulares com direção E-W, exibindo foliação tectono-metamórfica proeminente com orientação principal NE-SW. Apresentam cor cinza escura, quando frescos, e são freqüentemente cortados por veios quartzo-feldspáticos e pegmatitos. Macroscopicamente, são constituídos por quartzo, feldspato e principalmente pelas micas biotita e muscovita. É comum encontrar pontuações de granadas que podem chegar até 1 cm de diâmetro.

Os gnaisses freqüentemente cortados por pegmatitos, apresentam cor cinza, com tons variando entre claro e escuro, e granulação variando de média a fina. Mineralogicamente, constituem-se de quartzo, k-feldspato, muscovita, biotita e cristais arredondados de granada com até 2 cm de diâmetro e apresentam alternância de bandas máficas e félsicas. Outra característica dessa rocha é exibir, com freqüência, porfiroblastos de feldspato e cristais lenticulares de quartzo envolvidos e contornados por biotitas.

Os pegmatitos e os aplitos ocorrem na forma de veios e bolsões concordantes e discordantes a foliação principal, presentes nas rochas do Grupo Ceará. São bastante

homogêneos, brancos, caoliníticos contendo cristais de quartzo, plagioclásio, k-feldspato e muscovita.

Os veios de quartzo feldspático cortam principalmente as estruturas gnáissicas e xistosas preenchendo fraturas com direções as mais variadas possíveis.

Os aluviões que ocorrem na região são sedimentos arenosos e areno-argilosos, de cores escuras, normalmente angulosos, com pouca esfericidade e baixo grau de seleção.

Os depósitos coluvionares são desenvolvidos nas zonas de grandes declividades e nas regiões que sofrem com desmatamentos indiscriminados. Constituem depósitos pouco espessos, compostos por misturas de solo e blocos de rocha pequenos, sendo normalmente encontrados recobrando as encostas dos morros e serras da região, freqüentemente envolvidos pela maioria dos escorregamentos das encostas. Possuem textura variando de areias-argilosas a argilas-arenosas e coloração laranja avermelhada passando para vermelho nos locais que apresentam alto índice de laterização.

3.4 PROCESSOS EROSIVOS E PERDA DE SOLOS

Nos últimos anos a temática ambiental vem ganhando espaço na mídia e principalmente no meio científico. Quando da exploração do meio ambiente deve-se levar em conta seus mecanismos a fim de não comprometer sua conservação. Segundo Santos & Gomes (1998), os estudos ambientais fundamentados na análise integrada do meio físico se destacam pela maior abrangência e complexidade da análise. O “sistema de erosão”, representado pela Equação Universal de Perda de Solos (USLE) é um desses estudos integrados que merece destaque.

Em regiões subtropicais, um dos principais efeitos do clima na degradação do meio ambiente parece estar aliado ao fenômeno da precipitação e sua capacidade de causar erosão. A ação da chuva no fenômeno de erosão depende da intensidade, duração e freqüência (Bertoni e Lombardi Neto, 1985). O potencial das chuvas em provocar erosão é denominado erosividade.

A erosividade da chuva é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva, esperada em dado local, de causar erosão em uma área sem proteção (Bertoni e Lombardi Neto, 1985).

É recomendado o uso do produto da energia cinética total da chuva (E) pela intensidade máxima em 30 minutos (I_{30}) como sendo o fator R (erosividade da chuva), (Beltrame, 1994) . Em função da dificuldade de se obter registro de intensidade de chuva

(registros de pluviógrafos), pode-se calcular o índice de erosividade da chuva utilizando o coeficiente de chuva (Fournier citado por Veiga *et. alii*, 1994). O coeficiente de chuva média mensal é expresso por:

$$Elm = p^2/P \quad (I)$$

Onde:

Elm = coeficiente de chuva média mensal (mm);

p = precipitação média mensal (mm);

P = precipitação média anual (mm).

Apresentado por Bertoni e Lombardi Neto (1985), a seguinte relação entre o coeficiente de chuva média mensal (Elm) e a erosividade média mensal da chuva (R) pode ser estabelecido:

$$R = 6,886 (Elm)^{0,85} \quad (II)$$

Onde:

R = erosividade

Elm = coeficiente de chuva média mensal (mm)

O valor da erosividade média anual é dado pela soma das erosividades médias mensais, calculadas a partir da equação II. Outros autores utilizaram esta mesma equação para seus estados, o estado de Santa Catarina, o estado de São Paulo.

Em função dos estudos citados, adotou-se, também neste trabalho, a equação II para uma primeira aproximação na caracterização da erosividade da chuva na porção oriental do estado do Paraná. Carvalho (1994) propõe uma hierarquização desses índices, conforme Tabela 3.1.



Tabela 3.1 - Classes de erosividade da chuva média anual

Classes de erosividade	Valores de R (t.m.mm/ha.h.ano)
1 - Muito baixa	R < 250
2 - Baixa	250 < R < 500
3 - Média	500 < R < 750
4 - Alta	750 < R < 1000
5 - Muito Alta	R > 1000

Fonte: Adaptado de Carvalho, 1994.

O índice de erosividade média anual, em razão das equações utilizadas para o seu cálculo, é função basicamente de duas grandezas: precipitação anual e a variabilidade da chuva mensal ao longo do ano. O índice de erosividade média anual é maior quanto maior a precipitação média anual e quanto maior for a variabilidade da chuva ao longo do ano.

Pode-se expressar a variabilidade da chuva mensal ao longo do ano através do coeficiente de variação definido como a seguir:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \quad \text{(III)}$$

Onde:

CV = coeficiente de variação da precipitação média mensal;

S = desvio-padrão da precipitação média mensal;

\bar{X} = média da precipitação média mensal.

A partir do conceito de coeficiente de variação, (equação III) e utilizando-se a equação II, obtêm-se analiticamente expressões-limites para o índice de erosividade médio anual de uma determinada estação como função apenas da precipitação média anual.

A erosividade média anual para uma determinada estação pluviométrica será mínima quando a precipitação média mensal estiver distribuída uniformemente ao longo do ano, o que implica em CV = 0. A erosividade média anual para uma determinada estação pluviométrica será máxima quando a precipitação anual concentrar-se toda em um único mês, o que implica em CV = 1. As equações (IV) e (V) apresentam, respectivamente, os limites mínimo e máximo hipotéticos para a erosividade média anual (R) de uma determinada estação pluviométrica em função da precipitação média anual (P).

$$R_{\text{mínimo}} = 1,209 P^{0,85} \quad \text{(IV)}$$



$$R_{\text{maximo}} = 6,886P^{0,85} \quad (\text{V})$$

O estado do Paraná apresentou uma variação bastante significativa do índice de erosividade, tanto espacialmente como ao longo do tempo. O índice de erosividade médio anual variou entre 529,29 e 1306,83 t.m.mm/ha.h.ano. O índice de erosividade é maior nos meses de verão, entre janeiro e março, e menor no inverno, entre junho e agosto.

Os valores encontrados, variando entre médio e muito alto, significam que a região requer cuidados especiais na avaliação e gestão ambiental, principalmente na Serra do Mar, onde os elevados índices de erosividade aliados às altas declividades, formam um ambiente potencialmente muito frágil.

Segundo Veríssimo *et al.* (1996), os estudos relacionados com bacias hidrográficas e suas redes de drenagens sempre mereceram atenção em Geomorfologia por terem papel fundamental na esculturação do modelado terrestre.

A ação humana através do processo de urbanização, agricultura e aproveitamento dos recursos naturais transforma o meio ambiente, muitas vezes trazendo consequências negativas.

Para a análise da bacia hidrográfica foram utilizadas os índices morfométricos de Densidade de rios (Dr) e Densidade de drenagem (Dd) em setores amostrais.

Por definição, a Densidade de rios é a relação existente entre o número de canais fluviais e a área da bacia de drenagem, e tem por finalidade comparar a frequência de canais de água existente em uma área de tamanho padrão (Horton, 1945). A Densidade de rios representa o comportamento hidrológico de determinada área ou sua capacidade de gerar novos cursos de água.

$$Dr = N/A \quad (\text{VI})$$

Onde:

Dr = Densidade de rios;

N = número total de cursos d'água;

A = área da bacia considerada.

Outro índice importante na análise morfométrica de bacias é a Densidade de drenagem (Dd) ou a relação existente entre o comprimento total dos canais e a área da bacia. Esse parâmetro definido por Horton (*op. cit.*) reflete o grau de dissecação topográfica em paisagens

elaboradas pela atuação fluvial, expressando em última análise, a quantidade disponível de canais de escoamento. Pode ser calculado pela equação:



$$Dd = Lt/A$$

(VII)

Onde:

Dd = Densidade de drenagem;

Lt = comprimento total dos rios existentes em uma bacia;

A = área da bacia considerada.

4. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO



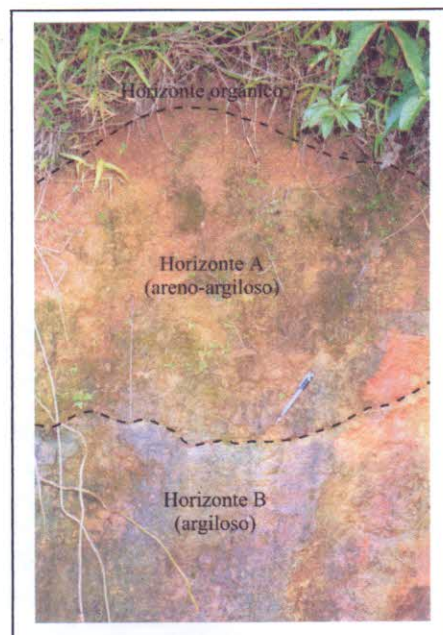
A partir da revisão criteriosa dos trabalhos geológicos previamente realizados, associados à etapa de coleta de dados geológicos, pedológicos e geomorfológicos em campo, foi possível a individualização e conseguinte representação cartográfica das seguintes unidades geológicas e geomorfológicas na área pesquisada. (Anexo I).

4.1 PEDOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA

As principais litologias presentes na área, quando intemperizadas, produzem uma associação de solos predominantemente podzólicos de textura argilosa ou areno-argilosa com horizonte A moderado, além de manchas localizadas de latossolos, litólicos e solos aluviais. Estes dois últimos situados, respectivamente, em vertentes íngremes e nas áreas de influência das principais drenagens e planícies alveolares existentes.

Os solos podzólicos predominam na área e se encontram desenvolvidos sobre diferentes litotipos que compõem o substrato rochoso. Com espessuras variadas, o horizonte A superior possui cor acinzentada e textura variando de areno-argilosa a argilo-arenosa, sendo poroso, permeável e friável; o horizonte B inferior tem coloração avermelhada e exibe uma textura mais argilosa, podendo desenvolver localmente horizonte plintítico (mosqueado) com manchas vermelhas e cinza amarelado, associado à remobilização e reorganização de Fe no perfil de solo (Foto 4.1). O horizonte C guarda comumente registro das estruturas (foliação e fraturas) da rocha mãe, e apresenta espessuras variáveis.

Foto 4.1 – Podzólico com individualização dos horizontes A e B e variação do gradiente textural, horizonte A superior com textura areno-argilosa e horizonte B superior argiloso.



Os latossolos ocorrem como pequenas manchas no interior dos solos podzólicos dominantes, são extremamente argilosos, muito profundos e bem estruturados, exibindo via de regra mosqueamento em cores brancas, amarelas e vermelhas geradas pela individualização de argilo-minerais do grupo da caulinita e de óxidos e hidróxidos de Ferro (Fe) no perfil do solo. Provavelmente a origem de tais solos é devida à evolução de podzólicos.



Foto 4.2 – Solos Plintítico (mosqueado), perfil de solo próximo ao horto florestal de Pacoti, estrada vicinal para Areias. Margem direita do rio Pacoti.

Os litólicos geralmente estão associados com as vertentes mais íngremes, onde a declividade é bem acentuada. São solos rasos com espessuras variando entre 40 e 60 cm de profundidade os quais apresentam como sequência de horizontes típica: A, C, R ou A, R. Neste último caso o horizonte A se dispõe diretamente sobre a rocha mãe.

Os solos aluviais ocorrem nas porções mais baixas do relevo associadas as áreas de influências dos principais rios e riachos da região configurando as planícies aluvionares e alveolares. São compostos por sedimentos arenosos e areno-argilosos, de cor cinza escura. Nas margens das planícies mais desenvolvidas os solos aluviais tendem a ser mais argilosos e ricos em matéria orgânica.

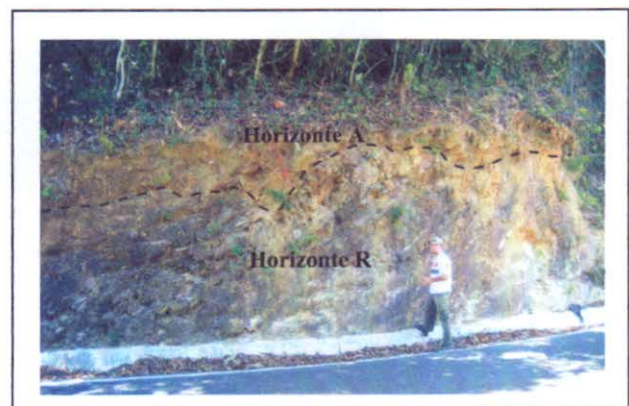


Foto 4.3 – Litólico com individualização dos horizontes A e R. Solo raso onde o horizonte A está diretamente sobre a rocha. Perfil de solo na estrada de Guaramiranga a Pacoti.

4.2 GEOMORFOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA



O alto curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti está inserido na unidade geomorfológica dos Maciços residuais úmidos e subtúmidos, mais especificamente no domínio de geofácies das vertentes e platôs úmidos definidos por Souza, 1989, (Foto 4.4 e 4.5). A referida área foi compartimentada neste estudo em unidades de relevo menores tomando por base critérios paramétricos e paisagísticos fundamentados nas bases conceituais utilizadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) e pela Escola de Engenharia de São Paulo (EESC-USP).



Foto 4.4 – Vista panorâmica das vertentes úmidas a partir do Pico Alto olhando para leste-sudeste, podendo ser observado um detalhe de ocorrência de desmatamento (queimada).



Foto 4.5 – Vista panorâmica das vertentes secas a partir de Pico Alto olhando para oeste-noroeste.

Os principais critérios empregados foram a amplitude local e a declividade das encostas. Outros critérios utilizados foram a extensão e forma dos topos e vales, e expressão de cada unidade em área, a densidade e o padrão de drenagem (Quadros 4.1 e 4.2).

Quadro 4.1 – Resumo dos principais critérios empregados para individualização das categorias de relevo de degradação ou dissecação.

Conjuntos de Sistema de Relevo	Declividade Predominante das Encostas	Amplitudes Locais
Relevo colinoso	0 a 15%	< 100m
Relevo de morros com encostas suavizadas	0 a 15%	100 a 300m
Relevo de morrotes	> 15%	< 100m
Relevo de morros	> 15%	100 a 300m
Relevo montanhoso	> 15%	> 300m

Fonte: IPT, 1981.

Quadro 4.2 – Critérios utilizados na caracterização das unidades de relevo.

Critério	Categoria	Intervalo	Conceito
Amplitude Local	Pequena	0 – 100m	Altura máxima da unidade em metros, acima do assoalho dos grandes vales adjacentes.
	Média	100 – 300m	
	Grande	> 300m	
Declividade	Baixa	0 – 15%	Inclinação média do perfil da encosta, expressa em porcentagem.
	Média	15 – 30%	
	Alta	> 30%	
Densidade de Drenagem	Baixa	0 – 5	Número de cursos d'água perenes numa área de 10km ² .
	Média	5 – 30	
	Alta	> 30	
Expressão de Colinas em área	Pequenas	< 1km ²	Área ocupada pelas unidades de relevo entre seus vales limítrofes, ou seja, área dos interflúvios.
	Médias	1 – 4km ²	
	Amplas	> 4km ²	
Topos	Extensos Restritos		Convencional
Forma de Topos	Aplainados Arredondados Angulosos		Convencional
Perfil das Vertentes	Convexo Retilíneo Côncavo		Convencional
Padrão de Drenagem	Dendrítico Paralelo Retangular Pinulado Em treliça		Convencional
Vales	Abertos Fechados		Convencional
Planícies Aluvionares Interiores	Desenvolvidas Restritas		Convencional
Existência de Drenagem Fechada	Presente Ausente		Ocorrência de lagoas perenes ou intermitentes.
Existência de Ravinamentos das Vertentes	Presente Ausente		Convencional

Fonte: IPT, 1981.

O relevo local apresenta uma grande diversidade, cuja morfologia dos processos de dissecação e acumulação acabam por caracterizar um relevo compartimentado em serras (S), morros (M), morros paralelos (Mp), morrotes (Mt), colinas pequenas (Cp), Colinas pequenas e Morros com encostas suavizadas (CpMs) e planícies aluviais (PA), Figura 4.1 e Anexo I. A seguir serão descritas individualmente, cada uma das unidades menores de relevo definidas:

Serras (S)

Essa unidade corresponde as regiões de maior declividade (> 30%), onde as amplitudes locais são superiores a 300m e os vales são restritos e fechados. Inclui todo o setor oeste da BHRP onde localiza-se o Pico Alto, ponto culminante da Serra de Baturité, com 1115m de altitude e uma faixa descontínua, grosseiramente norte-sul, que se extende desde a Fazenda Maneco até oeste do Sítio Olandina, nestes setores as cotas altimétricas variam entre 600 e 980m.

Morros (M)

Essa unidade de relevo ocorrem principalmente na porção central e norte da BHRP, sendo representada por um conjunto de morros com declividade das encostas superiores a 30% e amplitudes variando entre 100 à 300m. Na porção centro sul as amplitudes de relevo são geralmente maiores e superiores a 140m. Os topos apresentam formas irregulares sem padrão estrutural definido, predominam os vales em V fechado e a drenagem é preferencialmente dendrítica.

Morros paralelos (Mp)

Essa unidade de relevo ocorre exclusivamente no setor sul da área a sudoeste da cidade de Pacoti e compreende o conjunto de morros que mostra um forte controle estrutural norte-sul e leste-oeste, predominam declividades superiores a 15% e as amplitudes locais do relevo são inferiores a 100m. A rede de drenagem apresentam um padrão nitidamente retangular com vales em V orientados norte-sul e leste-oeste.

Morrotes (Mt)

Essa unidade de relevo ocorrem nas porções centro-leste e norte da BHRP incluindo uma faixa mais expressiva que abrange os arredores da cidade de Pacoti e a localidade de Areias. Outra faixa menor nos arredores da Fazenda Canadá e uma terceira faixa no extremo norte da área.

Compreende o conjunto de morrotes com declividades das encostas superiores a 15% e amplitudes inferiores a 100m. Em geral os morrotes apresentam topos com formas irregulares, os vales apresentam formato em V aberto e o padrão de drenagem é dendrítico. Entretanto, a oeste da cidade de Pacoti e a leste da localidade de Areias predominam formas retangulares mostrando controle estrutural e a rede de drenagem apresenta um padrão retangular fortemente controlado pelas estruturas rúpteis regionais.

Colinas pequenas (Cp)

Área de ocorrência extremo oeste da área à sudoeste de Pico Alto e uma região no extremo norte da área adjacente a planície aluvionar do rio Pacoti. São vales mais abertos em forma de V ou U com declividade variando de 0 a 15% e amplitude local inferior a 100m. Forma das colinas com topos ligeiramente arredondados e alongados. O relevo de colinas em geral podem ser classificados como colinas pequenas em função da sua dimensão inferior a 1km com área de interflúvio inferior a 1km². Especialmente no setor norte da área predomina padrão dendrítico e os vales são mais abertos e desenvolvidos.

Colinas pequenas e Morros com encostas suavizadas (CpMs)

Abrange grande parte do setor oeste da área limitado entre divisores da BHRP e a planície aluvionar do Rio Pacoti. Compreende o conjunto de colinas pequenas e em morros com encostas suavizadas cuja declividade predominante das encostas é inferior a 15% e as amplitudes locais do relevo são inferiores a 100m no caso das colinas e entre 100 a 300m no caso dos morros. Os topos apresentam formas arredondados a irregulares os vales apresentam formatos em V aberto nas drenagens mais desenvolvidas e em V fechado nas drenagens de menores ordens, predomina amplamente o padrão dendrítico de drenagem com tendência a padrão retangular na porção sudoeste às proximidades da margem direita do rio Pacoti com por exemplo a Fazenda Uruguaina e no Sítio coronel Saraiva.

Planícies Aluviais (PA)

As planícies aluviais representa a unidade de relevo onde a partir da dissecação das unidades descritas anteriormente, pela acumulação dos sedimentos no interior das calhas fluviais do rio Pacoti e seus tributários. Correspondentes as áreas planas com declividades geralmente inferiores a 5% onde desenvolvem a agricultura com plantações de hortaliças e chuchu. A presença de uma densa rede de drenagem é responsável pelo transporte dos materiais carregados para essa unidade de relevo.

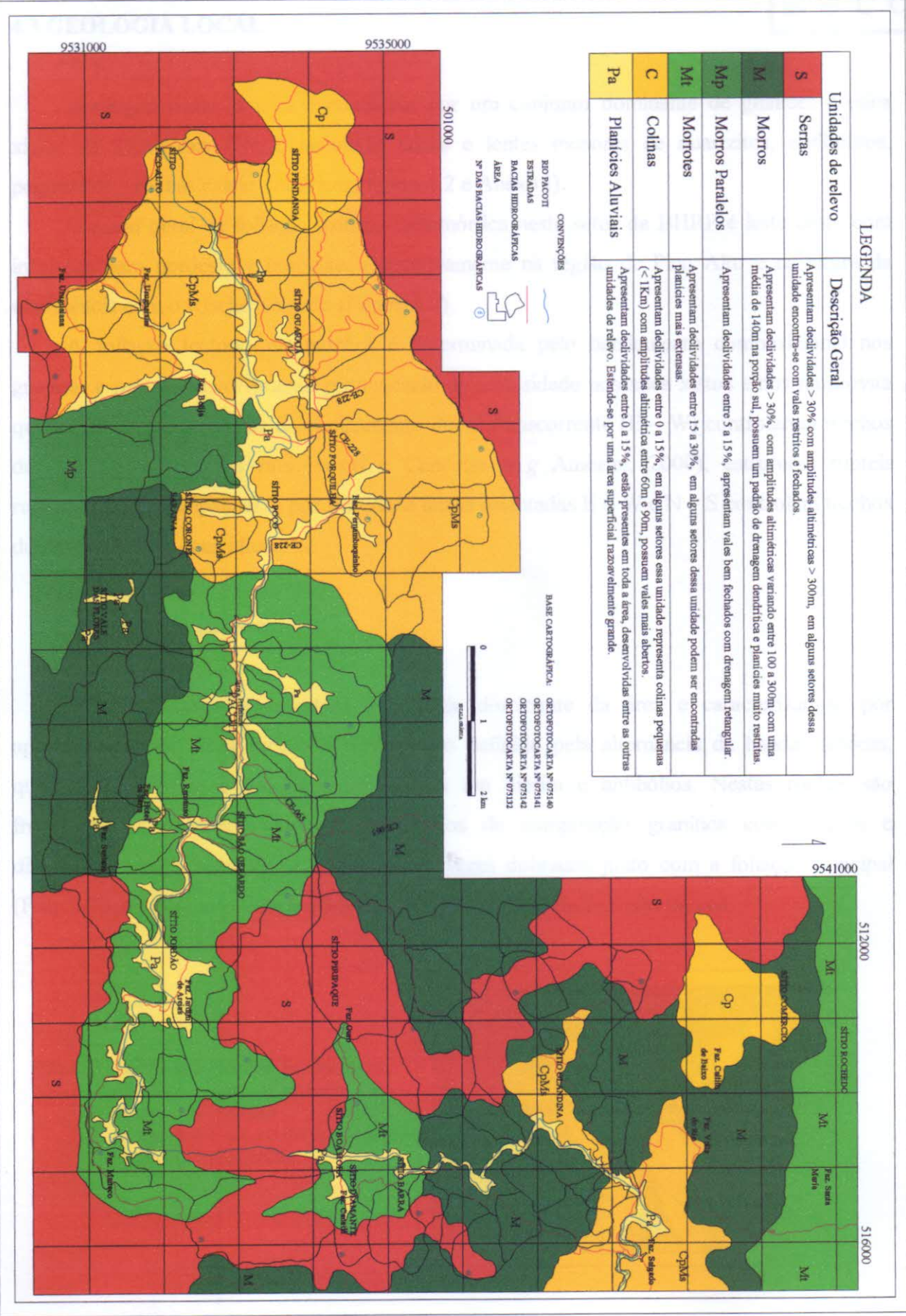


Figura 4.1 – Mapa Geomorfológico do Alto Curso do Rio Pacoti.

4.3 GEOLOGIA LOCAL

Geologicamente, a área é composta por um conjunto dominante de gnaisses e mica xistos do Complexo Ceará, incluindo faixas e lentes menores de quartzitos, anfibólitos, pegmatitos e rochas calcio-silicáticas (figura 4.2 e Anexo I).

O *trend* geral da foliação tectono-metamórfica neste setor da BHRP é leste-oeste com inflexões para nordeste e noroeste, respectivamente na região de Pico Alto e na altura da confluência com o Riacho Salgado (Figura 4.2).

A foliação tectono-metamórfica é determinada pelo bandamento composicional nos gnaisses e pelo desenvolvimento pronunciado de xistosidade nos mica xistos e nos muscovita quartzitos. Além das zonas de cisalhamento dúctil transcorrente (E – W) controlarem trechos dos canais fluviais dos rios Pacoti e Candeias (*e.g* Amorim, 2000), estruturas rúpteis representados principalmente por fraturas e falhas orientadas E – W e N – S controlam trechos do rio Pacoti e de seus afluentes.

4.3.1 Biotita gnaisses

Biotita gnaisses representam a litologia dominante da área e caracterizam-se por apresentarem cor cinza escuro e bandamento definido pela alternância de bandas félsicas, quartzo feldspáticas e bandas máficas ricas em biotita e anfibólitos. Nestas rochas são frequentes os bolsões e veios remobilizados de composição granítica concordantes e discordantes ao bandamento (Foto 4.6) por vezes dobrados junto com a foliação principal (Foto 4.7), bem como outras feições migmatíticas indicativas de fusão parcial.

Foto 4.6 – Biotita gnaisses com bandamentos definidos pela alternância de bandas félsicas quartzo feldspáticas e bandas máficas ricas em biotita e anfibólitos.



Os biotita gnaisses apresentam granulação variando de fina a média, e transicionam lateralmente para os mica xistos através do aumento da proporção de minerais micáceos.

A presença de granada, almandina e sillimanita em grande parte das unidades mapeadas sugere uma origem sedimentar para estas rochas.

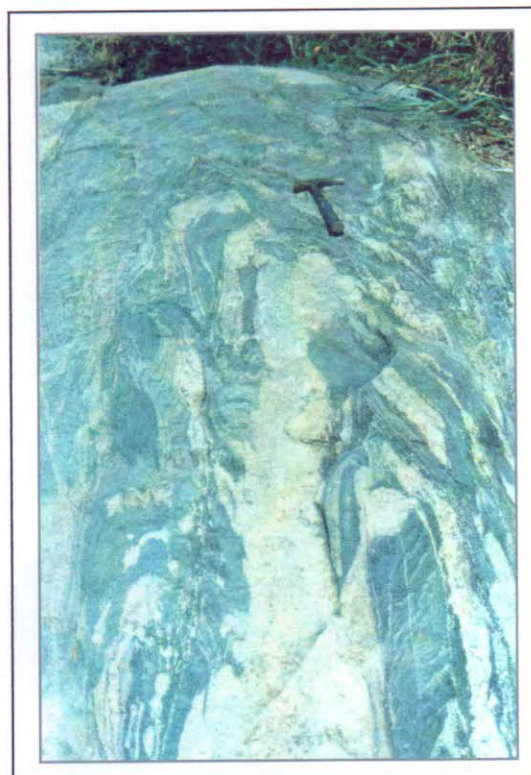


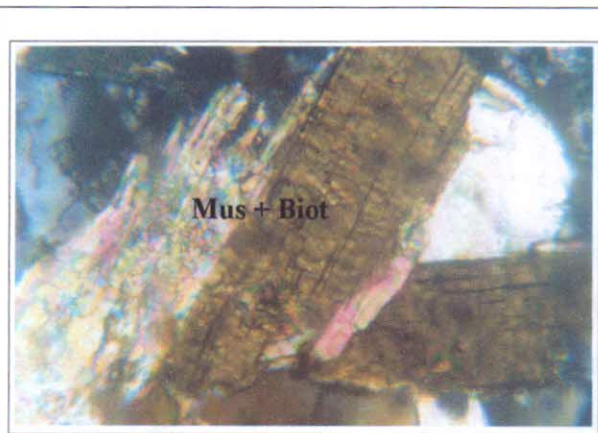
Foto 4.7 – Bolsões e veios remobilizados de composição granítica concordantes e discordantes ao bandamento.

A análise microscópica da parte fêlsica mostra o predomínio do quartzo e do feldspato (plagioclásio e microclina) com a presença irregular de níveis micáceos gerando localmente uma textura granolepidoblástica (Fotomicrografia 4.2 e 4.3).

No geral os estudos petrográficos mostraram que o plagioclásio oligoclásio (Fotomicrografia 4.3) predomina sobre a microclina (Fotomicrografia 4.2) nas bandas fêlsicas e a muscovita ocorre em maior proporção que a biotita em bandas máficas. Entretanto a muscovita aparentemente provem da alteração de biotita conforme pode ser verificado na (Fotomicrografia 4.1) onde a muscovita forma uma franja de alteração ao redor da biotita.

Os grãos de oligoclásio são subedrais e apresentam com frequência sericitização, maclamento do tipo *Carlsbad* e, em contato com o quartzo podem desenvolver textura mimerquítica.

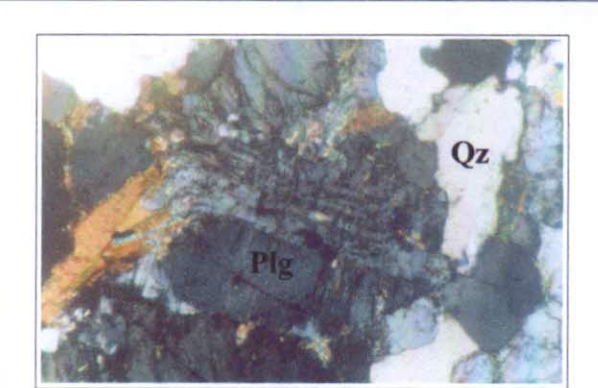
Os grãos de quartzo são geralmente subédricos à moderadamente deformados com extinção ondulante e muito fraturados. Como minerais acessórios os biotita gnaisses podem apresentar granada, sillimanita, clorita, epidoto, zircão e opacos (Fotomicrografia 4.4).



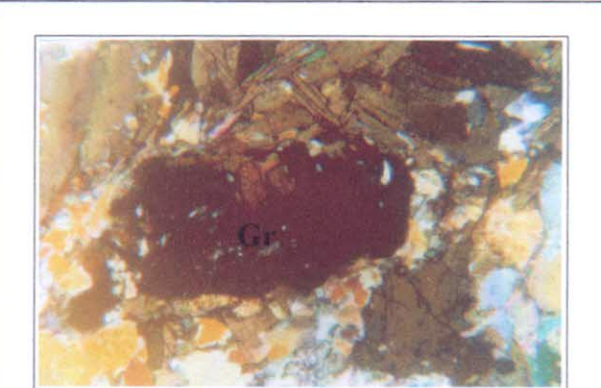
Fotomicrografia 4.1 – A muscovita provem provavelmente da alteração da biotita, onde a muscovita forma uma franja de alteração ao redor da biotita. Nicóis cruzados com aumento de 10x.



Fotomicrografia 4.2 – Mostrando a parte fêlsica com plagioclásio, microclina, muscovita, quartzo e biotita. Nicóis cruzados com aumento de 2,5mm.



Fotomicrografia 4.3 – Mostrando plagioclásio com alteração juntamente com muscovita, biotita e quartzo. Nicóis cruzados com aumento de 10x.



Fotomicrografia 4.4 – Mostrando os cristais de granada e quartzo. Nicóis cruzados com aumento de 10x.



4.3.2 Mica xistos

Estas rochas apresentam uma coloração que varia de cinza claro a escuro, xistosidade bem desenvolvida e granulação variando de fina a média. Macroscopicamente são constituídas de quartzo, feldspato, biotita e muscovita. Em certos locais observa-se a completa alteração dos feldspatos para argilo-minerais do grupo da caulinita. Mineralogicamente, foram classificadas como mica xistos devido a grande quantidade de micas.

4.3.3 Anfibólio gnaisses

Os anfibólio gnaisses ocorrem como pequenas lentes intercalados nos biotita gnaisses, correspondendo a rochas de cor cinza escura a esverdeada que apresentam como mineralogia principal anfibólio, horblenda e plagioclásio com menores proporções de quartzo exibem por vezes bandamento composicional e parecem gradar para horblenda gnaisses e para os biotita gnaisses regionais.

4.3.4 Quartzitos

Estas rochas ocorrem com maior expressão e espessuras no extremo oeste da BHRP onde localiza-se o maior ponto altimétrico da área (Pico Alto) Foto 4.8, ou como pequenas lentes intercalados nos mica xistos e biotita gnaisses. Macroscopicamente, apresentam cor branca e granulação grossa, predominando quartzo como mineral essencial. Entretanto ocorrem faixas e porções mais impuras, feldspáticas e micáceas onde o feldspato e a muscovita ocorrem em quantidade significativa.

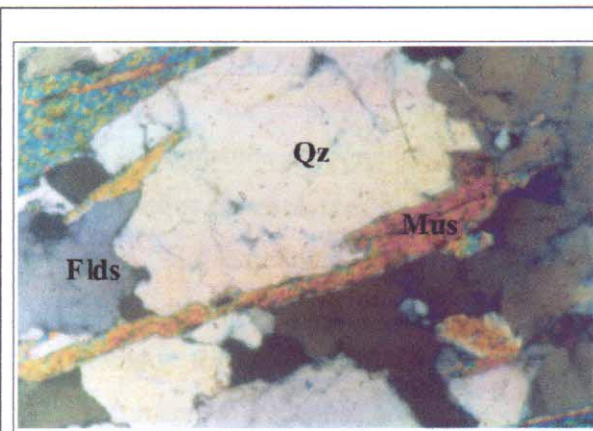


Foto 4.8 – Quartzito do extremo oeste da BHRP, próximo a Pico Alto.

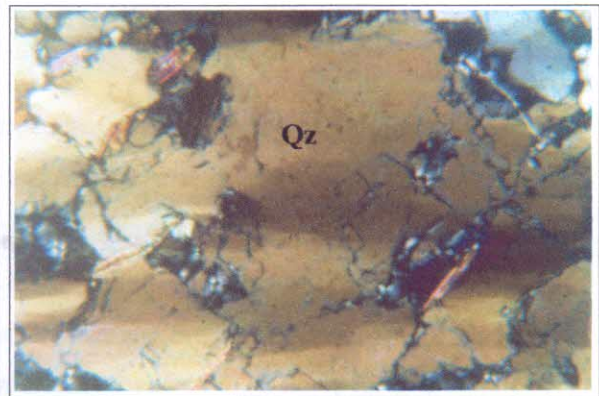
Observa-se com frequência ocorrência de minerais de caulinita preenchendo fraturas e planos de foliação, ou parte proveniente de alteração dos níveis feldspáticos e micáceos.

Sobre estas rochas desenvolvem um solo arenoso e areno-argiloso de cor cinza amarelado constituído de quartzo, mica e argila.

Em lâmina, os quartzitos impuros (muscovita quartzitos) apresentam textura granoblástica basicamente composto por quartzo, feldspato e menor quantidade de muscovita (Fotomicrografia 4.5). Nas lâminas de quartzito alterado, os minerais de quartzo se encontram deformados e estirados com recristalização em torno dos grãos de feldspato, as muscovitas estão inclusa na matriz granoblástica de quartzo e feldspato (Fotomicrografia 4.5). Os feldspatos ocorrem geralmente na forma de pórfiros estirados e quebrados, cerca de 3 vezes maiores que os outros minerais em tamanho. É comum presença de um material avermelhado, provavelmente o óxido de ferro (hematita) ao longo dos planos de foliação e fraturas. A muscovita apresentam grãos tabulares, a foliação metamórfica dos muscovita quartzito configurando microscopicamente uma textura lepdoblástica (Fotomicrografia 4.5). O quartzo nesta rocha apresenta extinção ondulante (Fotomicrografia 4.6).



Fotomicrografia 4.5 – Quartzitos impuros (muscovita quartzito) mostrando muscovita definindo a foliação tectono-metamórfica. Nicóis cruzados com aumento de 10x.



Fotomicrografia 4.6 – Mostrando quartzo com extinção ondulante e com inclusão de muscovita. Nicóis cruzados com aumentos de 10x.

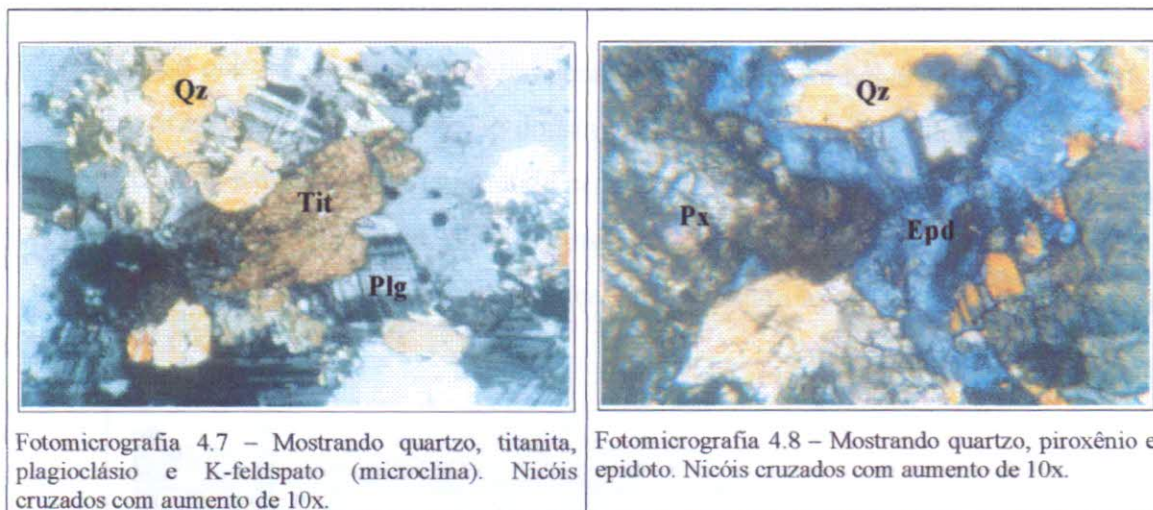
4.3.5 Calcio-silicáticas

São rochas de coloração cinza esverdeada e granulação variando de fina a média que ocorrem normalmente bastante alterada.

Microscopicamente essa rochas são constituídas por quartzo, feldspato, piroxênio, hornblenda e epidoto, além de titanita e opacos como acessórios predomina uma textura



granolepdoblástica com grãos subedrais de feldspato, quartzo e epidoto em contato com piroxênio e anfilólio por vezes orientados. Entre os feldspato predomina a microclina com textura mimerquítica pouco alterada com forma subédrica. A presença de maclamento do tipo *Clasbad* nos feldspatos sugere a presença de plagioclásio e k-feldspato. Os plagioclásios possuem forma subédrica e maclas do tipo *Clasbad* (Fotomicrografia 4.7). Os piroxênios e anfibólios ocorrem freqüentemente alterados e fraturados (Fotomicrografia 4.8).



4.3.6 Pegmatitos

Pegmatitos de composição predominantemente granítica ocorrem geralmente na forma de bolsões concordantes ou discordantes à foliação principal presentes nas rochas do Grupo Ceará. Correspondem a pegmatitos homogênicos, de cor rosada quando não alterados, constituídos principalmente de k-feldspato, quartzo, plagioclásio e muscovita. Quando alterados formam bolsões e lentes de coloração esbranquiçada onde o mineral secundário predominante é a culinita. A ocorrência mais importante localiza-se ao norte da área acima.

4.3.7 Aluviões

Os depósitos aluviais ocupam as áreas planas, dispendo-se no leito dos principais rios e riachos da área. São constituídos de sedimentos arenosos e areno-argilosos de granulação variando de fina a grossa resultante do intemperismo e erosão das rochas existentes na BHRP.

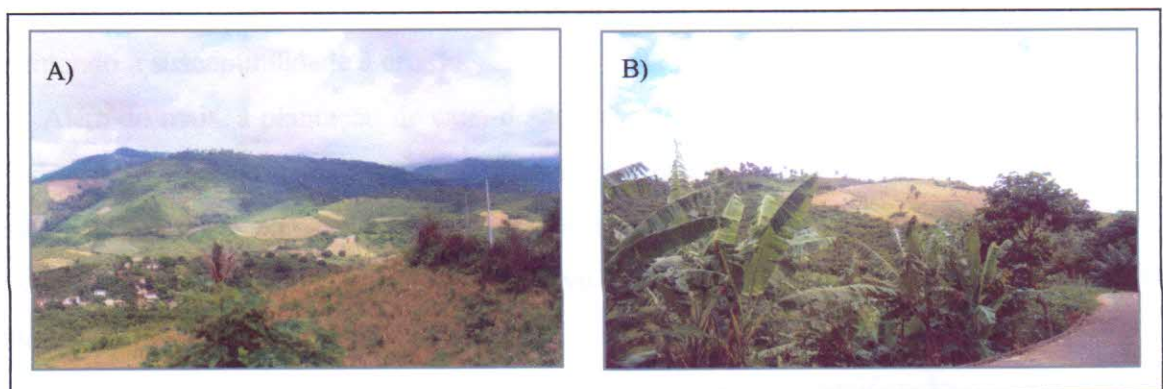
O maior acúmulo de sedimentos ocorre, respectivamente entre as cidades de Pacoti e Areias e, próximo a confluência do riacho Salgado com o rio Pacoti.

4.4 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

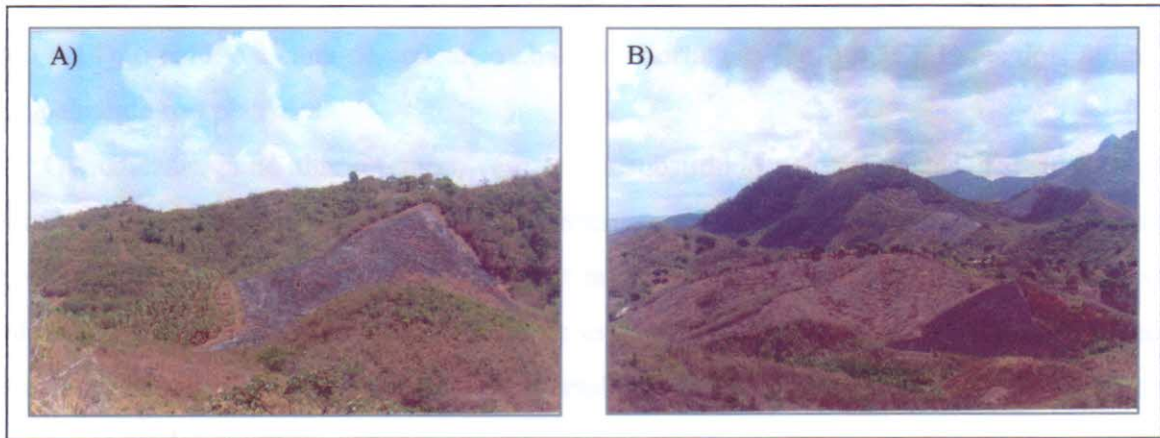
As secas do nordeste foram determinantes para o povoamento e exploração da terra, na Serra de Baturité. O fluxo migratório sertão-serra iniciou-se e acentuou-se com as secas. A princípio, a ocupação do solo por levas humanas intinerantes deu-se de um modo totalmente precário desde a posse da terra (Foto 4.9 A e B), como também pela falta de conhecimento de técnicas de cultivo e conservacionismo. Uma importante observação na descaracterização da floresta é que antes reinava uma temperatura relativamente baixa com nevoeiros frequentes, o solo era mais úmido, a vegetação constava de arbustos e ervas. Infelizmente hoje em dia esta bela floresta está reduzida, em grande parte destruída pelas exigências agrícolas (Fotos 4.10 A e B), pelo desmatamento e pelas queimadas (Foto 4.11). Morros desprovidos de vegetação aumentam as secas, expõe os solos a erosão e deixam as partes baixas desprotegidas (Foto 4.12 A e B).



Foto 4.9 – Cidade de Pacoti com casas ocupando as encostas mais íngremes e retirando a vegetação num processo descontrolado e totalmente sem técnicas de manejo e uso do solo.



Fotos 4.10 – Plantações nos morros sem uso de prática conservacionista A e B.



Fotos 4.11 – Queimadas próximo ao topo dos morros, em encostas com declividade acentuada. Observar plantações de bananeira ao lado da queimada em A, e a grande extensão da área afetada em B.



Foto 4.12 – Prática de queimada em cima do morro, em desacordo à legislação ambiental.

Em relação a agricultura, a região da Serra de Baturité caracteriza-se pela aplicação de técnicas agrícolas de cultivo totalmente tradicionais e de baixo nível tecnológico, uso que se mantém pelas limitações da área com alta declividade, dificultando assim a mecanização e aumentando a susceptibilidade à erosão.

Além do mais, a plantação de cana-de-açúcar e do café de sol (Foto 4.13 A) em grandes altitudes, desabrigaram as encostas e, substituíram a mata nativa, provocando o ressecamento acentuado do solo a exposição das encostas a ação da chuva, o que obrigou os lavradores, após vários anos de uso, a retornarem ao cultivo do café sombreado e a diversificação das culturas (Foto 4.13 B).

Atualmente na área objeto de estudo existe uma grande diversificação de cultivo, tanto permanente como temporário nas planícies aluviais e nas encostas de alta e baixa declividade, de forma indiscriminada. As principais culturas observadas nesta região foram as bananeiras



(Foto 4.14), o café, e a cana-de-açúcar, o chuchu e hortaliças (Foto 4.15). Estes dois últimos, principalmente nas planícies.

Os cafezais, já há algum tempo, vêm sendo substituído pelos bananais. Tal substituição dos cafezais por outras culturas, mesmo permanentes, exige a erradicação do extrato arbóreo, provocando assim modificações climatológicas na serra e intensificação do processo erosivo. O plantio dessas culturas vem ocorrendo sem as técnicas adequadas básicas como o plantio em sistema de curvas de nível (Foto 4.16), sendo praticado morro abaixo, abrindo caminho para as enxurradas.



Foto 4.13 – A) Escorregamento induzido pelo desmatamento e plantação de cana-de-açúcar no topo do morro (rodovia Carlos Jereissati, entre Pacoti e Palmácia); B) cultivo de café sombreado, laranja e banana na encosta sudoeste do Pico Alto.



Foto 4.15 – Cultivo de hortaliças na planície aluvionar do rio Pacoti.

Foto 4.14 – Erosão e movimento de solo associado ao desmatamento para o cultivo de banana.

Em se tratando de formas de ocupação, constata-se a ausência de técnicas conservacionistas e de um planejamento necessário à área, devido suas limitações naturais.

Além do plantio em curva de nível, há também uma outra prática utilizada para proteger o solo de suma importância que é a cultura em faixas. Essa técnica consiste na disposição das culturas em faixas de largura variável, de tal forma que a cada ano se alternem plantas que ofereçam pouca proteção ao solo com outras de crescimento denso (Foto 4.13 B).



Foto 4.16 – Plantações em curva de nível.

Uma das técnicas utilizadas na cidade de Pacoti é a utilização de gramas com telas para conterem os escorregamentos ocorridos no período de chuva protegendo as encostas com a fixação da vegetação nos solos, já que a vegetação nativa foi totalmente retirada (Foto 4.17).



Foto 4.17 – Técnicas para contenção de escorregamentos.

Dados obtidos pela Seção de conservação do Solo, do Instituto Agronômico de Campinas - IAC, estão apresentados no quadro 4.3 abaixo:

Quadro 4.3 – Efeito de práticas conservacionistas em culturas anuais relacionadas às perdas de solo por erosão laminar.

Práticas	Perdas de	
	Solo (t/ha)	Água (% da chuva)
Plantio morro abaixo	26,1	6,9
Plantio em contorno	13,2	4,7
Plantio em contorno + alternância de capinas	9,8	4,8
Cordões de cana-de-açúcar	2,5	1,8

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), quando a erosão ocorre em uma terra cultivada, os nutrientes presentes nas camadas superiores são carreados e incorporados ao solo erodido.

5. ESTUDO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA REGIÃO

A erosão é um processo de “desagregação e remoção de partículas do solo ou rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento e organismos (plantas e animais)” IPT, 1986.

A erosão pode ser acelerada pela ação humana, através do desmatamento para o cultivo da terra, da construção de estradas e pela criação e expansão de vilas e cidades, principalmente se implantados de modo inadequado.

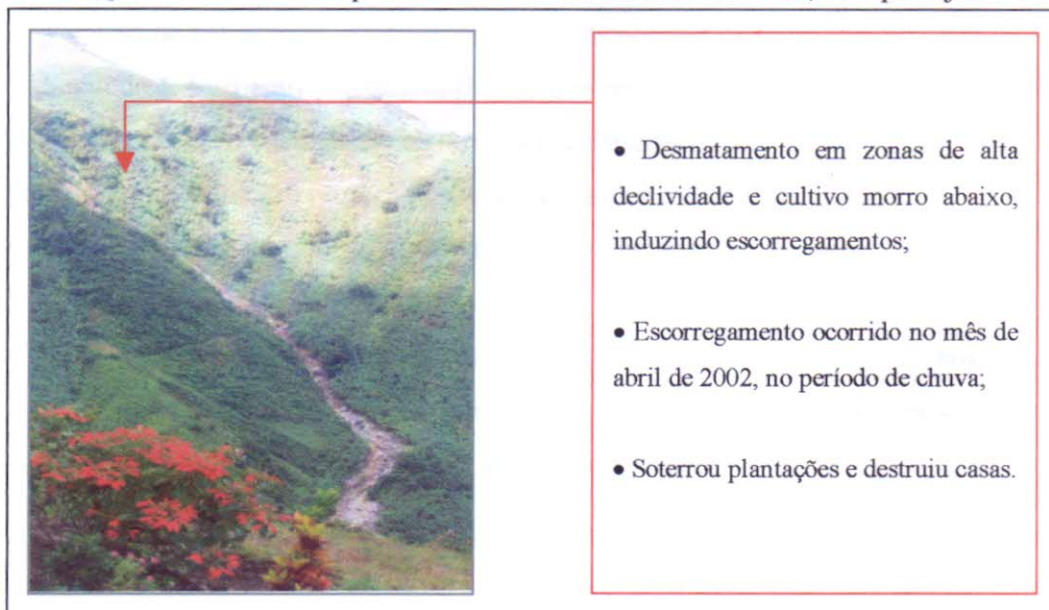
Os processos erosivos são comandados por vários fatores naturais, entre os quais estão: os tipos de chuvas, relevo, solo e a cobertura vegetal.

A água da chuva provoca a erosão através do seu impacto na superfície do solo. Sua ação erosiva vai depender da distribuição pluviométrica se é mais ou menos regular, no tempo e no espaço e da sua intensidade.

A topografia também influencia muito o processo erosivo devido à declividade e ao comprimento das encostas, que vão interferir diretamente na velocidade do escoamento superficial.

As propriedades físicas dos solos também são importantes no processo erosivo. Sua maior ou menor resistência à ação da água de chuva depende da sua textura, estrutura, permeabilidade, densidade, e das suas características químicas, biológicas e mineralógicas. Solos, matas e água mal conservada: enchentes, pobreza e abandono, a monocultura esgota o solo e morros desmatados aumentam as secas, causam erosão e deixam as partes baixas desprotegidas.

Quadro 5.1 – Conseqüências de uma área mal conservada, sem planejamento.



As mudanças ambientais que vem ocorrendo na Serra de Baturité tem um impacto bastante negativo que se manifestam em níveis e intensidades diferentes, motivadas por ocupação inadequadas podendo ser detectadas por diversos fatores, tais como: alteração da biomassa em função do desmatamento; aceleração dos processos erosivos com deslizamentos de vertentes; intensificação do assoreamento de cursos d'água; desaparecimento de fontes perenes e sazonais, dentre outros. Na tentativa de frear o processo de degradação ambiental, criou-se, em 1990 através do Decreto 20.956, a APA (Área de Proteção Ambiental) do Maciço de Baturité, composta por oito municípios (Aratuba, Baturité, Capistrano, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti, Palmácia e Redenção). Administrada pela SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente), a APA é uma unidade de conservação que objetiva difundir o uso menos predatório dos recursos naturais do Maciço.

A APA de Baturité é ainda gerida sob normas da Instrução Normativa 01/91, a qual estabelece normas reguladoras de implantação dessa unidade de conservação, tais como indica áreas sob proteção especial, áreas sob restrição de uso.

De acordo com o Decreto 20.956/90, no seu Art. 3, proíbe e restringe:

I – Implantação e ampliação de atividades potencialmente poluidoras ou capazes de afetar os mananciais de água, as formas de relevo, o solo, o ar;

II – A realização de obras de terraplanagem e abertura de estradas, quando estas importarem em sensíveis alterações das condições ecológicas;

III – A derrubada de florestas e a captura ou extermínio de animais silvestres;

IV – Projetos urbanísticos, inclusive loteamentos, sem autorização da SEMACE;

V – Uso de agrotóxico, em desacordo com as normas da Lei.

Segundo a Instrução Normativa 01/91, que resultou do zoneamento ambiental feito para a APA em 1999, a qual estabeleceu as normas reguladoras da sua implantação, no seu Art. 9, ficam declaradas como áreas sob proteção especial, em todos os sistemas de terra:

- A) Topos de colinas e demais formas, bem como, o terço superior das vertentes e declives > 46%;
- B) As coberturas vegetais ao longo dos cursos de água, em faixa marginal, cuja largura mínima seja de 30m para os cursos de água com menos de 10m de largura e 50m para os cursos com até 50m de largura;

- C) As nascentes fluviais permanentes ou sazonais, em qualquer situação topográfica, terão a cobertura mantida numa faixa mínima de 50m a partir de suas margens, de modo a proteger, em cada caso, a bacia de drenagem;
- D) Os mananciais que formam quedas de água, cachoeiras e corredeiras.

5.1 EROSÃO ASSOCIADA ÀS ESTRADAS

Os projetos de drenagem relacionados à construção das estradas, na sua grande maioria, são mal dimensionados, por não levarem em conta vários fatores, onde o principal é a natureza dos terrenos quanto à sua suscetibilidade à erosão. A falta de manutenção também é outro fator que favorece uma grande incidência de erosão nas estradas. A Foto 5.1 (A e B) ilustra o desmoronamento e a obstrução da estrada que vai de Fortaleza a Pacoti, um dos grandes problemas enfrentados pela região no período de chuvoso. Esses grandes escorregamentos destroem estradas como também residências e lavouras e principalmente provocam o assoreamento dos cursos de água.

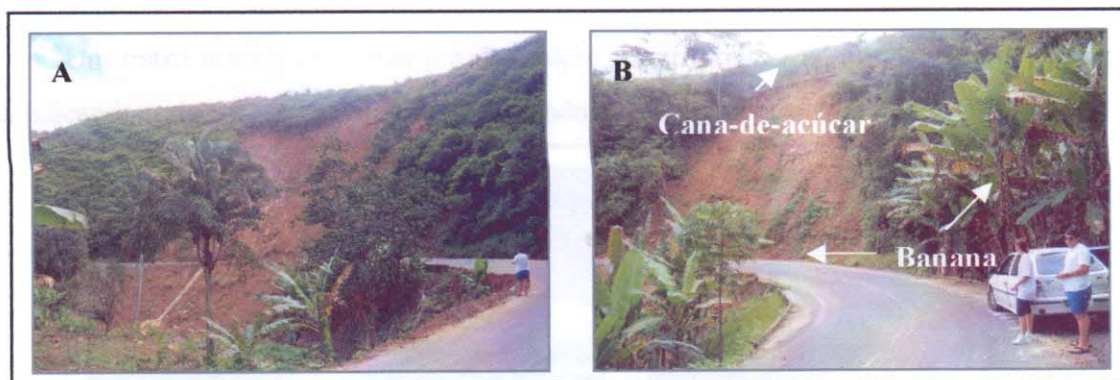


Foto 5.1 – A) Escorregamento ocorrido no mês de abril de 2002, destruindo estradas e uma plantação de bananeiras além de entulhar os canais de escoamento da água na estrada; B) Detalhe da plantação de cana-de-açúcar sem técnicas de conservação acima do escorregamento, aumentando a vulnerabilidade do solo neste setor.

A Foto 5.1 (A) foi tirada logo depois das chuvas do mês de abril em 2002, quando o escorregamento cobriu a estrada com a encosta de aproximadamente 8 metros de altura e prejudicou o sistema de drenagem da canaleta de pista, para a coleta de água, que se encontrava totalmente entulhada de sedimentos, exigindo uma limpeza.

As plantações inadequadas provocam a perda do solo na região no período de chuva, intensificando o processo erosivo, pois o solo fica totalmente exposto, tirando os nutrientes do solo tornando o frágil.

Um dos grandes problemas enfrentado pela região é a constante destruição dos canais condutores de água pois, quando começa o período chuvoso, nunca suportam a carga, e são levados pela chuva, como pode ser visto nesta Foto 5.2 (A e B).



Foto 5.2 – A) Condutor de água sendo destruído pela erosão. B) Plantação de bananeira no leito de uma drenagem deixando o solo totalmente vulnerável, assoreando o rio devido a retirada da vegetação nativa e acelerando o processo erosivo.

Um outro grande problema é a destruição da própria estrada onde ocorre o solapamento, danificando toda a estrutura do asfalto tornando o mais vulnerável Foto 5.3.

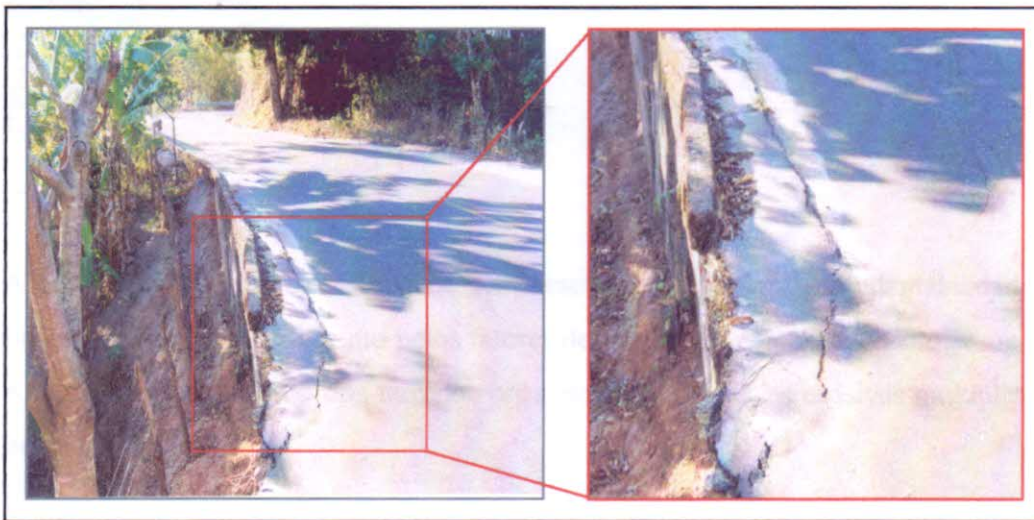


Foto 5.3 – Asfalto sendo destruído, devido à falta de medidas preventivas contra a erosão.

O controle preventivo da erosão relacionada à estrada pode ser realizado através da proteção vegetal dos cortes, aterros e terrenos adjacentes e da implantação de um eficiente

sistema de drenagem, concebido a partir do conhecimento da suscetibilidade a erosão dos terrenos e da caracterização hidráulica, tendo em vista a captação, condução e dissipação das águas.

Com relação ao uso e ocupação, é muito importante saber onde e como deve ser feito todo o processo de ocupação do solo. Um exemplo prático que ocorre na região na Serra de Baturité é relacionado ao plantio de bananeiras, evidenciando o surgimento de sulcos e ravinas em cabeceira de drenagem à jusante da estrada, grande quantidade de blocos e matacões rolados, deve se ter um cuidado maior no uso e ocupação devido a uma forte instabilidade desse solo Foto 5.4.



Foto 5.4 – Perfil de solo coluvionar, mostrando blocos e matacões, todos os tipos de rocha dentro dessa matriz argilosa.

A capacidade de uso da terra pode ser caracterizado como a sua adaptabilidade para fins diversos, sem que sofra esgotamento pelos fatores de desgaste e empobrecimento.

A ocupação mais intensa dos terrenos próximos às ocorrências erosivas multiplica os riscos de acidentes.

5.2 CONTROLE DA EROSÃO CAUSADA POR ESTRADAS

A imprecisão dos projetos de drenagem, principalmente por não levarem em conta a natureza dos terrenos quanto a suscetibilidade a erosão, o interesse pelos investimentos em obras complementares ao projeto da estrada, e a falta de manutenção são as principais causas da grande incidência de erosão nas estradas e plantações (Salomão, 1999).

O controle preventivo da erosão relacionado à estrada pode se feito por meio da proteção vegetal dos cortes, aterros e terrenos adjacentes e da implantação de um eficiente sistema de drenagem, concebido a partir do conhecimento da suscetibilidade à erosão dos terrenos, tendo em vista a captação, condução e dissipação das águas.

Entre as medidas comumente recomendadas para o controle de erosão em estradas são:

- A) proteção vegetal;
- B) valetas e canaletas revestidas ou gramadas;
- C) bueiros;
- D) abaulamento transversal da pista de rolamento;
- E) sangras laterais;
- F) dissipadores de energia.

Partindo-se desse conhecimento, o controle dos processos erosivos torna-se possível, introduzindo-se a nível do planejamento e da legislação, requisitos para a implantação de novas ocupações e para a melhor adequação da forma de ocupação existente.

5.3 – PLANEJAMENTO CONSERVACIONISTA

O primeiro passo para a solução de conservar uma determinada região é obter as informações fundamentais para o manejo do solo em bacias hidrográficas.

A degradação dos recursos naturais, principalmente do solo, vem crescendo assustadoramente, refletindo-se na destruição do meio ambiente, no assoreamento e na poluição dos cursos de água, na destruição de estradas, de pontes e de bueiros, na disponibilidade de água para irrigação e para abastecimento, na redução da produtividade agrícola, na diminuição da renda líquida e, conseqüentemente, no empobrecimento do meio rural. As Fotos mostram áreas sem planejamento conservacionista que são as citadas no texto logo acima e outra bem planejada mostrada logo abaixo (quadro 5.2).

Quadro 5.2 – Morro ainda preservado, protegido pela vegetação.



Vale ressaltar que, para se conseguir os objetivos pretendidos nos trabalhos, são necessárias ações concentradas de todos o segmentos produtivos (nos níveis federal, estadual e municipal) a participação da iniciativa privada e, principalmente, dos pequenos produtores.



6. ANÁLISE DOS PROCESSOS EROSIVOS

A água da chuva que chega ao solo pode ser acumulada em pequenas depressões, escoar pela superfície do terreno em direção as regiões mais baixas ou infiltrar, contribuindo, dessa forma, para aumentar a capacidade de acúmulo de água nos solos. Esse processo é influenciado pelas propriedades do solo, a característica das chuvas, o tipo de cobertura vegetal, o uso e manejo do solo, as características das encostas e a microtopografia da superfície do terreno.

6.1 RESULTADOS DOS ENSAIOS *IN SITU* DE INFILTRAÇÃO

Objetivando a análise dos processos erosivos na BHRP foram realizados dezesseis ensaios de capacidade de infiltração, nos períodos secos e chuvoso, utilizando os métodos dos anéis concêntricos para o ensaio de infiltração “*in situ*”, em pontos representativos da BHRP. O ensaio de capacidade de infiltração dos solos é uma propriedade que representa a velocidade com que a água penetra no solo, e seu valor interfere diretamente na erodibilidade do solo.

Os valores obtidos de capacidade de infiltração do solo no período seco (Setembro a Novembro) foi de 153,45 mm/h e no período chuvoso (Março a Maio) com média de 25,66 mm/h, resultados colocados no Quadro 6.1 abaixo:

Quadro 6.1 – Capacidade de Infiltração.

PA*	PERÍODO	Nº BHRP**	f_p^{***} (mm/h)	f_p^{***} (cm/s)	COORDENADA (UTM)
01	S	30	45,3	$12,6 \times 10^{-3}$	515680,9537877
02	S	30	90,6	$25,2 \times 10^{-3}$	515755,9537880
03	S	24	206,3	$57,3 \times 10^{-3}$	513382,9537334
04	S	27	186,1	$57,1 \times 10^{-3}$	514373,9537692
05	S	43	261,6	$72,7 \times 10^{-3}$	510239,9532229
06	S	40	130,8	$36,3 \times 10^{-3}$	515020,9531338
07	C	16	90,6	$25,2 \times 10^{-3}$	511708,9534529
08	C	05	30,2	$8,39 \times 10^{-3}$	504258,9535599
10	C	16	30,2	$8,39 \times 10^{-3}$	513139,9534341
11	C	17	5,0	$1,39 \times 10^{-3}$	514774,9534353
12	C	43	15,1	$4,19 \times 10^{-3}$	509991,9532859
14	C	42	40,2	$11,1 \times 10^{-3}$	508761,9531330
15	C	11	5,0	$1,39 \times 10^{-3}$	509881,9533470
16	C	12	15,1	$4,19 \times 10^{-3}$	510540,9533327
18	C	09	10,1	$2,8 \times 10^{-3}$	508243,9533436

19	C	—	15,1	$4,19 \times 10^{-3}$	510190,9532630
* Ponto Amostrado; **Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti; ***Capacidade de Infiltração; S – Período seco; C – Período chuvoso.					

Como pode ser observado, a capacidade de infiltração sofreu uma redução brusca de valores no período chuvoso em torno de 83%. Esta baixa capacidade de infiltração no período chuvoso favorece o escoamento superficial podendo desencadear processos erosivos e ocasionar movimentos coletivos de rochas e solos em zonas de maior declividade quando a cobertura vegetal é retirada. As características texturais dos solos da região favorecem uma boa infiltração, retardando os efeitos do escoamento superficial, entretanto, considerando que a cobertura vegetal representa um dos fatores mais importantes e determinantes da capacidade de infiltração. A sua ausência, favorece à compactação do solo pelo impacto das gotas de chuva nas camadas superficiais, reduzindo a sua capacidade de infiltração. Desta forma os sucessivos desmatamentos ocasionados pela expansão urbana e pelo uso agrícola sem práticas conservacionistas deixa os solos da região vulneráveis à erosão e aos deslizamentos das encostas.

6.2 RESULTADO DOS ENSAIOS *IN SITU* DE UMIDADE

A umidade antecedente do solo também é uma variável importante para o processo de infiltração, pois quando a chuva inicia e já existe um certo grau de umidade, a tendência é de que o solo se sature mais rapidamente, dando origem à formação de poças e ao escoamento superficial.

O teor de umidade determinado através do *Speed*, conforme prescreve a norma técnica NBR 6457, pode ser observado no Quadro 6.2.

Quadro 6.2 – Resultados de umidade “*in situ*”.

PA*	PERÍODO	Nº BHRP**	Umidade (%)	COORDENADA (UTM)
01 Hor. A	S	30	2,5	515680,9537877
02 Hor. A	S	30	4,7	515755,9537880
03 Hor. A	S	24	2,5	513382,9537334
04 Hor. A	S	27	1,8	514373,9537692
05 Hor. A	S	43	6,9	510239,9532229
06 Hor. A	S	40	13,6	515020,9531338
08 Hor. A	C	05	9,3	504258,9535599
09 Hor. A	C	05	17,6	504169,9535247
11 Hor. A	C	17	13,6	514774,9534353
12 Hor. A	C	43	17,6	509991,9532859
13 Hor. A	C	44	23,4	508775,9532291
14/26 Hor. A	C	42	29,8	508761,9531330
15 Hor. A	C	11	16,3	509881,9533470

16 Hor. A	C	12	17,6	510540,9533327
17 Hor. A	C	10	20,5	509312,9533584
18 Hor. A	C	09	17,6	508243,9533436
19 Hor. A	C	—	12,3	510190,9532630
20 Hor. A	S	41	10	511692,9531788
21 Hor. A	S	01	10	502052,9532796
22 Hor. A	S	02	3,3	503137,9533241
23 Hor. A	C	03	1,1	502893,9534065
24 Hor. A	C	38	2	515733,9534427
25 Hor. A	C	37	2	515369,9535058
27 Hor. A	C	42	5,8	509085,9530781
28 Hor. A	C	45	10	508399,9532432
28 Hor. B			9,3	
29 Hor. A	C	46	2	507820,9532177
29 Hor. B			11,7	
30 Hor. A	C	—	13,6	508134,9532778
30 Hor. B			11,1	
31 Hor. A	C	05	2,3	504178,9535334

*Ponto Amostrado; **Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti e Hor. A – Horizontes A e B.

Estes resultados foram calculados para serem utilizados nos ensaios de massa específica aparente com o emprego do frasco de areia.

6.3 RESULTADO DO ENSAIO *IN SITU* DE MASSA ESPECÍFICA APARENTE

Este ensaio aplica-se a solos de qualquer granulometria, que possa ser escavado com ferramentas de mão e cujos vazios naturais sejam suficientemente pequenos, de forma a evitar que a areia usada no ensaio penetre nos mesmos. Os solos que estão sendo ensaiados devem ser bastante firmes, de modo que as paredes da cavidade permaneçam estáveis e as operações a serem realizadas não provoquem deformações na mesma.

Quadro 6.3 – Massa específica aparente seca, do solo “*in situ*”.

PA*	Nº BHRP**	γ_s^{***} (g/cm ³)	COORDENADA (UTM)
01 Hor. A	30	1,7317	515680,9537877
02 Hor. A	30	1,4482	515755,9537880
03 Hor. A	24	1,9477	513382,9537334
05 Hor. A	43	1,3023	510239,9532229
06 Hor. A	40	0,9466	515020,9531338
08 Hor. A	05	1,8173	504258,9535599
09 Hor. A	05	1,2687	504169,9535247
10 Hor. A	16	1,3493	513139,9534341
11 Hor. A	17	1,5610	514774,9534353
12 Hor. A	43	1,5024	509991,9532859
13 Hor. A	44	1,2484	508775,9532291
14/26 Hor. A	42	0,9537	508761,9531330
15 Hor. A	11	1,6872	509881,9533470
16 Hor. A	12	1,3377	510540,9533327
17 Hor. A	10	1,2766	509312,9533584
18 Hor. A	09	1,4612	508243,9533436

19 Hor. A	—	1,3214	510190,9532630
20 Hor. A	41	1,4119	511692,9531788
21 Hor. A	01	1,9794	502052,9532796
22 Hor. A	02	1,5636	503137,9533241
23 Hor. A	03	2,3596	502893,9534065
24 Hor. A	38	1,4308	515733,9534427
25 Hor. A	37	1,8741	515369,9535058
27 Hor. A	42	1,5367	509085,9530781
28 Hor. A	45	1,1033	508399,9532432
28 Hor. B		1,7183	
29 Hor. A	46	1,5295	507820,9532177
29 Hor. B		1,5255	
30 Hor. A	—	1,2309	508134,9532778
30 Hor. B		1,2012	
31 Hor. A	05	1,4881	504178,9535334
*Ponto Amostrado; **Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti; ***Massa específica aparente seca, do solo "in situ".			

Os solos no seu estado natural apresentam-se como um conjunto de minerais interligados, ocupando um determinado volume, constituído pelos minerais e pelos vazios, os quais podem ser preenchidos por água ou não. A maior ou menor quantidade de vazios, gera menor ou maior compacidade do solo, o qual refletirá em uma maior ou menor massa específica e, por conseqüência, maior ou menor porosidade. A massa específica aparente é influenciada pela umidade, quando determinada no estado de umidade natural, o teor de umidade dever ser conhecido.

De acordo com os resultados obtidos para a massa específica aparente (Quadro 6.3) as amostras apresentam um valor médio de $1,2598 \text{ g/cm}^3$, indicando que a região não tem um elevado valor de massa específica, por tanto a porosidade é média.

6.4 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Foram realizados ensaios granulométricos com 56 amostras de solos, parte somente para o horizonte superior (A) e, outra parte para os diferentes horizontes (A e B), com objetivo de verificar variações composicionais/texturas ao longo do mesmo perfil de solo, cujos resultados estão apresentados no Quadro 6.4.

A grande maioria dos solos analisados podem ser classificados como de textura franco arenosa representando um percentual de aproximadamente 39%. Esse percentual indica que a maioria das amostras possui uma capacidade relativamente elevada de absorção de água.

As amostras com um percentual de 23% foram classificadas como sendo franca. Já as amostras com um percentual de 11% caíram no campo de areia franca e 9% das amostradas analisadas caíram no campo franco argiloso, 7% das amostras caíram no campo franco siltoso,



4% das amostras caíram no campo franco argilo arenoso e o restante compondo uma porcentagem de 2% ficaram no intervalo de franco a franco arenoso, franco argiloso a franco, franco a franco siltoso e franco argilo siltoso, como podem ser verificados na Figura 6.1 e Quadro 6.4.

Numa classificação mais abrangente as amostras com percentual de 85,7% obtiveram uma textura média, 6% textura arenosa e 2% no intervalo de argilosa à média (Figura 6.2 e Quadro 6.4).

Quadro 6.4 – Porcentagem de Granulometria.

PA	BHRP	Geologia	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
16A	F	Xisto	36	38	26
16B			28	36	36
16C			76	24	0
20A	40	Gnaisse	75	19	6
23A	3	Quartzito	43	29	28
24A	4	Quartzito	79	28	0
26A	4	Xisto	29	46	25
26B			59	23	18
28A	F	Xisto	37	37	26
28B			41	42	17
31A	F	Gnaisse (Pa)	55	36	9
31B			28	54	18
36A	5	Xisto	31	36	33
36B			40	33	27
52A	F		37	46	17
52B			45	45	10
53A	F/31	Gnaisse	40	40	20
53B			33	50	17
55A	33	Gnaisse	49	28	18
61A	F/15	Gnaisse	22	68	10
61B1			24	53	23
61B2			44	37	19
64A	15	Gnaisse	50	25	25
64B			55	29	16
66A	F	Gnaisse	22	51	27
66B			48	28	24
71A	38	Gnaisse	54	39	7
4 am A	27	Gnaisse	76	22	2
5 am A	43	Xisto	68	28	4
6 am A	40	Gnaisse	47	48	5
8 am A	5	Quartzito	65	21	14
9 am A	5	Quartzito	71	29	0
10 am A	16	Gnaisse	65	35	0
11 am A	17	Gnaisse	64	25	5
12 am A	43	Gnaisse	44	34	22
13 am A	44	Xisto	50	36	14
14 am A	42	Xisto	26	38	36
15 am A	11	Gnaisse	69	24	7
16 am A	12	Gnaisse	59	34	7
17 am A	10	Gnaisse	62	34	4
18 am A	9	Xisto/gnaisse	58	34	8

19 am A	F	Gnaisse	46	39	15
20 am A	41	Xisto	56	31	13
21 am A	1	Xisto	35	37	28
22 am A	2	Xisto	49	44	7
23 am A	3	Xisto	78	20	2
24 am A	38	Gnaisse	62	35	3
25 am A	37	Xisto	57	32	11
27 am A	42	Xisto	65	35	0
28 am "A"	45	Gnaisse	60	37	3
28 am "B"			49	41	10
29 am "A"	46	Xisto	67	33	0
29 am "B"			33	57	10
30 am "A"	F	Gnaisse	53	43	4
30 am "B"			40	40	20
31 am "A"	5	Quartzito	81	17	2

A, B, C – horizonte; am – amostragem (infiltração, permeabilidade e granulometria) e PA – pontos amostrados.

Como se pode observar no Quadro 6.4, as amostras 28, 29 e 30 A e B, foram coletadas em locais diferentes, sendo a primeira no horizonte A e a segunda no horizonte B. O que se pode constatar é que o horizonte A tem uma tendência a franco arenosa enquanto no horizonte B, vai de franco a franco siltoso, a variação de um horizonte para o outro é muito grande com relação a granulometria. Esse solo é o podzólico, são solos com sequências de horizontes A, B e C que tem como característica principal um horizonte de acumulação de argila (B textural). São solos bastante profundos provavelmente devido o horizonte B ser bem desenvolvido. Esse solo por ter um horizonte bem argiloso dificulta a percolação da água fazendo com que o horizonte superficial seja saturado e assim tornando o mais vulnerável ao seu escoamento, favorecendo transporte do material, no período de chuva.

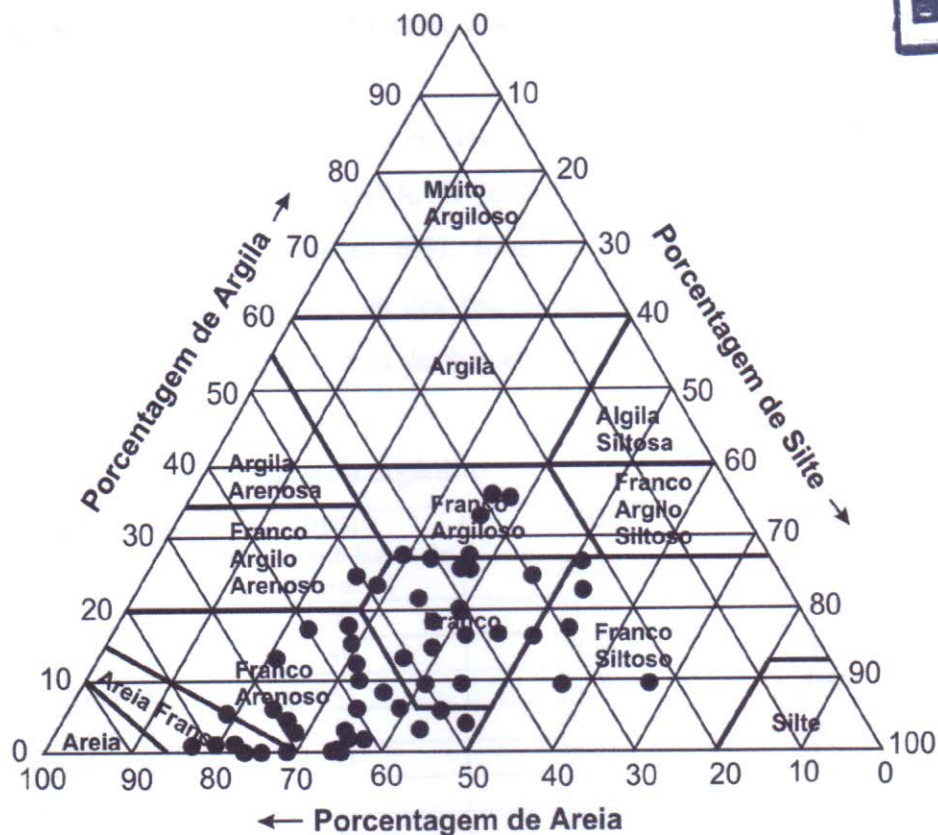


Figura 6.1 – Diagrama Triangular generalizado para determinação das treze principais classes de texturas do solo (segundo Manual Técnico de Pedologia, 1995).

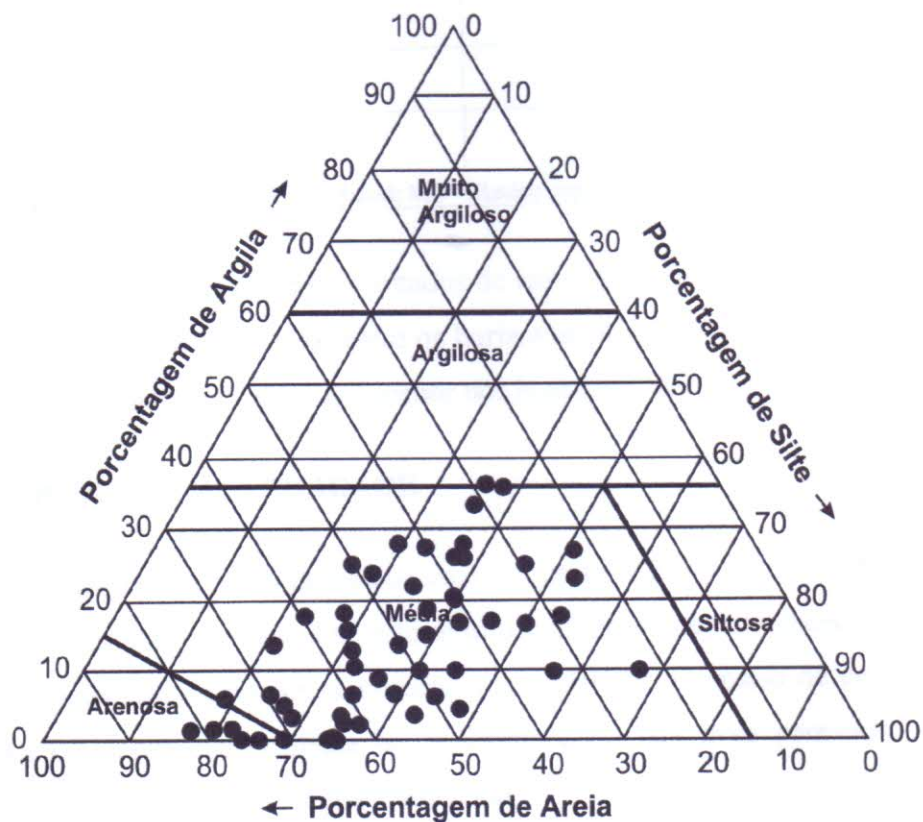


Figura 6.2 – Diagrama Triangular generalizado para determinação das cinco principais classes de texturas do solo (segundo Manual Técnico de Pedologia, 1995).

6.5 DETERMINAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA



Conforme a metodologia já descrita no item 3.3.2, a determinação de matéria orgânica foi realizada pelo método da EMBRAPA. O teor de matéria orgânica calculado para 15 amostras de solos da BHRP (Quadro 6.5), foram empregados para a determinação da erodibilidade do solo (fator K) para as dez bacias hidrográficas situadas nos arredores da cidade de Pacoti, utilizando o nomograma de Wischemeier.

Quadro 6.5 – Teor de matéria orgânica.

Ponto Amostrado (PA)	BHRP (Nº da sub-bacia de 3ª ordem)	MO (g/Kg)	MO (%)
18 Hor. A	09	23,37	2,34
17 Hor. A	10	40,34	4,03
15 Hor. A	11	8,89	0,89
16 Hor. A	12	24,20	2,42
20 Hor. A	41	19,44	1,94
14/26 Hor. A	42	17,58	1,76
27 Hor. A	42	15,61	1,56
12 Hor. A	43	12,10	1,21
13 Hor. A	44	25,03	2,50
28 Hor. A	45	40,55	4,05
28 Hor. B		15,10	1,51
30 Hor. A	45	29,79	2,98
30 Hor. B		8,06	0,81
29 Hor. A	46	25,96	2,60
29 Hor. B		7,34	0,73

BHRP - Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti; MO - Matéria orgânica; Hor. A - Horizonte A e B.

Como pode ser observado nos resultados de matéria orgânica dos pontos amostrados 28, 29 e 30, existe uma grande variação entre os horizontes A e B, ocorrendo maior porcentagem de matéria orgânica nos horizontes A e menor nos horizontes B.

6.6 ENSAIOS DE PERMEABILIDADE

Objetivando a análise dos processos erosivos na BHRP, foram realizados vinte e quatro ensaios de permeabilidade dos solos, utilizando o método de permeabilidade à carga variável, em amostras coletadas de pontos representativos da BHRP. O ensaio de permeabilidade dos solos indica o quanto cada camada ou horizonte é ou não mais permeável que a outra, medindo a velocidade com que a água a atravessa.

Os valores médios obtidos para 75% das amostras através dos ensaios de permeabilidade permiti-nos classificar a textura da maioria dos solos da região como arenosa, de permeabilidade rápida (de acordo com o capítulo 3.3.3 de metodologia e Tabela 6.1).

Tabela 6.1 – Correlação entre o valor de permeabilidade dos solos.

Classificação da Permeabilidade	Permeabilidade (cm/s)	Permeabilidade (mm/h)	Categoria
6	$< 2,8 \times 10^{-5}$	< 1	Muito lenta
5	$2,8 \times 10^{-5} - 5,6 \times 10^{-5}$	1 – 2	Lenta
4	$5,6 \times 10^{-5} - 1,4 \times 10^{-4}$	2 – 5	Lenta a moderada
3	$1,4 \times 10^{-4} - 5,6 \times 10^{-4}$	5 – 20	Moderada
2	$5,6 \times 10^{-4} - 1,7 \times 10^{-3}$	20 – 60	Moderada a rápida
1	$> 1,7 \times 10^{-3}$	> 60	Rápida

Modificado de Rawls *et al.*, (1982). Fonte: Livro de Design Hydrology and Sedimentology for small Catchments (1994).

Os resultados dos ensaios de permeabilidade hidráulica das 24 amostras e o grau de permeabilidade estão apresentados no Quadro 6.6 abaixo, conforme critérios estabelecidos por Mello & Teixeira (1967).

Quadro 6.6 – Resultados de Permeabilidade e a classificação em categorias.

PA*	Nº BHRP**	K***		Classificação da K	COORDENADA (UTM)
		(cm/s)	(m/dia)		
01 Hor. A	30	$9,4 \times 10^{-3}$	8,11	1	515680,9537877
02 Hor. A	30	$5,1 \times 10^{-3}$	4,40	1	515755,9537880
03 Hor. A	24	$7,4 \times 10^{-3}$	6,38	1	513382,9537334
08 Hor. A	05	$6,5 \times 10^{-4}$	0,56	2	504258,9535599
09 Hor. A	05	$4,6 \times 10^{-2}$	39,69	1	504169,9535247
10 Hor. A	16	$2,1 \times 10^{-2}$	18,12	1	513139,9534341
11 Hor. A	17	$4,3 \times 10^{-4}$	0,37	3	514774,9534353
12 Hor. A	43	$2,2 \times 10^{-2}$	18,98	1	510248,9532234
13 Hor. A	44	$1,3 \times 10^{-2}$	11,21	1	508775,9532291
15 Hor. A	11	$1,9 \times 10^{-2}$	16,39	1	509881,9533470
16 Hor. A	12	$8,4 \times 10^{-3}$	7,24	1	510540,9533327
20 Hor. A	41	$4,0 \times 10^{-3}$	3,45	1	511692,9531788
21 Hor. A	01	$8,1 \times 10^{-4}$	0,70	2	502052,9532796
22 Hor. A	02	$6,0 \times 10^{-4}$	0,51	2	503137,9533241
25 Hor. A	37	$9,1 \times 10^{-4}$	0,78	2	515369,9535058
26 Hor. A	42	$9,9 \times 10^{-3}$	8,54	1	508761,9531330
27 Hor. A	42	$6,2 \times 10^{-3}$	5,35	1	509085,9530781
28 Hor. A	45	$3,7 \times 10^{-2}$	31,93	1	508399,9532432
28 Hor. B		$2,1 \times 10^{-3}$	1,81	1	
29 Hor. A	46	$3,5 \times 10^{-3}$	3,02	1	507820,9532177
29 Hor. B		$8,8 \times 10^{-4}$	0,76	2	
30 Hor. A	—	$1,2 \times 10^{-2}$	10,35	1	508134,9532778
30 Hor. B		$2,2 \times 10^{-3}$	1,89	1	
31 Hor. A	05	$1,2 \times 10^{-2}$	10,35	1	504178,9535334

*Ponto Amostrado; **Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti; ***Permeabilidade.

Nesse Quadro observa-se que as duas amostras 8 e 9 da sub-bacia de número 5 e uma mesma litologia (Mapa Geológico, Anexo I) deram resultados totalmente diferentes: uma apresentou condutividade moderada a rápida e a outra condutividade rápida. Estes resultados estão compatíveis com as variações pedológicas, a amostra 8 obteve uma classificação textural de franco arenosa e a amostra 9 obteve uma classificação textural de areia franca. Uma amostra foi feita no quartzito e a outra em cima de um solo bastante orgânico em baixo de uma plantação de café sombreado.

A região onde há predominância de Areias Quartzosas foram caracterizadas respectivamente como de condutividade rápida de acordo com a classificação textural areia franca.

6.7 EROSIVIDADE (R)

A partir dos dados pluviométricos (Tabelas em anexo II) fornecidos pela FUNCEME, foram feitos os cálculos do fator R de uma série histórica de 26 anos (1974/2000) das cidades de Palmácia, Mulungu, Pacoti e Guaramiranga utilizando a formulação proposta por Lombardi Neto (1997), expressa pela relação entre precipitação média mensal (Pm) e anual (Pa). Os gráficos e Tabelas elaborados com auxílio do programa Excel 5.0 mostram o potencial erosivo (R) e a distribuição das chuvas na área, bem como a correlação entre ambos.

Tabela 6.2 : Somatória das precipitações mensais.

POSTO	PRECIPITAÇÃO MENSAL (Pm) = Σ Pm											
	MESES											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
PALMÁCIA	2907,8	3883,7	6095,6	6206,7	4098,8	2138,1	1268,2	453,8	393,6	284,5	422	1014,6
MULUNGU	2809,3	3644,3	6283,7	5633,9	4574,4	3066,6	1762,5	713,2	370,8	290,4	378,3	1064,6
PACOTI	3496,9	5055,9	7724,5	6990,8	5637,5	4101,1	2594,6	1088,8	936,1	863,2	809,5	1410,9
GUARAMIRANGA	3732,5	5053,7	7567,7	7601,7	6167	4977,1	3033	1119,7	923,1	1104,7	977,5	1806,9

Tabela 6.3 : Somatória das precipitações mensais dividido pelos anos.

POSTO	PRECIPITAÇÃO MENSAL / ANOS = Σ Pm/anos											
	MESES											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
PALMÁCIA	132	177	277	282	186	97	58	21	18	13	19	46
MULUNGU	104	135	233	209	169	114	65	26	14	11	14	39
PACOTI	130	187	286	259	209	152	96	40	35	32	30	52
GUARAMIRANGA	138	187	280	282	228	184	112	41	34	41	36	67

Tabela 6.4: Somatória da precipitação anual com a divisão dos anos.

POSTO	ANO (1974 – 2000)	
	PRECIPITAÇÃO ANUAL = Σ Pa	PRECIPITAÇÃO ANUAL / ANOS = Σ Pa/anos
PALMÁCIA	29167,4	1326
MULUNGU	30592,0	1133
PACOTI	40709,8	1508
GUARAMIRANGA	44064,6	1632

Analisando a Tabela 6.5 e o Gráfico 6.2 observa-se que as chuvas erosivas ocorrem nas regiões estudadas nos períodos de Março a Maio, ou seja, o processo se dá justamente no período onde a pluviometria é maior. Dessa forma, pode-se constatar que, em geral, o período mais chuvoso coincide também com o período de maior potencial erosivo nas regiões estudadas, confirmando a direta relação entre a pluviometria e a erosividade. Nesse período, deve-se ter um maior cuidado na remoção da vegetação, fazendo o uso de práticas adequadas para o manejo do solo.

Durante esses 26 anos de estudo através da pluviometria pode-se também observar que a área onde ocorreu maior erosividade foi na região de Guaramiranga, com um valor médio de 8056,33 (MJ/ha).(mm/h) seguida da região de Pacoti com 7707,87 (MJ/ha).(mm/h).

Tabela 6.5 : Resultados de erosividade durante os anos de 1974 à 2000.

POSTO	EROSIVIDADE (R) → (MJ/ha) . (mm/h)												
	MESES												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
PALMÁCIA	602,85	985,97	2121,66	2187,82	1080,60	357,43	147,08	25,63	20,13	11,59	22,66	100,66	7664,08
MULUNGU	458,73	713,98	1802,64	1497,34	1050,78	532,43	207,67	44,61	14,67	9,68	15,18	88,14	6435,85
PACOTI	522,07	977,07	2008,38	1694,97	1175,75	684,54	314,33	71,83	55,55	48,40	43,39	111,59	7707,87
GUARAMIRANGA	545,30	912,79	1813,31	1827,18	1280,44	889,39	383,19	70,42	50,72	68,83	55,90	158,86	8056,33

Como pode ser observado nos Gráficos 6.1 e 6.2 da precipitação média mensal e da erosividade entre 1974-2000, existe uma grande relação entre ambas, podendo ser constatado o mesmo padrão de comportamento.

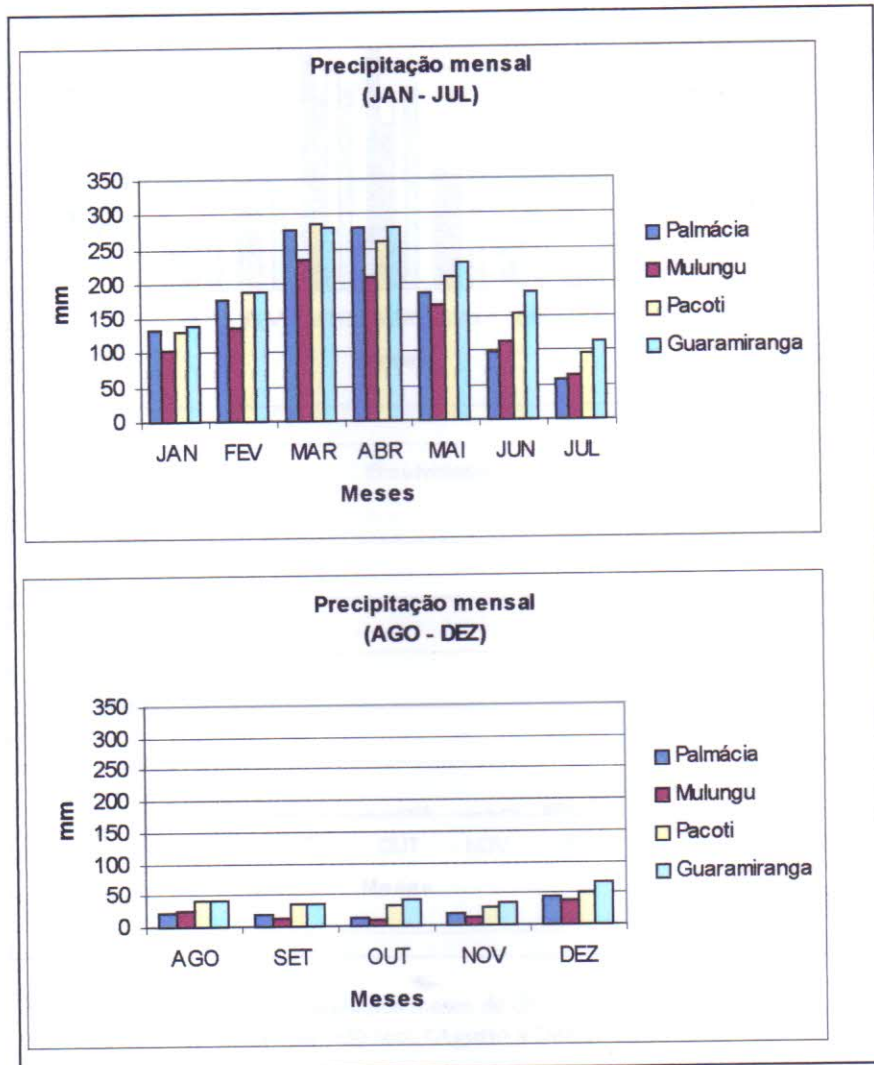


Gráfico 6.1 – Precipitação mensal nos meses de chuva (Janeiro à Julho) e no período seco (Agosto à Dezembro).

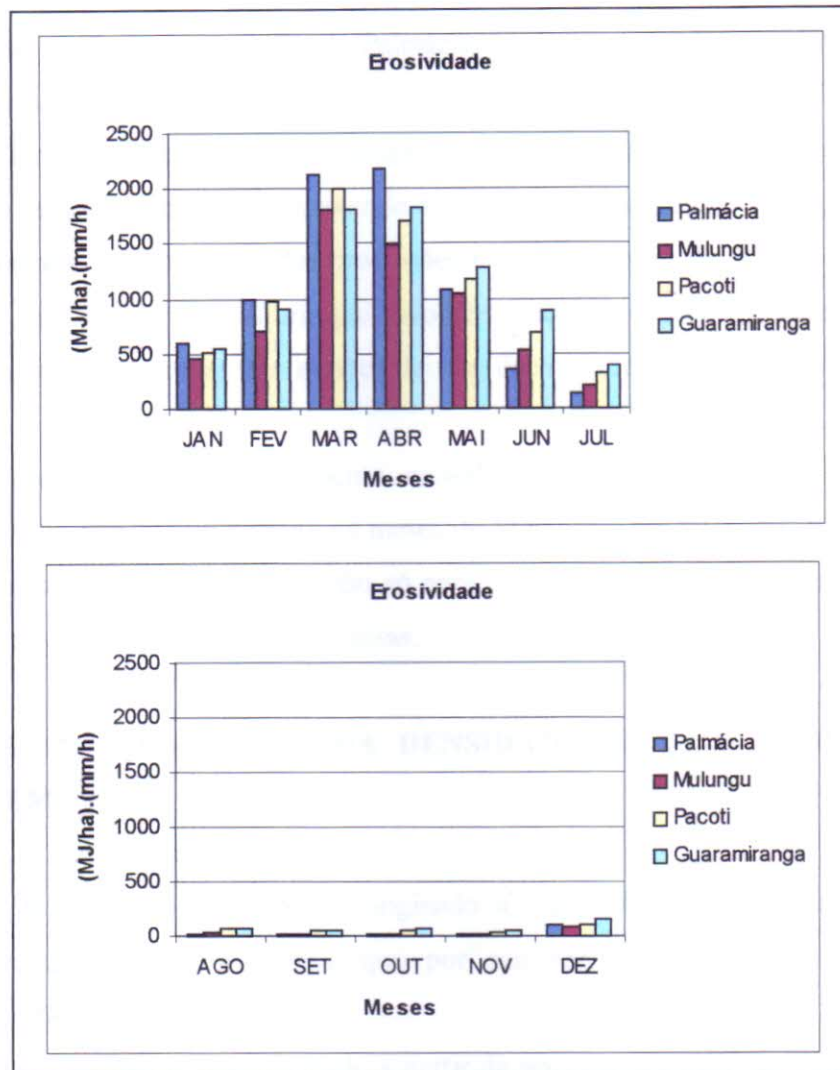


Gráfico 6.2 – Erosividade nos meses de chuva (Janeiro à Julho) e no período seco (Agosto à Dezembro).

A partir de análise dos meses de Março e Abril nos Gráficos 6.1 e 6.2, observa-se que os municípios de Palmácia, Pacoti e Guaramiranga apresentam os maiores índices pluviométricos e maior erosividade. Em Palmácia são registrados os maiores valores de erosividade.

Segundo o Planejamento Biorregional do Maciço de Baturité (PBMB), 2002, o maior produtor agrícola da região é o município de Palmácia, somando 17,9% do todo o PIB agropecuário do Maciço de Baturité, seguido pelos municípios de Redenção, Pacoti e Mulungu. A produção total dos municípios soma pouco mais de um quarto (27,30%) da produção estadual e se concentra nos municípios de Palmácia (26,98%), Pacoti (19,02%) e Redenção (18,72%) que juntos somam 64,72% da produção regional de banana. De acordo com alguns estudos realizados

no maciço, pode se dizer que a região de Palmácia é a área mais desmatada em todo o maciço, notadamente para a realização da agricultura.

Um dos fatores principais para o aumento do potencial erosivo da região são os constantes desmatamentos desordenados, comprometendo a qualidade dos solos e as condições potenciais da terra e dos recursos hídricos. Uma das produções mais predatórias do Maciço é a plantação de banana, pois é um tipo de agricultura que favorece e acelera o processo erosivo pois ela não protege o solo, e são plantadas nas regiões de alta declividade principalmente nas encostas do morros.

Palmácia vem sofrendo um aumento considerável de ocorrências de escorregamentos (*derretidos*) que se manifestam durante os meses de Março e Abril quando o período de chuva é mais intenso, trazendo vários prejuízos não só para os solos e vegetações, como também para a própria população, danificando estradas e casas.

6.8 ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA DENSIDADE DE RIOS E DENSIDADE DE DRENAGEM

O mapa hidrográfico da área foi originado a partir da individualização das redes de drenagem extraídas das ortofotocartas, que por sua vez, foram digitalizadas no programa *AutoCAD Map 2000* (anexo I).

O alto curso da BHRP foi delimitado a partir de seus divisores d'água e individualizadas as bacias hidrográficas de 3ª ordem obedecendo a hierarquização fluvial proposta por Strahler (1952). Os índices morfométricos da rede de drenagem foram obtidos utilizando o programa *ArcView GIS Version 3.1* através da medições do comprimento dos canais fluviais e da área das sub-bacias. Com esses dados, foram realizados os cálculos dos índices morfométricos de Densidade de rios (Dr) e Densidade de drenagem (Dd), segundo metodologia de Horton (1945).

A análise morfométrica da BHRP refletiu as inter-relações entre os principais fatores responsáveis pela evolução do relevo, como, por exemplo, litologia, estrutura geológica e a própria dinâmica geomorfológica, principalmente quanto ao desenvolvimento de processos erosivos (Otaviano *et al.* 1999).

Conforme os estudos feitos dentro da BHRP, pode-se observar que as sub-bacias, de um modo geral, se correlacionam em relação aos dois índices, como mostra o Quadro 6.7 com os

respectivos resultados, ou seja, pode se atribuir a ambas os mesmos fatores explicativos. Entretanto, observa-se que, em algumas sub-bacias, os índices de Dr apresentaram valores mais altos. Tal diferença ocorre devido à variação local de tipos litológicos, o que foi confirmado após a realização do levantamento detalhado.

Quadro 6.7 – Densidade de Rios e Densidade de Drenagem.

Nº das Bacias Hidrográficas do Rio Pacoti	Nº total de cursos d'água (N)	Comprimentos dos rios (Lt) (Km)	Área da bacia considerada (A) (Km ²)	Densidade de Rios (Dr) (canais/Km ²)	Densidade de Drenagem (Dd) (Km/Km ²)
01	14	5,81	10,12	1,38	0,57
02	13	4,27	6,61	1,97	0,65
03	17	5,70	10,08	1,69	0,57
04	9	4,22	9,74	0,92	0,43
05	31	10,34	18,78	1,65	0,55
06	38	13,78	22,25	1,71	0,62
07	31	9,39	13,34	2,32	0,70
08	16	3,66	4,87	3,28	0,75
09	26	7,71	12,78	2,03	0,60
10	19	5,25	8,20	2,32	0,64
11	9	2,91	5,46	1,65	0,53
12	9	2,69	5,09	1,77	0,53
13	9	3,15	4,31	2,09	0,73
14	13	4,40	7,40	1,76	0,59
15	30	11,63	24,82	1,21	0,47
16	41	11,81	22,26	1,84	0,53
17	8	2,21	2,88	2,78	0,77
18	23	7,50	10,04	2,29	0,75
19	15	5,06	5,18	2,89	0,98
20	35	8,62	10,95	3,20	0,79
21	12	3,36	3,28	3,66	1,02
22	16	5,40	6,64	2,41	0,81
23	14	5,12	5,22	2,68	0,98
24	6	1,08	0,91	6,59	1,19
25	9	2,33	2,25	4,00	1,04
26	6	2,33	1,47	4,08	1,59
27	21	4,13	3,84	5,47	1,08
28	10	1,78	1,29	7,75	1,38
29	5	1,05	0,72	6,94	1,46
30	7	1,20	0,96	7,29	1,25
31	26	4,29	3,37	7,72	1,27
32	22	4,25	3,80	5,79	1,12
33	18	4,04	3,66	4,92	1,10
34	16	4,59	4,61	3,47	0,99
35	7	2,19	2,82	2,48	0,78
36	7	2,11	2,45	2,86	0,86
37	12	4,13	6,63	1,81	0,62
38	11	3,02	3,64	3,02	0,83
39	25	9,65	20,73	1,20	0,46
40	8	2,04	2,92	2,74	0,70
41	12	4,55	9,06	1,32	0,50
42	46	16,09	29,01	1,58	0,55

43	11	3,87	6,31	1,74	0,61
44	9	3,09	5,10	1,76	0,60
45	8	3,07	5,23	1,53	0,59
46	20	7,26	11,77	1,70	0,62
47	6	2,52	11,77	0,51	0,21
48	17	5,98	10,11	1,68	0,59
49	23	9,77	18,96	1,21	0,51
50	13	4,70	8,53	1,52	0,55
51	10	3,53	6,56	1,52	0,54
52	9	3,34	5,26	1,71	0,63

A partir de estudos realizados na BHRP, concluiu-se que, através da densidade de drenagem, pode-se determinar o potencial de escoamento superficial da área identificando as regiões de maior ou menor intensidade de processos erosivos na esculturação de canais.

Conforme Lueder (1959), a principal justificativa para a análise da densidade de drenagem, é que pode fornecer indicações sobre a relação entre infiltração/deflúvio. Em geral, uma rede de drenagem bem desenvolvida indica ocorrência de uma baixa infiltração e materiais relativamente impermeáveis, enquanto que uma drenagem superficial escassa indica infiltração e permeabilidades altas.

A maioria das bacias hidrográficas apresentaram uma densidade de drenagem mediana, segundo a classificação de Vilella & Matto (1975), com exceção das sub-bacias 4 e 47, classificadas com uma densidade de drenagem baixa, revelando assim um alto escoamento superficial na área (Tabela 6.6).

Tabela 6.6 – Classificação dos valores de densidade de drenagem.

Valores da Dd (Km/Km ²)	Classificação da Dd
< 0,50	Baixa
0,50 – 2,00	Mediana
2,01 – 3,50	Alta
> 3,50	Muito alta

Fonte: Diagnóstico do Meio Físico de Bacias Hidrográficas, 1994.

Ao analisar infiltração verso escoamento, pode-se dizer que os menores valores de Dr (0,92 a 1,69) e Dd (0,43 a 0,57) são observado nas sub-bacias onde existe o predomínio de quartzitos por exemplo sub-bacias 3, 4 e 5 a noroeste da área região de Pico Alto. Os solos desta área predomina textura areia franca e franco arenoso com exceção de uma amostra no limite franco a

franco argiloso. Os maiores valores observados de Dr (2,03 a 7,72) e Dd (0,60 a 1,27) estão relacionados às sub-bacias 9, 10, 17, 27, 31, 33, 38 e 40 onde predominam gnaisses. Os xistos apresentam no geral valores intermediários de Dr e Dd. No entanto pode-se dizer que é uma área de drenagem muito densa, mostrando que há um predomínio do escoamento sobre a infiltração, juntamente com as condições naturais, aumenta consideravelmente a ocorrência de erosão.

Portanto, não pode-se esquecer que a área em estudo vem sofrendo modificações antrópicas, através da retirada da cobertura vegetal para o uso agrícola e urbana. Tais modificações podem interferir nestes resultados.

6.9 Análise Morfométrica do Relevo

6.9.1 Carta de Declividade

Com objetivo de caracterizar a morfometria do relevo foi confeccionada a Carta de Declividade da BHRP a partir do MDT (Anexo I), conforme comentado no item 3.3.8.4. p. 34. Referido documento cartográfico além de imprescindível para a caracterização e diferenciação das unidades de relevo e para construção do mapa geomorfológico da área, permite estabelecer critérios que orientem o uso e ocupação do solo.

A base de dados utilizados para geração da Carta de Declividade foram, quatro ortofotocartas do IDACE na escala 1:10.000 com equidistância de 10 m entre as curvas de nível. Entretanto, considerando o enfoque do trabalho, optou-se por uma confecção da carta na escala 1:20.000, com equidistância de 20 m entre as curvas de nível. Porém, antes de gerar a carta de declividade, fez-se necessária a geração do modelo digital de terreno (MDT).

Após digitalizadas as ortofotocartas foram georreferenciadas e convertidas para o formato de planilha (DAT) utilizando-se o *freeware dxf2xyz 1.3*. com este procedimento, os campos que compõem a Tabela registram informações relativas à longitude, latitude e à altitude de cada ponto digitalizado.

Para a geração do Modelo Digital do Terreno foi escolhido o *software Surfer® 7.00*, porque os interpoladores trabalham com malhas retangulares razão pela qual se dividiu o mapa topográfico. Assim, áreas irregulares, se não contarem com uma superfície digitalizada retangular, terão seu MDT afetado nas bordas (Figura 6.3).

A geração final da Carta de declividade foi realizado através do *software Idrise® 32*. Os intervalos de declividades escolhidos foram de 0 a 5% (verde), 5 a 15% (amarelo), 15 a 30% (laranja) e > 30% (vermelho), onde cada um deles foi representado por uma cor característica, o que permitiu uma rápida distinção nas formas de relevo.

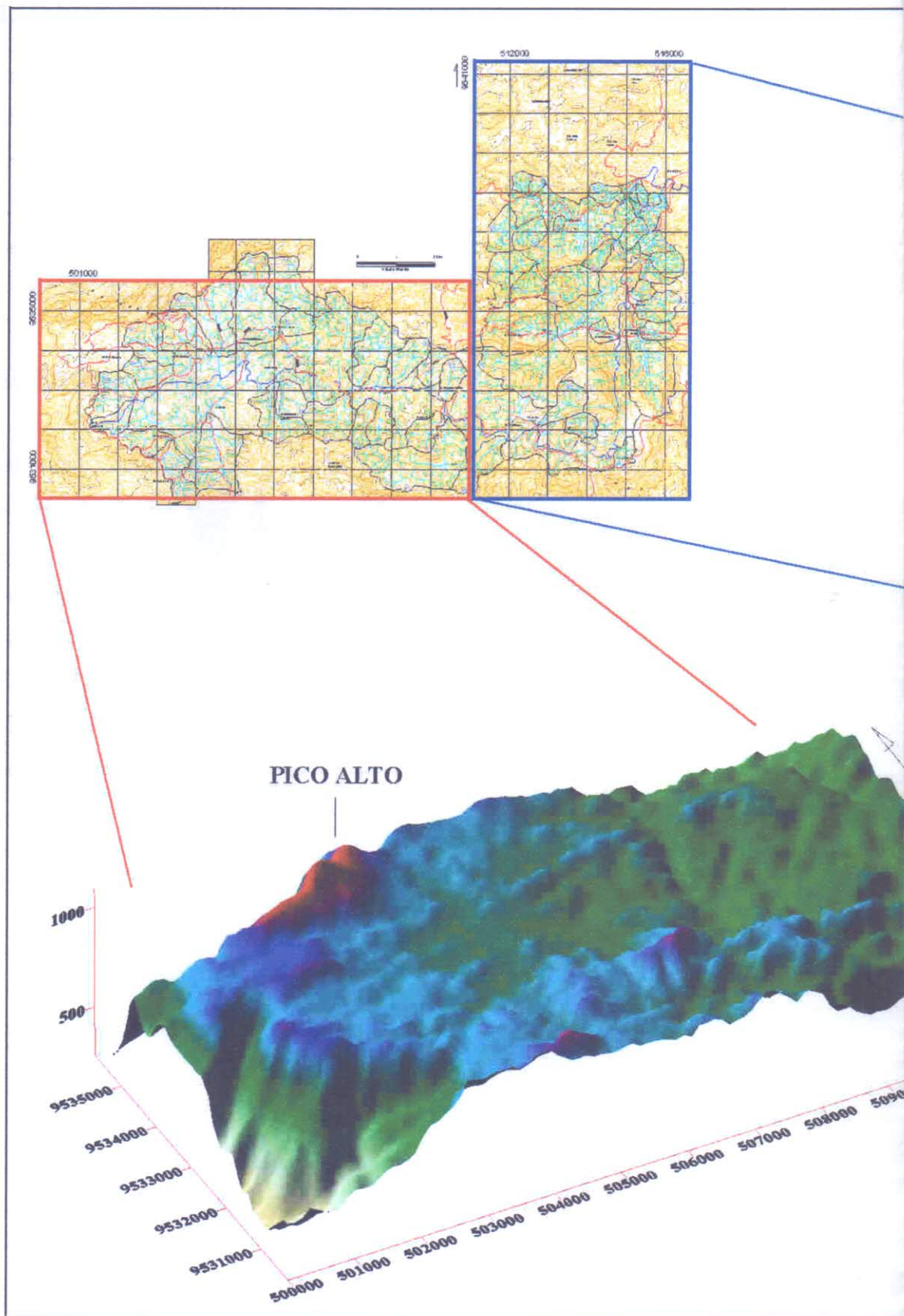
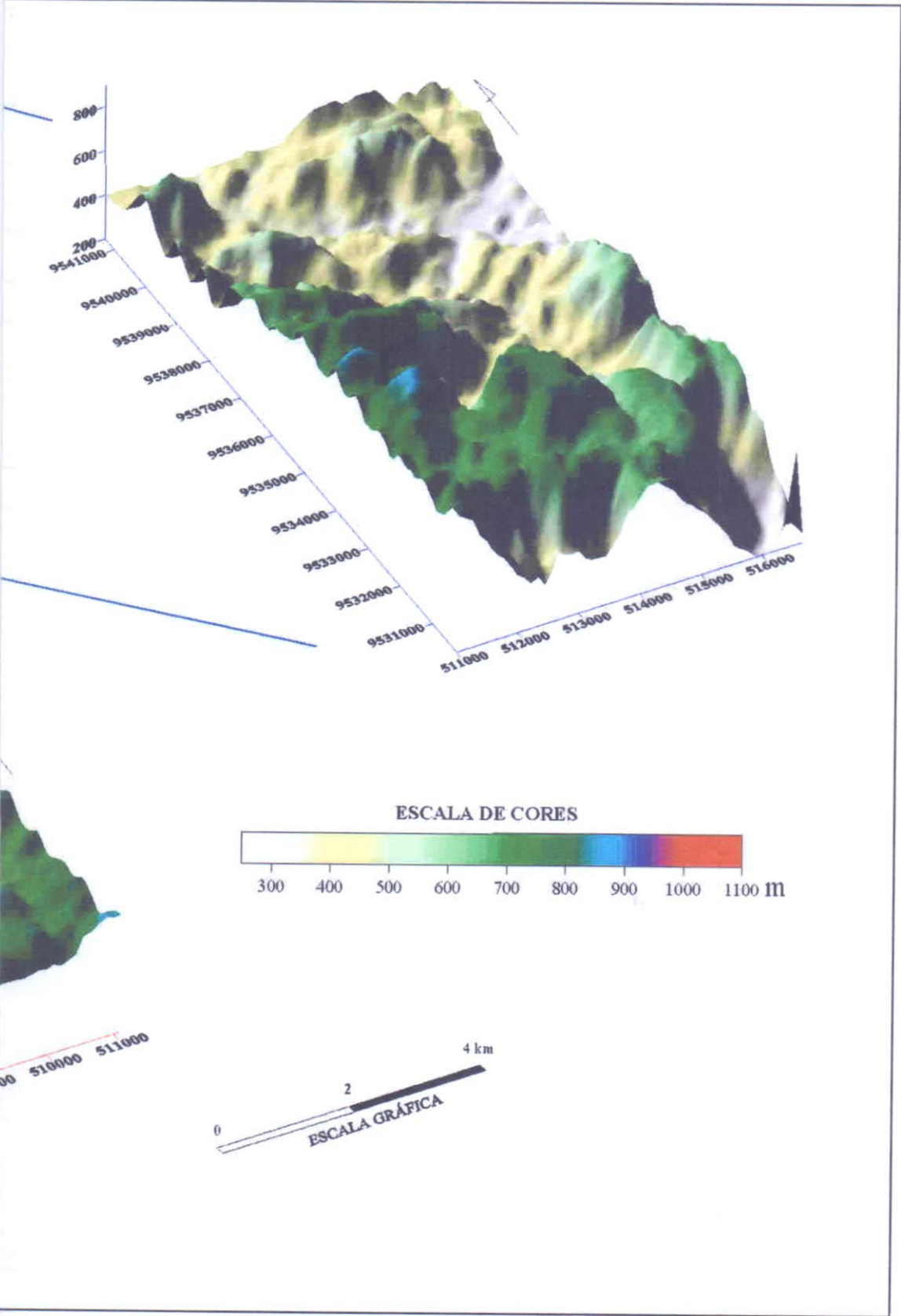


Figura 6.3 – Modelo Digital de Terreno – MDT – da área.



7. ERODIBILIDADE DOS SOLOS NOS ARREDORES DE PACOTI

Na cidade de Pacoti e arredores onde localiza-se a maior concentração de pessoas e as principais obras civis, foi realizado um estudo detalhado sobre a vulnerabilidade dos solos.

Para tal foram comparados os índices morfométricos de rede de drenagem os quais fornecem de forma semi-quantitativa informações sobre a relação infiltração/escoamento, com o fator K (erodibilidade) dos solos. Ao todo foram analisados dez sub-bacias de 3ª ordem (9, 10, 11, 12, 41, 42, 43, 44, 45 e 46) (Figura 7.1).

7.1 POTENCIAL EROSIVO DA ÁREA

O potencial erosivo considerado para a Serra de Baturité conforme já apresentado no item 6.7 mostra uma pequena variação entre os municípios de Palmácia, Guaramiranga e Pacoti.

Especificamente no município de Pacoti a erosividade obtida a partir dos dados pluviométricos (tabelas em anexo I) de uma série histórica de 26 anos (1974/2000) fornecidos pela FUNCEME, os ciclo em média de 1054 (MJ/ha).(mm/h) no período chuvoso (Janeiro à Julho) e 66 (MJ/ha).(mm/h) no período seco (Agosto à Dezembro) com os meses de Março e Abril correspondendo historicamente aos meses de maior potencial erosivo da chuva (Gráfico 7.1).

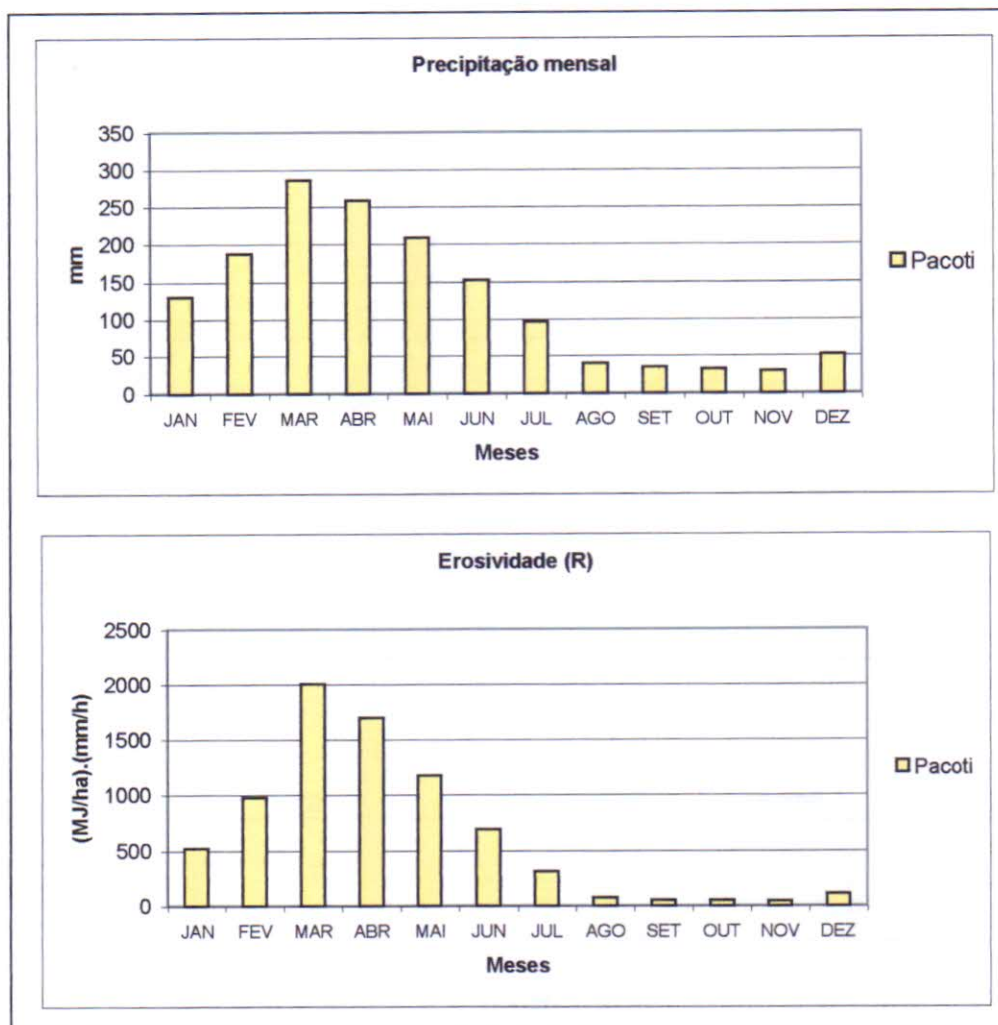


Gráfico 7.1 – Histograma ilustrando a Precipitação mensal e erosividade média.

O fator de K do solo, em (ton/ha)/MJ/(ha)(mm/h), expressa a taxa de perda do solo por unidade de erosividade da chuva para um local de referência. Somente dentro dessas sub-bacias foi possível calcular o fator de erodibilidade (K) utilizando o nomograma de Wischemeier.

BSLCM

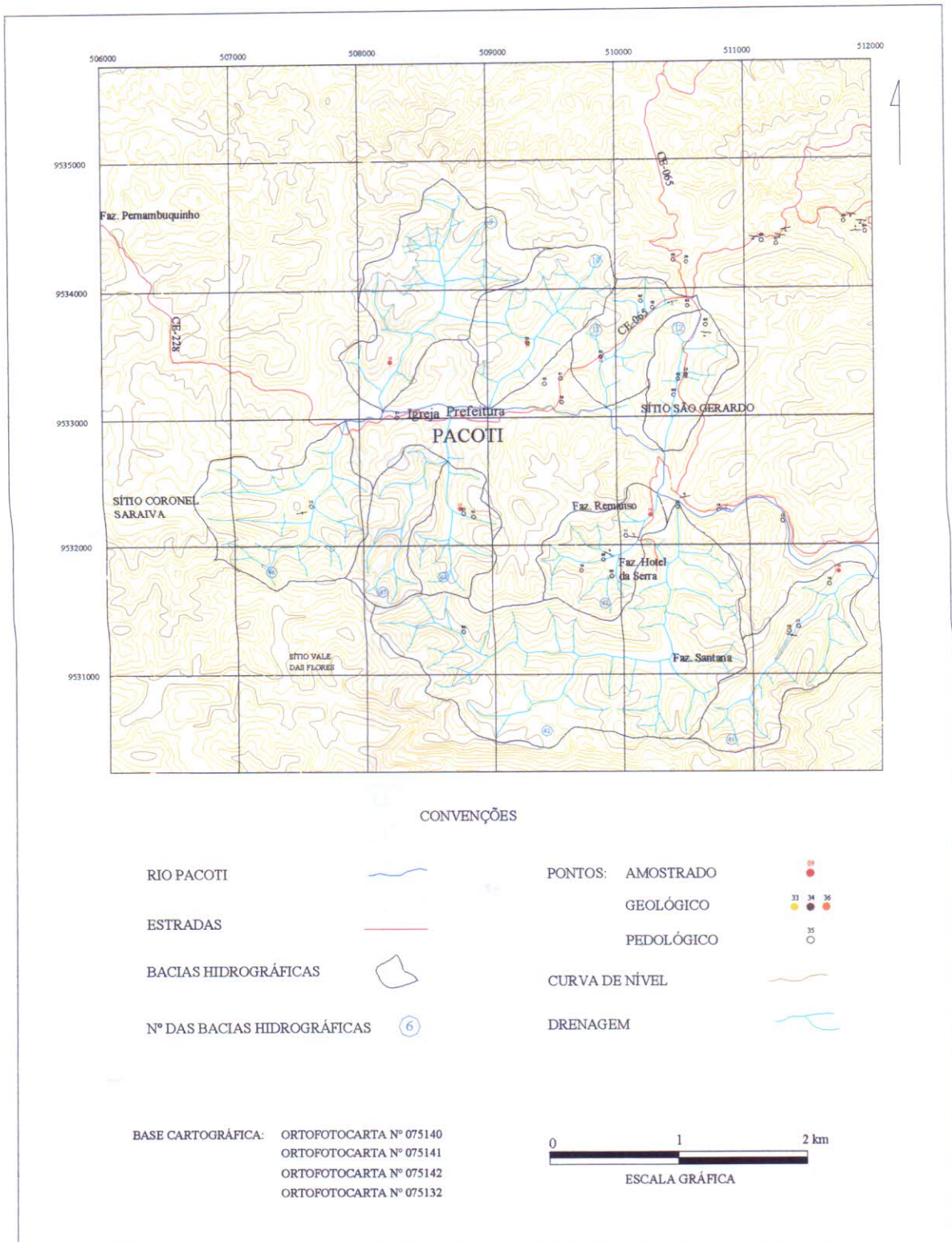


Figura 7.1 – Mapa de localização das BHRP dentro do município de Pacoti.

7.2 Índices Morfométricos em relação a infiltração/escoamento

Os valores dos índices morfométricos (Densidade de rios e Densidade de drenagem) obtidos para as dez sub-bacias analisadas, obteve uma variação muito pequena, com Dr variando entre 1,32 a 2,32 canais/Km² e Dd entre 0,50 e 0,64 Km/Km². As bacias 9 e 10 apresentaram respectivamente os maiores valores de Dr e Dd , enquanto a sub-bacia 41 os menores valores (quadro 7.1). Isso se explica devido a variação litológica (Anexo I) onde a bacia 9 e 10 apresentam uma planície aluvionar mais desenvolvida com presença de gnaisses e xistos já a bacia 10 apresenta uma planície aluvionar menos desenvolvida e lente de quartzito no seu interior tornando a infiltração superior ao escoamento.

Quadro 7.1 – Resultados de Dr e Dd das dez BHRP dentro do município de Pacoti.

Ponto Amostrado (PA)	BHRP (Nº)	Densidade de Rios (Dr) (canais/Km ²)	Densidade de Drenagem (Dd) (Km/Km ²)
18	09	2,03	0,60
17	10	2,32	0,64
15	11	1,65	0,53
16	12	1,77	0,53
20	41	1,32	0,50
26/27	42	1,58	0,55
12	43	1,74	0,61
13	44	1,76	0,60
28	45	1,53	0,59
29	46	1,70	0,62

7.3 Susceptibilidade dos solos à erosão

O cálculo do fator K foi determinado por meio do Nomograma de Wischmeier *et al.*, 1971 (Figura 7.2), que considera os parâmetros físicos: granulometria, matéria orgânica, estrutura e permeabilidade (quadro 7.3).

Foram realizados 12 ensaios com 15 amostras de solos cujos resultados estão apresentados na quadro 7.2 e nos Gráficos de granulometria (Anexo II).

Quadro 7.2 – Porcentagem de Granulometria para as Sub-bacias do município de Pacoti.

PA	BHRP	Pedregulho <4,8 mm	A. G. 4,8–2,00 mm	A. M. 2,00–0,42 mm	A. F. 0,42–0,074 mm	Total Areia 4,8–0,074 mm	Silte 0,074–0,005 mm	Argila >0,005 mm
18	09	2	4	23	30	57	33	8
17	10	4	6	27	28	61	32	3
15	11	0	2	29	38	69	24	7
16	12	0	1	19	38	58	34	7
20	41	1	3	22	30	55	31	13
26/14	42	2	1	9	16	26	37	35
27	42	6	6	24	32	62	32	0
12	43	0	2	19	24	45	34	22
13	44	3	4	22	22	48	34	14
28	45							
Hor.A		3	3	21	31	55	32	2
Hor.B		1	3	20	25	48	41	10
29	46							
Hor.A		5	10	28	27	65	30	0
Hor.B		2	4	12	16	32	56	10
30								
Hor.A		2	2	20	30	52	42	4
Hor.B		3	2	14	23	39	39	19

A. G. (areia grossa); A. M. (areia média) e A. F. (areia fina).

Com relação a classificação textural dos solos estudados nos arredores da cidade de Pacoti para as 15 amostras analisadas, pode-se observar que seus teores não variaram muito ficando 60% no campo de franco arenoso, 27% na classe textural franco, 7% na franco argiloso e os 7% restante na franco siltoso (Figura 6.1). Com isso podemos concluir que esse material possui uma capacidade elevada de absorção de água, o que foi comprovado pelos ensaios.

Observa-se que as amostras de número 28A e B foram coletadas no mesmo local, sendo, a primeira no horizonte A e a segunda no horizonte B ocorrendo uma variação no gradiente textural, apresentando uma textura franco arenoso no horizonte A e franco no horizonte B. Essas amostras sugerem que esse meio possui uma capacidade elevada de absorção de água, com permeabilidade no horizonte A de $13,7 \times 10^{-2}$ cm/s e permeabilidade no horizonte B de $2,1 \times 10^{-3}$ cm/s, devido a essa variação no gradiente textural a permeabilidade no horizonte A é maior que a permeabilidade do horizonte B. Esse solo é classificado como podzólico com o horizonte B textural. Por ter um horizonte bem argiloso, dificulta a percolação da água fazendo com que o horizonte superficial seja saturado rapidamente, tornando-o mais vulnerável.

As amostras de número 29A e B, foram coletadas nos horizontes A e B do mesmo ponto. Observa-se, que também ocorre uma variação no gradiente textural onde o horizonte A possui uma textura franco arenoso e o horizonte B franco siltoso. Juntamente com o ensaio

de permeabilidade $3,5 \times 10^{-3}$ cm/s, classificada na categoria de permeabilidade rápida para o horizonte A e $8,8 \times 10^{-4}$ cm/s para o horizonte B classificada na categoria de permeabilidade moderada a rápida de acordo com a classificação da tabela 7.2, pode-se constatar uma capacidade não muito elevada de absorção de água, tornando esse solo totalmente vulnerável ao escoamento superficial favorecendo escorregamentos, talvez seja explicado pela variação litológica onde pode-se constatar que a região onde predomina os gnaisses são mais permeáveis e no geral com texturas mais arenosas enquanto que nos xistos os solos são mais siltosos.

As amostras de número 30A e B, foram coletadas no mesmo local, sendo a primeira no horizonte A e a segunda no horizonte B. Observou-se, que ocorre uma variação significativa no gradiente textural entre os horizontes onde o horizonte A possui uma textura franco arenosa e o horizonte B franco. Os ensaios de permeabilidade registraram valores de $1,2 \times 10^{-2}$ cm/s para o horizonte A e $2,2 \times 10^{-3}$ cm/s para o horizonte B, ambos situados em uma categoria de permeabilidade rápida de acordo com a classificação da tabela 7.2. Para a amostra 29 pode-se constatar uma capacidade mais baixa do que a amostra 30, o que pode ser tentativamente explicado pela variação litológica onde constata-se que nas áreas em que predominam os gnaisses os solos são mais permeáveis e apresentam texturas mais arenosas, enquanto que os solos desenvolvidos sobre os xistos são mais siltosos e menos permeáveis.

Os ensaios de permeabilidade foram realizados, propositadamente em diferentes horizontes dos solos com objetivo de verificar a existência de uma variação no gradiente textural. No geral os solos do horizonte A são mais permeáveis com os percentuais de areia elevados conforme, comprovado nos ensaios de granulométricos, e o horizonte B é menos permeável com percentuais menores de areia e maior concentração de silte e argila. A grande maioria dos solos classificados predominantemente como podzólicos na área estudada apresentam esta propriedade, o que implica em uma redução da velocidade de infiltração da água com a profundidade facilitando o escoamento na lateral, o que pode acarretar a erosão do horizonte superior juntamente com a camada orgânica.

O parâmetro correspondente à estrutura do solo é traduzido através de um código que representa uma classificação simplificada. Este código é avaliado mediante a análise granulométrica do solo. Adota-se o critério de classificação apresentado na Tabela 7.1.



Tabela 7.1 – Classificação estrutural do solo.

Código da Estrutura	Classificação
1	Granular muito fina (mais de 50% de finos);
2	Granular fina (mais de 50% de areia);
3	Granular média ou grossa (mais de 50% de areia grossa);
4	Bloco ou maciço (mais de 50% de pedregulhos).

Fonte: Almeida (2001) dissertação de mestrado na Engenharia Hidráulica.

O parâmetro da permeabilidade é determinado através da correlação apresentada na Tabela 7.2, sendo a permeabilidade determinada em laboratório através do ensaio de permeabilidade saturado sobre carga variável.

Tabela 7.2 – Correlação entre o valor de permeabilidade.

Classificação da Permeabilidade	Permeabilidade (mm/h)	Categoria
6	<1	Muito lenta
5	1 – 2	Lenta
4	2 – 5	Lenta a moderada
3	5 – 20	Moderada
2	20 – 60	Moderada a rápida
1	>60	Rápida

A partir desses parâmetros foram determinados os valores de K para cada amostra classificada de acordo com a Tabela 7.3.

Tabela 7.3 – Grau do fator de Erodibilidade do solo.

Fator K	Classificação de erodibilidade	Faixa do fator K (t/ha (t.m/ha.mm/h))
1	Fraca	< 0,15
2	Média	0,15 < K < 3,0
3	Forte	K > 3,0

Fonte: Almeida, 2001, dissertação de mestrado na Engenharia Hidráulica.

Quadro 7.3 – Resultados dos ensaios geotécnicos necessários para a obtenção do fator K.

PA	BHRP	Granulometria		Matéria Orgânica		Estrutura	Permeabilidade (K)	
		% finos	% areia	(g/kg)	(%)		cm/s	Classe
18	09	43	52	23,37	2,34	2	—	1*
17	10	49	53	40,34	4,03	2	—	2*
15	11	32	62	8,89	0,89	2	$1,9 \times 10^{-2}$	1
16	12	44	51	24,20	2,42	2	$8,4 \times 10^{-3}$	1
20	41	40	51	19,44	1,94	2	$4,0 \times 10^{-3}$	1
26/14	42	50	22	17,58	1,76	1	$9,9 \times 10^{-3}$	1
27	42	47	51	15,61	1,56	2	$6,2 \times 10^{-3}$	1
12	43	51	39	12,10	1,21	1	$2,2 \times 10^{-2}$	1
13	44	51	42	25,03	2,50	1	$1,3 \times 10^{-2}$	1
28								
Hor. A	45	45	50	40,55	4,05	2	$3,7 \times 10^{-2}$	1
Hor. B		50	41	15,10	1,51	1	$2,1 \times 10^{-3}$	1
29								
Hor. A	46	34	50	25,96	2,60	2	$3,5 \times 10^{-3}$	1
Hor. B		70	24	7,34	0,73	1	$8,8 \times 10^{-4}$	2
30								
Hor. A	—	41	50	29,79	2,98	2	$1,2 \times 10^{-2}$	1
Hor. B		50	29	8,06	0,81	1	$2,2 \times 10^{-3}$	1

* - Permeabilidade inferida, com base na infiltração; Hor. A - Horizonte A e B.

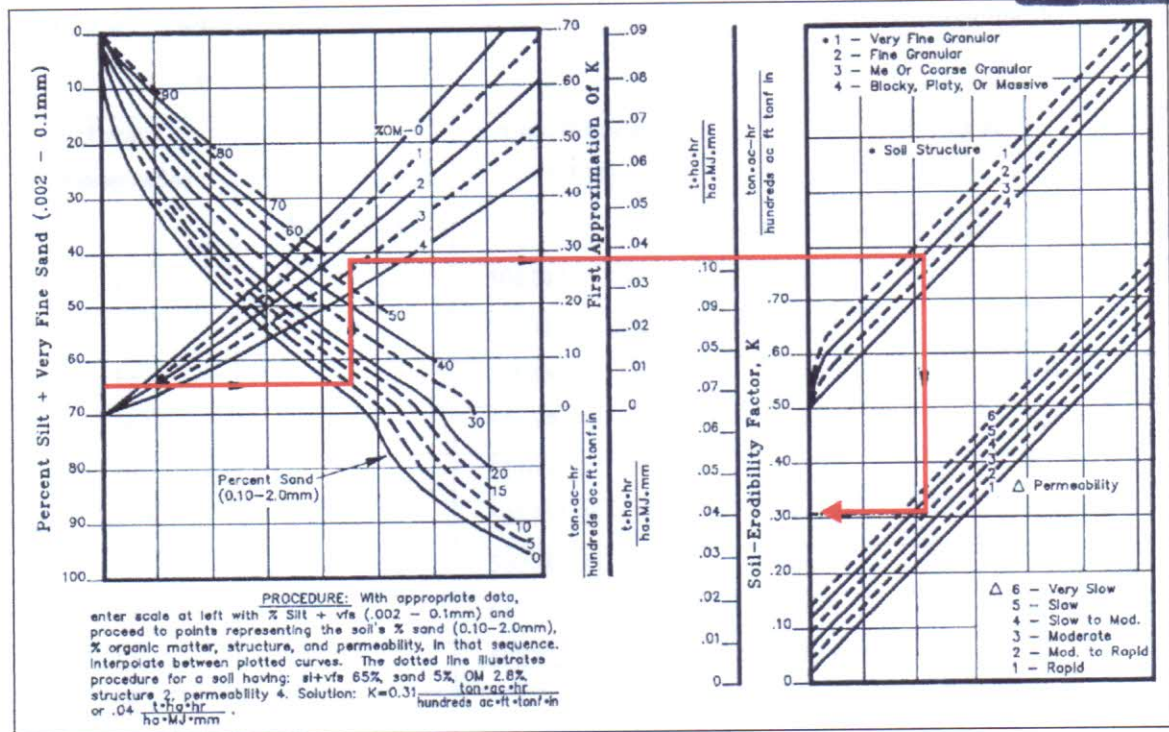


Figura 7.2 – Nomograma de Wischmeier para a determinação do fator K, em ton.MJ.h.mm. (Fonte: Righetto, 1998).

Os valores do fator K para as 15 amostras de solos coletadas nas 10 sub-bacias do município de Pacoti, encontram-se citados na tabela 7.4., situaram-se no intervalo entre 0,47 (t/ha ((t.m/ha.mm/h)) a 0,12 (t/ha ((t.m/ha.mm/h)) no geral podem ser incluídos na categoria 2 do fator K e classificado com erodibilidade média com exceção de uma amostra.

Nos locais onde a erodibilidade foi maior por exemplo nas sub-bacias 42 amostra de número 27 (0,26 t/ha (t.m/ha.mm/h)) e sub-bacia 43 amostra de número 12 (0,27 t/ha (t.m/ha.mm/h)) são locais altamente povoados com pequenas propriedades e uma região totalmente ocupada pela agricultura.

A amostra de número 29 Hor. A e sub-bacia 46 foi a única que caiu na categoria 1 do fator K e classificada como erodibilidade fraca (0,12 t/ha (t.m/ha.mm/h)) são regiões onde a grande parte da vegetação ainda se encontra bastante preservada.

Tabela 7.4 – Determinação do valor de K (ton.MJ.h.mm) para as 10 sub-bacias do município de Pacoti.

Pontos Amostrados	Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti	Coordenadas (UTM)	Valor de K	
			t/ha/(t.m/ha.mm/h)	(ton.ha.h/ha.MJ.mm)
18	09	508243,9533436	0,19	0,025
17	10	509312,9533584	0,23	0,030
15	11	509881,9533470	0,20	0,026
16	12	510540,9533327	0,20	0,026
20	41	511692,9531788	0,20	0,026
26/14	42	508761,9531330	0,18	0,024
27	42	509085,9530781	0,26	0,034
12	43	510248,9532234	0,27	0,036
13	44	508775,9532291	0,18	0,024
28	45	508399,9532432	0,15	0,020
Hor. B			0,27	0,036
29	46	507820,9532177	0,12	0,016
Hor. B			0,47	0,062
30	—	508134,9532778	0,18	0,024
Hor. B			0,22	0,029

As amostras 28, 29 e 30 realizadas tanto no horizonte A quanto no B, os valores de erodibilidade obtidos mostrou que os resultados do horizonte B são sempre maiores que o horizonte A isso se deve a variação no gradiente textural como dito anteriormente nos resultados granulométricos. Os horizontes B são sempre mais siltosos e argilosos e os horizontes A mais arenosos, há uma maior possibilidade de que o solos seja saturado mais rapidamente pois a camada mais argilosa impede o fluxo da água ocasionando o escoamento superficial do solo acarretando o lixiviamento da camada superficial para as partes mais baixas favorecendo os grandes escorregamentos. E como a região se encontra num processo desordenado de uso e ocupação com desmatamento para o plantio de lavouras e criação de novos vilarejos favorecendo ainda mais a ocorrência de processos erosivos e movimentos de massa.

As áreas mais susceptíveis ao processo erosivo são as áreas com alta declividade com maior erodibilidade dos solos. Essas áreas de instabilidade natural regiões de morros e



morrotes podem se agravar com o uso, onde as áreas de solos expostos que ocorrem predominantemente nesta região podem ser consideradas como degradadas, uma vez que perderam sua capacidade de se auto recuperar e necessitam de trabalho de revegetação. Nestas áreas deveria ser investigada a viabilidade do estabelecimento de um programa de combate, controle e prevenção da erosão, que não descartasse a possibilidade de adoção de novas alternativas de uso, menos intensivas.

Os valores obtidos pelo nomograma foram multiplicados pelo fator de conversão 0,1317, pois a unidade de permeabilidade adotada estava nos sistema inglês.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido na Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti (BHRP), mais especificamente com bacias hidrográficas de 3ª ordem, foi realizado a partir de uma análise integrada do ambiente, onde o enfoque maior foi a vulnerabilidade do meio ambiente à erosão hídrica.

Conforme a APA – Área de Proteção Ambiental da Serra de Baturité, essa região requer um uso limitado e adequado, no entanto encontram-se atualmente um tanto quanto comprometida pela forma como vem sendo ocupada, o que tem conduzido a um certo grau de instabilidade ao ambiente.

A partir dos dados de campo, foi observado nos locais com intensa atividade antrópica e ao longo das principais rodovias da área, diversos pontos de erosão e escorregamento de blocos e solos.

A geologia da BHRP é representada predominantemente por rochas do Complexo Ceará as quais incluem paragnaisses (biotita gnaisses), mica xistos, quartzitos, calcio-silicáticas além de lentes de anfibólio gnaisses, pegmatitos e sedimentos coluvionares e aluvionares. A alteração destas rochas em condições de clima gerando diversos tipos de solos tais como podzólicos, latossolos, litólicos e aluviais.

Os solos predominantes na região são os podzólicos mediamente profundos com horizontes superficiais areno-argilosos e os sub-superficiais argilo-arenosos. Essa diferença textural representa um dos principais fatores responsáveis pela erosão da camada superficial e mais fértil do solo, pois o horizonte sub-superficial serve de barreira para à infiltração da água. Foi observado, também, que na medida que aumenta a declividade do terreno, aumenta a incidência de erosão. Embora se tratando de uma área de preservação ambiental (APA), a retirada da cobertura vegetal, que vem crescendo dia após dia, dando espaço para a agricultura. Tal fato funciona como vetor da erosão e dos movimentos de massa.

De acordo com a geomorfologia, e com os parâmetros utilizados para a classificação de relevos, a área é formada por serras, morros, morros paralelos, morrotes, colinas, colinas pequenas e morros com encostas suavizadas e planícies aluvionais. As áreas definidas como serras, são regiões desfavoráveis à ocupação produtiva e humana por apresentarem as maiores declividades (> 30 %). Por outro lado, as regiões de colinas, morros e morrotes, são favoráveis à

atividades agrícolas com exceção das áreas onde a declividade é superior a 30%. As planícies aluvionais, por serem regiões planas, são parcialmente favoráveis à atividade agrícola e à ocupação humana, exceto nos locais que ocorrem inundações periódicas. Vale ressaltar que, nas regiões favoráveis ao desenvolvimento agrícola, é necessário a utilização de técnicas de cultivo adequadas, pois sem essas técnicas a região pode sofrer uma maior susceptibilidade à erosão do solo. Entretanto a prática agrícola nesta zona exige a remoção da mata ciliar contrapondo a legislação ambiental existente segundo a Instrução Normativa 01/91 Art. 9, ficam declaradas como áreas sob proteção especial as coberturas vegetais ao longo dos cursos de água, em faixa marginal, cuja largura mínima seja de 30m para os cursos de água com menos de 10m de largura e 50m para os cursos com até 50m de largura, como também as nascentes fluviais permanentes ou zazonais, em qualquer situação topográfica, terão a cobertura mantida numa faixa de 50m a partir de suas margens, de modo a proteger, em cada caso, a bacia hidrográfica.

Os valores de erosividade mostraram que a maior parte do ano (Janeiro à Julho) as chuvas são erosivas. A ação das chuvas promove o escoamento superficial carregando a camada orgânica e o horizonte superficial dos solos. A situação se torna crítica principalmente no período de Março à Maio, quando ocorrem movimentos de solo e rochas expressivos ocasionando destruições de estradas, residências e lavouras. Outros grandes fatores que contribuem para essas ocorrências são: a cobertura vegetal, o tipo de solo e a alta declividade do terreno.

Os valores obtidos de capacidade de infiltração do solo no período seco é de 153,45 mm/h e no período chuvoso de 25,66 mm/h, mostrando uma redução brusca de valores. Esta baixa capacidade de infiltração no período chuvoso favorece o escoamento superficial podendo desencadear processos erosivos.

A granulometria apresenta um percentual de aproximadamente 39% textura franco arenosa, 23% textura franco. A permeabilidade, os valores médios obtidos para 75% das amostras permitiram classificar a permeabilidade como rápida. Com isso podemos dizer que a região requer cuidados, principalmente nas áreas de preservação permanente, nas nascentes dos rios e suas margens, pois trata-se de uma região serrana.

Considerando os resultados da análise morfométrica de rede de drenagem, quando se analisa a infiltração *versus* escoamento, e levando em conta a densidade de drenagem, pode-se concluir que no geral o escoamento é maior que a infiltração, devido a região possuir uma rede de drenagem muito densa.

Finalizando, os estudos detalhados nas dez sub-bacias do município de Pacoti onde situaram-se no intervalo entre 0,47 (t/ha ((t.m/ha.mm/h)) a 0,12 (t/ha ((t.m/ha.mm/h)) no geral podem ser incluídos na categoria 2 do fator K e classificado com erodibilidade média com exceção de uma amostra. Juntamente com os ensaios de granulometria, permeabilidade, massa específica e infiltração, concluímos que a região é favorável a ocorrência de escorregamentos.

Com todos os estudos realizados na área concluímos que a região necessita de um maior controle com relação ao uso e ocupação. Os escorregamentos ocorridos na região se devem a má administração do solo, principalmente no diz respeito aos desmatamentos nas encostas para o plantio de banana e ao plantio morro à baixo.



9. BIBLIOGRAFIA

- AGUIAR, M.B.; KRELING, P.C.L. 1984. *Elaboração Gráfica de Carta de Declividade de Vertentes*. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, v.3, p. 109 – 116,.
- ALENCAR, A. de. 1997. *Programa de Desenvolvimento Sustentável de Áreas Úmidas e Sub-úmidas do Estado do Ceará (Proposta Indicativa)*. CEPEMA – Fundação Cultural Educacional Popular em Defesa do Meio Ambiente. ONG. Fortaleza-CE.
- ALMEIDA, G. B. 2001. *Modelagem da Retenção de Sedimentos em Reservatório no Semi-Árido*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Área de Concentração em Recursos Hídricos – UFC. 86p.
- ALMEIDA, F. F. M., HASUI, Y., NEVES, B. B., and FUCK, R. 1981. *Brazilian structural provinces: an introduction*. Earth Science Review, 17:1-29.
- AMORIN, H. R. 2000. *Mapeamento Geotécnico dos Municípios de Guaramiranga e Pacoti. CE*. Relatório de Graduação do Curso de Geologia da UFC. 45p.
- ARAÚJO, A. & PAZ, F. A. L. da. 1984. *Geologia da Região Norte de Baturité – Ceará*. Relatório de Graduação. Pág. 17-25
- ARAÚJO, L. C. M. 2003. *Caracterização de Unidade de Relevo e Susceptibilidade Ambiental do Alto Curso da Bacia do Rio Pacoti. Serra de Baturité. CE*. Relatório de Graduação do Curso de Geografia da UFC. 45p.
- BELTRAME, A. da Veiga. 1994. *Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas – Modelo e Aplicação*. Florianópolis. Ed. da UFSC. 112p.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. 1985. *Conservação do Solo*. Piracicaba. Livroceres. 368p.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. 1990. *Conservação do Solo*. Ícone. São Paulo.
- BRAGA, A. de P. G. et. al.. 1981. *Geologia da Região Nordeste do Estado do Ceará – Projeto Fortaleza – MME/DNPM*. Série geologia nº 12. Seção Geologia Básica nº 9. Brasília.
- BRAGA, A. P. G., PASSOS, C. A. B., SOUZA, E. M., FRANÇA, J. B., MEDEIROS, M. F. & ANDRADE, V. A. 1997. *Geologia da Região Nordeste do Estado do Ceará – Projeto Fortaleza*. MME-DNPM/CPRM. Recife-PE. Escala 1:500.000. 123pp (síntese publicada em 1981)
- BRANDÃO, R. L. et al. 1995. *Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR*. CPRM. Capítulo IV. Pág. 13-41. Capítulo V. Pág. 43-51
- BRÍGIDO, F. J. R.; FILHO, F. V. M. 1985. *Geologia da Região a oeste de Guaramiranga-CE*. Fortaleza. Relatório de Graduação. Pág. 73.



- CARVALHO, N. O. 1994. *Hidrossedimentologia Prática*. Rio de Janeiro. CPRM. 143p.
- CEARÁ. 1992. *Zonemaneto Ambiental da APA da Serra de Baturité: Diagnóstico e Diretrizes*. Superintência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE. Governo do Estado do Ceará. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Fortaleza. Pág. 15-32.
- CHRSTOFOLETTI, A. 1980. *Geomorfologia*. São Paulo. Edgard Blucher. 2ª edição. 188p.
- CHRSTOFOLETTI, A. 1981. *Geomorfologia fluvial*. São Paulo. Edgard Blucher. 2ª edição. 312p.
- CLAESSEN, E. R. de. & BARRETO, W. de O. 1997. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Rio de Janeiro. 2ª edição.
- CPRM. 2003. *Mapa Geológico do Estado do Ceará*. Escala 1:500.000.
- DARDENNE, M. A. & SCHOBENHAUS, C. 2001. *Metalogênese do Brasil*. Brasília. Editora Universidade de Brasília. Pág. 245-247.
- DE BIASI, M. 1992. *A Carta Clinográfica: os métodos de representação e sua confecção*. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo n.6, p. 45 – 53.
- FERNANDES, L. 2000. *Processo Hidrossedimentológico na Bacia do Açude Acarape do Meio - CE*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Área de Concentração em Recursos Hídricos – UFC. 86p.
- FETTER, A. H., van SCHMUS, W. R., dos SANTOS, T. J. S., NOGUEIRA NETO, J. A. and ARTHAUD, M. H. 2000. *U-Pb and Sm-Nd geochronological constraints on the crustal evolution and basement architecture of Ceara State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the existence of the Paleoproterozoic supercontinent "Atlantic"*. Revista Brasileira de Geologia, v. 30 (1), 102-105. São Paulo-SP.
- FNMA/FCPC. 1994. *Geossistemas e Potencialidades do Recursos Naturais da Serra de Baturité e Áreas Sertanejas Periféricas*. Ceará. Coordenador: Marcos José N. de Souza. Relatório Técnico. Fortaleza. 105p.
- HAAN, C. T.; BARFIELD, B. J. & HAYES, J. C. 1994. *Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments*. In: *Erosion and Sediment Yield*. Cap. 8. Academic press. 260p.
- HORTON, R. E. 1940. *Na Approach Toward a Physical Interpretation of Infiltration Capacity*. Soil Sci. So. Amer proc. Moddison. Wisc. 5:399-417.
- HORTON, R. E. 1945. *Erosional Development of Streams and their Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology*. Geological Society of American Bulletin. Colorado. v.56. n.3. Pág. 275-370.
- IPLANCE. 1995. *Atlas do Ceará*. Governo do Estado do Ceará.



- IPT. 1981. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo. Volume I. 94p.
- IPT. 1986. *Orientações para o combate à Erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe*. Paranapanema. São Paulo. Volume 6. (IPT. Relatório, 24739). (CP. ME).
- IPT. 1997. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo. Escala 1:500.000. Volume I. 64p.
- JÚNIOR, M. F. 2001. *O Aquífero Fissural como Fonte Hídrica para o Abastecimento Público – Serra de Baturité – Ceará – Brasil*. Dissertação de Mestrado em Geologia. Fortaleza.
- LIMA, M. I. C. 2002. *Análise de Drenagem e seu Significado Geológico-Geomorfológico*. Belém. Pará. CD-ROM.
- LOMBARDI, N. & BERTONI, J. 1975. *Erodibilidade de Solos Paulistas*. Campinas, Instituto Agrônômico (B. Tec. 27). 12p.
- LUEDER, D. R. 1959. *Aerial Photographic Interpretation Principles and Applications*. New York, Mc Graw – Hill Book, 462p.
- MELLO, V. F. B. & TEIXEIRA, A. H. 1967. *Mecânica dos Solos*. Escola de Engenharia de São Carlos. 240p.
- NASCIMENTO, D. A. do G. A.; PIRES, J. de L.; TEIXEIRA, W. 1981. *Mapeamento Regional*. In: Projeto RADAMBRASIL. Folha AS-24- Fortaleza. Rio de Janeiro: v.21, Pág. 23-133.
- OTAVIANO, C. A.; LIMA, I. S. & da COSTA, V. C. 1999. *Erodibilidade das bacias hidrográficas do Maciço da Pedra Branca – RJ*. Geo UERJ Revista do Departamento de Geografica. UERJ. RJ. N.6. Pág. 69-82, 2º semestre.
- RIGHETTO, A. M. 1998. *Hidrologia e Recursos Hídricos*. São Carlos. EESC/USP. 840p.
- SALOMÃO, F. X. de T., ANTUNES, F. dos S. 1998. *Solos*. In: Geologia de Engenharia, Cap. 6. Pág. 92-97.
- SALOMÃO, F. X. de T. 1999. *Controle e Prevenção dos Processos Erosivos*. In: Erosão e Conservação do Solo, Cap. 7. Pág. 229-267.
- SANCHEZ, M.C. A. 1993. *Propósito das Cartas de Declividade*. In: Simpósio de Geografia Física Aplicada, São Paulo. São Paulo. Pág. 311 – 314.
- SANTOS, I. dos.; GOMES, J. 1998. *Caracterização do Índice de Erosividade da Porção Oriental do Estado do Paraná*. In: VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão, São Paulo-SP. CD Room. Arq. 029. Doc. 10p.



- SIDRIM, A. C. G.; CARDOSO, C. A. M. 1978. *Projeto Mapeamento do Maciço de Baturité*. Convênio SOSP/UFC. Fortaleza. 42p.
- SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E. & CAMARGO, P. B. 2003. *Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas*. São Carlos. Rima. 140p.
- SOUZA, M. J. N. de. 1988. *Contribuição ao Estudo das Unidades Morfo-Estruturais do Estado do Ceará* – Revista de Geologia, vol. 01.pág. 73-91. Editora da UFC. Fortaleza.
- STRAHLER, A. N. 1952. Hypsometric Analysis of Erosional Topography. Geological Society of American Bulletin. Colorado. 63:1117-1141.
- SUGUIO, K. 1973 *Introdução à Sedimentologia*. EDUSP/ Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo-SP. 317p.
- TEIXEIRA, W. et al. 2000. *Decifrando a Terra*. São Paulo, Oficina de Texto.
- VEIGA, M. et alii. 1994. *Potencial erosivo das chuvas em Santa Catarina*. In: Santa Catarina. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água: Projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. 2.ed. rev., atual., e ampl. Florianópolis: EPAGRI, Pág. 131-147.
- VERÍSSIMO, M. E. Z; NOVO, E. M. L. de M.; VERÍSSIMO, C. U. V. 1996. *Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna-PR através de parâmetros morfométricos da rede de drenagem*. Revista de Geologia. V.9: 97-109.
- VILLELA, S.M. & MATTOS, A. 1975. *Hidrologia Aplicada*. 1ª edição. Editora McGraw Hill do Brasil, São Paulo.
- WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. 1978. *Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning*. Agriculture handbook. US. Departamente os Agriculture. Washington. DC. no 537

ANEXO I

- ✓ MAPA HIDROGRÁFICO E DE PONTOS
 - ✓ MAPA GEOLÓGICO
 - ✓ CARTA DE DECLIVIDADE
 - ✓ MAPA GEOMORFOLÓGICO

ANEXO II

- ✓ FICHA DE CAMPO
- ✓ DADOS PLUVIOMÉTRICOS
(fornecidos pela FUNCEME)
- ✓ DADOS DOS PONTOS DE GEOLOGIA
- ✓ GRÁFICOS DE GRANULOMETRIA

FICHA DE CAMPO

**LOCALIZAÇÃO:
COORDENADAS UTM:
SUBBACIA:**

**N ° PONTO:
ALTITUDE:**

GÊNESE/GRAU DE ALTERAÇÃO:

1. Solo Transportado (Coluvial)
2. Solo Residual
3. Solo Aluvial

CONSISTÊNCIA SECA

- A - Solta Macia Dura Extremamente Dura
- B - Solta Macia Dura Extremamente Dura
- C - Solta Macia Dura Extremamente Dura

CONSISTÊNCIA ÚMIDA

PEGAJOSIDADE:

- A - Não Pegajosa Pegajosa Muito Pegajosa
- B - Não Pegajosa Pegajosa Muito Pegajosa
- C - Não Pegajosa Pegajosa Muito Pegajosa

PLASTICIDADE:

- A - Não Plástica Plástica Muito Plástica
- B - Não Plástica Plástica Muito Plástica
- C - Não Plástica Plástica Muito Plástica

TEXTURA

- A - AgAr ArAg Ar Ag
- B - AgAr ArAg Ar Ag
- C - AgAr ArAg Ar Ag

COR

A -----

B -----

C -----

Manchas:-----

Roxo	Cinza-claro
Vermelho	Cinza-escuro
Laranja	Preto
Bruno	Mosqueado
Amarelo	

PRESENÇA DE RAÍZES

A - Grande Pequena

B - Grande Pequena

C - Grande Pequena

CAVIDADES: A B C

FENDILHAMENTO A B C

ATIV. DE ORGANISMOS A B C

TIPO DE SOLO

Podzólicos Latossolos Gleissolos Litólicos

ROCHA MATRIZ

Gn - Gnaisses indiferenciados Gnx - Gnaisse com interc. Xisto

Gnb - Biotita-Gnaisse Xbt - Biotita Xisto

Gnm - Muscovita Gnaisse Qz - Quarzitos

Gng - Gnaisses Graníticos Qzm - Muscovita Quartzito

Cs - Calciossilicatos

USO E OCUPAÇÃO NO ENTORNO

CABO FRIO-RJ

OBSERVAÇÕES GERAIS

CROQUI ESQUEMÁTICO:



Município : GUARAMIRANGA Posto : GUARAMIRANGA
 Micro_regiao: 13 Código: 54

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1974	374	159.6	373.4	497.1	314.8	253.2	121.5	37.7	95	26.1	11.4	135.5	2399.3
1975	56.8	266.2	314.4	253.6	325.2	233.1	160.1	51.1	52.1	39	19.8	0	1771.4
1976	125.1	256	300.9	308.6	76.7	73.7	32.8	73.2	16.2	73.6	43.5	22.6	1402.9
1977	217	242.5	324.2	247.8	423.8	393.4	323.4	26.3	4.4	42.5	24.1	43.7	2313.1
1978	49.8	208	-	264.2	306.3	143.9	175.6	38.9	54.9	73.6	30.2	18.3	1363.7
1979	29.7	167.3	115.3	137.6	273.2	148	42.3	70.8	60.2	25.7	41.4	16.8	1128.3
1980	148.7	398.3	325	161.9	79.1	159.9	39.5	13.3	42.8	83.2	15.2	54.9	1521.8
1981	96.4	78	349	168.9	212.5	115.6	6.6	8.8	1.6	5.6	4.2	142.9	1190.1
1982	136	149.7	312.3	314	278.5	119.5	86.9	69.8	39.6	29.9	39.2	39.9	1615.3
1983	37.1	203.7	245.8	152.7	154.2	46.3	17.9	16.4	7.5	43.7	7.5	21.4	954.2
1984	71.6	141.6	365	292.7	299.5	225.9	128.4	67.7	40.8	79.3	31.2	54.4	1798.1
1985	243.8	290	440.4	311.4	286.3	259.8	218.4	60.3	40	7.1	7.8	159.9	2325.2
1986	132.6	253.8	376.6	536.2	267.8	237.5	93	96.2	51.2	93.3	138.8	112.4	2389.4
1987	71.7	94.1	310.6	302.5	52.9	464.2	77	21.1	31.7	27.6	30.7	10.2	1494.3
1988	208.3	154.8	186.2	451.9	343.2	216.4	195.5	11.7	64.8	62.7	97.1	140.6	2133.2
1989	162.1	64.4	348.7	291.7	338.8	314.2	399.6	57.2	42.6	39.9	39.2	215.3	2313.7
1990	62.9	108.9	143	339.2	175.5	156.3	145.8	66	77.9	41.9	36.6	50	1404
1991	85.9	171.5	389.6	209.9	248.8	150.1	52.3	0	14	71.5	11.3	0	1404.9
1992	114.2	407.1	202.6	291.7	70.3	138.2	21.4	31.3	43.3	52.2	39.9	8.5	1420.7
1993	51.8	108.1	158.3	151.5	45.9	63.9	135.9	44	14.9	38.7	40	70	923
1994	218.9	254.9	320.2	322.1	276	558.7	99.7	7.7	0	21.2	70.2	182.8	2332.4
1995	86	198.9	147.4	369.3	402	173.4	193.8	15.7	4.8	29.8	72.3	26	1719.4
1996	295.6	143.9	428.4	366.7	176.8	93	81.9	64.3	41.2	66.1	75.9	8.9	1842.7
1997	61.5	133	221.7	186	259.2	1.6	26.2	9	0	0	9.1	90.5	997.8
1998	220.4	85.2	260.1	107.2	68.4	5.6	0	0	0	30.5	0	41.5	818.9
1999	124.9	138.1	284.2	189.1	218.8	51.9	11.2	0	0	0	0	88.8	1107
2000	249.7	176.1	324.4	376.2	192.5	179.8	146.3	161.2	81.6	0	40.9	51.1	1979.8
Total	3732.5	5053.7	7567.7	7601.7	6167	4977.1	3033	1119.7	923.1	1104.7	977.5	1806.9	44064.6
Σ/27=Pm	138	187	280	282	228	184	112	41	34	41	36	67	1632
R	56	93	185	187	131	91	39	7	5	7	6	16	3705

Σ/27= Pa 44064.6 1806.9 977.5 1104.7 923.1 1119.7 3033 4977.1 6167 7601.7 7567.7 5053.7 3732.5

Município : PACOTI
 Posto : PACOTI
 Micro_regiao: 13
 Código: 105

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1974	380.6	330.2	395.4	533.5	377.2	190.3	67.2	31.4	55.4	5.8	8.8	66.3	2442.1
1975	77.7	232.7	289.1	160.6	284.7	178.8	100.2	47.3	94.9	22	20.3	197.7	1706
1976	131.2	220.2	312.9	247	44.9	74.6	10.4	94	6	82.8	46.7	22	1292.7
1977	200	229.9	341.3	182.6	389.8	332.3	231.2	47.3	13.8	16.3	31.7	16.5	2032.7
1978	41.8	161.1	199.2	47.4	231.3	133.7	158.3	69.5	65.3	67.1	35.7	38.2	1248.6
1979	28.1	151	77.9	129	230.4	65.7	17.7	66.9	47.1	15	35.3	3	867.1
1980	154.6	438.6	324	143.8	43	108.2	1.1	0	27.9	72.4	18.7	49.9	1382.2
1981	78.7	49.9	372.6	178.8	135.3	95.5	0	0	0	0	0	94.2	1005
1982	163.4	153	303.3	230.7	224.4	111.5	87.5	76.9	43.6	91.3	61.8	71.8	1619.2
1983	36.2	153.4	157.5	198.6	140.8	26.2	14.4	21.6	5	28.5	0	9.3	791.5
1984	86.5	88.6	336.3	276.8	390.2	208.2	139.5	38.8	144.1	49.2	23.7	41.9	1823.8
1985	197.1	407.7	628.9	208.5	300.8	141.9	165.4	56.8	38.6	17.1	50.1	76.9	2289.8
1986	122.1	235.5	374.3	432.8	244.2	242.1	80.9	96.2	37.2	78.1	86.4	109.6	2139.4
1987	96.3	140.4	279	272.9	79.2	319.9	67.1	11.7	22	20.3	22	9.7	1340.5
1988	202.8	126.5	168.8	555.1	225.1	141.1	167.9	0	51.4	35.5	98.8	70.6	1843.6
1989	96.4	81.7	275.7	323	304.8	232.8	382.7	11.7	0	22.1	34	180.4	1945.3
1990	55.9	135.6	139.9	245.7	150.2	125.9	110.8	0	62.2	0	39.4	24.4	1090
1991	86.8	123.8	393.6	118.8	226.3	135.6	29.5	35.3	15.5	54.3	7.3	37.7	1264.5
1992	126.9	330	190.7	232.6	59.8	132.2	0	0	0	33.9	19.8	0	1125.9
1993	53.5	87.2	153.2	192.9	62.8	67.2	157	29.6	24.8	33.5	15.4	59.9	937
1994	116.8	252.8	407.3	271.6	327.5	369.7	148.5	0	0	0	0	0	1894.2
1995	103.9	248.4	116.6	383.7	253.9	169	148.6	0	0	3.8	30.2	0	1458.1
1996	220.1	124.7	445.4	401.7	132.7	56.6	56.2	54.9	39.8	53.3	66.6	17.6	1669.6
1997	62.5	114.3	201	222.6	185.5	17	28.4	13.7	4	10.5	15.3	83.1	957.9
1998	245.4	78.5	250.4	139.1	64.1	53.2	6	90.6	0	29	0	47.2	1003.5
1999	104.5	74.5	260.5	224.7	317.8	175.3	42.1	3	54.3	17.8	16	63	1353.5
2000	227.1	285.7	329.7	436.3	210.8	196.6	176	191.6	83.2	3.6	25.5	20	2186.1
Total	3496.9	5055.9	7724.5	6990.8	5637.5	4101.1	2594.6	1088.8	936.1	863.2	809.5	1410.9	40709.8
Σ/27=Pm	130	187	286	259	209	152	96	40	35	32	30	52	1508
R	53	100	205	173	120	70	32	7	6	5	4	11	3464

Σ/27=Pa



Município : MULUNGU Posto : MULUNGU
 Micro_regiao: 13 Código: 98

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1974	278.1	199.8	326.1	457.2	324.5	246.8	90.3	36	48.5	8	0	92	2107.3
1975	56.7	133	207.2	177.8	208	204	90	40	34	0	17	117.2	1284.9
1976	46.4	239.2	170	186.4	35.2	31	63	44	0	47	7.1	9	878.3
1977	183	195.2	248.5	165	-	-	-	-	-	-	-	-	791.7
1978	4.6	120.1	153.4	83.7	167.6	124.9	134.7	0	21	17	12	-	839
1979	90	82	57	119	172	59	6	30	10	6	0	0	631
1980	28	187	241	69	83	104	0	0	24	28	5.7	10	779.7
1981	69.1	50.4	349	103.5	205.3	7	5	0	0	0	7	112	908.3
1982	101	162	270	-	245	79	52	47	20	3	9	18	1006
1983	8.1	171.2	171.1	124.8	70.5	19.5	19.5	5	0	8	3	13	613.7
1984	45.2	90.4	336.5	209.4	285.4	196	100.3	40.2	7.8	39.5	19.4	15	1385.1
1985	322.8	261	322.1	299.3	206.7	148.6	221.2	54	37	0	0	78	1950.7
1986	55.5	153	360.6	359.8	223	227.4	64.8	82.8	11.6	38.6	64.6	103.4	1745.1
1987	58	66.2	240.2	383.6	70	281.8	65.6	10.4	9	9.8	34	0	1228.6
1988	182.8	56.2	295.8	408.9	243.5	-	-	0	22.2	15.4	50	-	1274.8
1989	110	57.3	220	318.2	220.9	287.9	304	46	3	19	10	139.9	1736.2
1990	14	144.8	102.4	233.8	191.3	95	92.4	0	12	6	2	4	897.7
1991	12	85.7	419.7	157	265.2	101.5	0	0	0	7	10	0	1058.1
1992	88.8	306.2	129.2	232	2.8	64	0	0	0	0	0	0	823
1993	0	19.5	112.6	76.5	19	109	89	3.5	4.5	18.5	13	14	479.1
1994	164.5	194.4	288.3	262.5	264	245	83.4	0	0	0	0	46	1548.1
1995	45	109.8	93.1	263.5	289.5	128.8	91.3	2.2	0	4	9.5	6	1042.7
1996	196.5	75	364.7	272.9	118.4	67.6	24	71	11	15.6	30	0	1246.7
1997	31	104.8	174.8	75.4	166.2	4	0	0	0	0	48	207	811.2
1998	307.5	95.1	222.5	56.7	35.2	0	0	0	0	0	0	0	717
1999	47.4	40	122.2	121.5	191	66	0	0	15	0	0	55	658.1
2000	263.3	245	285.7	416.5	271.2	168.8	166	201.1	80.2	0	27	25.1	2149.9

Total 2809.3 3644.3 6283.7 5633.9 4574.4 3066.6 1762.5 713.2 370.8 290.4 378.3 1064.6 30592 Σ/2
 Σ/27=Pm 104 135 233 209 169 114 65 26 14 11 14 39 1133 Pa
 R 47 73 184 153 107 54 21 5 1 1 2 9 2717



(ANEXO II)

Ficha de dados de Geologia

nº dos pontos	Coordenadas	Folição	Correção das foliações	Litologia	BHRP	OBS
1	509567.9533303			Gnaissé	FORA	
2	510557.9533863	N80/75SE	170/75	Xisto	11	
3	510480.9533292			Gnaissé	12	
4	510445.9533167			Gnaissé	12	
5	510698.9533715	N95/60SSE	185/60	Xisto	12	
6	510195.9533904			Solo	11	
7	511708.9534529			Solo		
8	509863.9531888	300/46NE	30/46	Xisto	43	
11	514774.9534353	275/70N	5º/70	Xisto	43	
12	507617.9532322	260/SV	350/85 ou 170/85	Gnaissé	43	
13	510464.9532298	260/60N	350/60	Gnaissé	43	
14	510781.9532272	100az/14NE	10º/14	Gnaissé	46	
15	511271.9532185			Solo	42	
16	511617.9531694			Xisto	FORA	
17	511369.9531365	280/SV	10/85 ou 190/85	Quartzito	FORA	
18	511293.9531326				41	
19	513628.9531521	N85/SV	355/85 ou 175/85	Gnaissé	41	
20	515027.9531189	275/46NE	5º/46	Gnaissé	41	
21	514895.9532239	95az/SV	5/85 ou 185/85	Gnaissé	FORA	
22	502779.9534853	235/17SE ; 105/26NE	145/17 e 15/26	Quartzito	40	
23	502981.9534671			Quartzito	FORA	
24	503484.9534901	178/75W	268/75	Quartzito	3	
25	503526.9534770			Quartzito	3	
26	504296.9534003			Quartzito	4	
27	504113.9533777	S1-255/78N; S2-N55/38E	345/78 e 145/38	Xisto	4	
28	511637.9538042	295/55NE	25/55	Xisto	4	
29	511483.9538158	300/60NE	30/60	Xisto	FORA	
30	515392.9538273	280/78NE	10º/78	Gnaissé	FORA	
31	516170.9538364	85/SV	355/85 ou 175/85	Gnaissé	FORA	
32	504247.9535594			Quartzito	28	
33	504257.9535005			Quartzito	FORA	

34	504678.9535145				Gnaissse	5
35	504925.9535510					5
36	504758.9535333	145/10SW ; 174/23W		235/10 e 264/23	Xisto	5
37	511900.9537728				Gnaissse	5
38	511765.9537748	262/SV ; 260/40N/NW		350/40	Gnaissse / gn com biotita	FORA
39	512103.9537759	240/SH ; 300/50NE		30/50		FORA
40	512185.9537827	258/38SE		168/38		FORA
41		280/20NE		10/20	Gnaissse	FORA
42	512345.9537890					
43	512397.9537978	300/SV		30/85 ou 210/80	Gnaissse	FORA
44	515536.9538222					
45	515609.9537825				Gnaissse	25
46	515718.9537744				Solo	FORA
47	515894.9537642	120/15			Gnaissse	30
48	515562.9537489				Solo	30
49	515377.9537313				Solo	31
50	515355.9537138				Granitóide	31
51	515021.9536913	25/25		295/25 ou 115/25	Granitóide	32
52	515740.9538070					32
53	516075.9537609	35/40		305/40 ou 125/40	Gnaissse	32
54	515833.9537328	45/28		315/28 ou 135/28	Gnaissse	FORA
55	515440.9536490	115/10Az ; 45/12Az		25/10 ou 205/10 e 315/12 ou 135/12	Gn. alterado	FORA
56	515650.9536194				Gnaissse	FORA
57					Gn. alterado	33
58	515615.9536374	185/32		185/32	Gnaissse	34/35
59	510553.9534203				Biotita gnaissse	
60	511138.9534365	185/36		185/36	Biotita gnaissse	34
61	511252.9534340	190/38 ; 170/40		190/38 ; 170/40	Biotita gnaissse	FORA
62	511775.9534509	190/58		190/58	Qz.mica xisto.	FORA
63	511942.9534429	185/64 ; 358/53 ; 0/65		185/64 ; 358/53 ; 0/65	Gnaissse	FORA
64	512831.9535451	225/6		225/6	Xisto	16
65	512617.9534364	180/74		180/74	Biot.gn	16
66	513668.9534511				Solo	19

96	511573.9532035	264/82NW		Biot. gnaiss		
97	511620.9531945	170/82N; 268/70NW		Biot. gnaiss		FRATURA N/S
98	511299.9532220	274/68N (SV)		Biot. gnaiss		FRATURA N/S (N3/S)
99	510125.9532803	290/44NE		Xisto		
100	509700.9533008	270/90		Biot. gnaiss		(EW/SV)
101	508678.9532295	EW/74N		Biot. Gnaiss		
102	508748.9532049			Contato		Transição do gnaiss
103	507820.9532177	290/80NNE		Xisto		
104	508134.9532778	270/SV		Biot. gnaiss		
105	508137.9532711			Contato		Xisto/Gnaiss
106	506525.9533505	250/56SE; 255/38 330/28NE Az 90/27 Leste				FLANCO 1 FLANCO 2 EIXO
107	505639.9535251			Gnaiss		
108	504238.9535445	215/52SE 334/69(SV) 250/62 NW		Quartzito		FRATURA 1 FRATURA 2
109	504178.9535334			Quartzito		
110	504360.9534883			Contato		Com o Gnaiss
111	504204.9533941	265/SV		Xisto		

(ANEXO II)

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS E PAVIMENTAÇÃO – UFC

(Ficha de ensaios, utilizado para granulometria por sedimentação)

DATA DE GHEG.		CLIENTE:		AMOSTRA:		
CLASSIFICAÇÃO TÁTIL-VISUAL:				QUANT.:		
UMIDADE NATURAL		GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO			OBRA:	
DATA DO ENSAIO:		DATA DO ENSAIO:				
CÁPSULA		Polegadas	Peso retido	Peso amostra total		
PBH		1,5"				
PBS		1"		Peso amostra parcial		
TARA		3/4"				
ÁGUA		1/2"		SEDIMENTAÇÃO		
SOLO		3/8"		1,2	2 min	
UMIDADE		Nº 4		0,6	4 min	
		Nº 10		0,4	8 min	
		Nº 40		0,3	15min	
		Nº 100		0,15	30min	
		Nº 200		0,075	1 h	
				DENSIDADE REAL		
				P1	P1	
				P2	P2	
				P3	P3	
				P4	P4	
				TEMP.		