



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**“GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO DA ESTIMATIVA DE  
PERDA DE SOLOS POR EROSÃO LAMINAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIO APEÚ (NORDESTE PARAENSE) - AMAZÔNIA ORIENTAL”**

**ADEMIR ALBERTO SOUTO DE JESUS**

**BELÉM  
2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO DA ESTIMATIVA DE  
PERDA DE SOLOS POR EROSÃO LAMINAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIO APEÚ ( NORDESTE PARAENSE) - AMAZÔNIA ORIENTAL**

**ADEMIR ALBERTO SOUTO DE JESUS**

Dissertação apresentada a Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Francisco de Assis Oliveira (UFRA/ICA)

**BELÉM/PA  
2009**

Jesus, Ademir Alberto Souto de

Geoprocessamento aplicado ao mapeamento da estimativa de perda de solos por erosão laminar na bacia hidrográfica do rio Apeú (nordeste paraense) – Amazônia oriental./ Ademir Alberto Souto de Jesus. \_Belém, 2009.

Dissertação (Mestrado em Agronomia com concentração em Solos e Nutrição Mineral de Plantas) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2009.

1. Geoprocessamento 2. Erosão Laminar do Solo 3. Sensorimento Remoto 4. Bacia hidrográfica 5. Sistema de informação Geografica 6. EUPS

**ADEMIR ALBERTO SOUTO DE JESUS**

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO DA ESTIMATIVA DE  
PERDA DE SOLOS POR EROSÃO LAMINAR NA MICROBACIA DO RIO APEÚ  
– AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal Rural da  
Amazônia, como parte das exigências  
do Curso de Mestrado em Agronomia,  
área de concentração Solos e Nutrição  
Mineral de Plantas para obtenção do  
título de **Mestre**.

Aprovada em:            de            de 2009

Banca Examinadora:

---

Francisco de Assis Oliveira (UFRA/ICA)  
Orientador

---

Mário Ivan Cardoso de Lima (IBGE)  
1ª Examinadora

---

Paulo Roberto da Silva Farias - UFRA  
2º Examinador

---

Rodrigo Otávio Rodrigues de Melo Souza - UFRA  
3º Examinador

“Não herdamos esta terra de nossos pais, foi um empréstimo que fizemos a nossos filhos”

Autor anônimo.

Dedico esta dissertação aos meus pais Antenor e Pautília (in memoriam), minha esposa Regina e aos meus filhos Cauã Ricardo e Udo Bernardo.

## AGRADECIMENTOS

A Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE pela oportunidade da licença concedida para cursar o referido curso e pelo material disponibilizado.

A Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, pela aceitação no referido curso;

Ao meu orientador Prof. Dr. Francisco de Oliveira, não só pela orientação mais por todo o convívio, amizade e apoio, sem o qual não estaria aqui. .

À Coordenadora do curso de mestrado em Agronomia Herdjanía Veras de Lima e a secretária Gracy Monteiro pelo apoio prestado durante o curso;

À Centro Técnico Operacional de Belém da Comissão do Sistema de Proteção da Amazônia – CESSIPAM pelo material disponibilizado.

Aos gerentes do IBGE, Antonio Biffi, Pedro Edson e Mário Ivan por todo apoio e por confiarem no meu potencial.

Aos colegas agrônomos do IBGE, Roberto das Chagas Silva e Thelmo Dariva por todo o apoio e material disponibilizado.

Aos colegas Rui Chaves, Severino e Bené pelo apoio em campo.

Aos colegas Cabral, Bonifácio e Mourão pelo material disponibilizado.

A querida professora Maria de Nazaré Maciel por todo o apoio concedido.

Ao colega Eng. Agrônomo Raimundo Nonato, Gerente Administrativo da Fazenda Experimental da UFRA em Castanhal, pelo total apoio durante as visitas de campo no decorrer deste trabalho.

Ao Guilherme da EMBRAPA, pelo material fornecido.

Aos Professores Toninho, Hilton, Norberto Noronha e André Piedade Gama pelo apoio e incentivo durante o curso;

A todos os funcionários das bibliotecas da UFRA, EMBRAPA, UFPA, SUDAM e MPEG pela atenção no atendimento.

A toda minha família pelos momentos que estive ausente no decorrer de todo o curso, em especial a Regina e aos meus filhos Udo e Cauã.

Aos meus colegas de cursos: Diocléia, Paulo Alfama, Elaine, Neilo, Sávía, Sabrina, Clévea e outros.

Aos meus queridos irmãos, Antenor, Wanderley, Waldiney e Wanderléa pelo auxílio nos momentos difíceis.

A eterna professora Maria Marly de Lourdes Silva por todo o apoio.

Aos demais colegas de mestrado da turma de 2006 e 2007 pelo companheirismo e incentivo durante o curso;

Aos membros da banca examinadora pela contribuição para a finalização deste trabalho;

A todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.



## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	iii
LISTA DE FIGURAS .....	iv
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....	vi
RESUMO .....	2
ABSTRACT .....	3
1 - INTRODUÇÃO .....	4
2 - REVISÃO DA LITERATURA .....	7
2.1 - Erosão .....	7
2.1.1 – Importância histórica .....	7
2.1.2 - Pesquisa em erosão do solo no Brasil .....	8
2.1.3 - Mecanismos da erosão .....	9
2.1.4 – Principais fatores que influem na erosão.....	10
2.1.5 - Equação universal de perda de solos.....	11
2.1.5.1 - Fator topográfico (LS) .....	12
2.1.5.1.1 - Shuttle Radar Topography Mission .....	13
2.1.5.1.2 - Interpolação de dados topográficos.....	14
2.1.5.2 - Erodibilidade dos solos (fator K) .....	15
2.1.5.3 - Erosividade (fator R).....	17
2.1.5.4 – Fator uso e manejo e práticas conservacionistas (CP) .....	18
2.2. - Bacia hidrográfica.....	18
2.2.1 – Bacia Hidrográfica como unidade geográfica de planejamento ambiental .....	18
2.2.2 – Análise morfométrica.....	20
2.2.3- Hierarquia Fluvial .....	23
2.2.4 – Rede de drenagens .....	25
2.3 – Geoprocessamento .....	26
2.3.1 - Sensoriamento Remoto .....	27
2.3.1.1 - Pré-processamento de imagens.....	30
2.3.1.2 - Processamento Digital de Imagens Orbitais .....	31
2.3.2 - Sistema de Informação Geográfica (SIG).....	31
3 – MÉTODOS E ÁREA DE ESTUDO .....	33

3.1 - Caracterização geral da área .....	33
3.1.1 – Localização e limites .....	33
3.1.2 – Hidrografia .....	34
3.1.3 – Geologia .....	36
3.1.4 - Geomorfologia .....	39
3.1.5 – Vegetação .....	43
3.2 – Erosividade.....	46
3.3 - Erodibilidade.....	49
3.4 – Fator topográfico (LS).....	51
3.5 – Fator de uso e práticas conservacionistas (CP).....	53
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	56
4.1 – Analise morfométrica.....	56
4.1.1 - Densidade de Drenagens (Dd) .....	56
4.1.2 – Índices de circularidade (Ic), compacidade (Kc) e fator de forma (F). .....	57
4.1.3 – Índices relativos ao comprimento e número de canais. ....	60
4.2 – Fator erodibilidade (K).....	61
4.3 – Erosividade (R) .....	66
4.4 – Fator Topográfico (LS).....	70
4.4 – Fator uso e manejo e práticas conservacionistas (CP) .....	74
4.5 – Estimativa de de perdas de solos (EPS) e Potencial Natural de Erosão (PNE). ....	80
5 – CONCLUSÕES .....	<b>87</b>
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	<b>88</b>
ANEXOS.....	<b>100</b>

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Distribuição dos principais afluentes rio Apeú (Fonte: SANTOS, 2001). .....	36
Tabela 2- Coluna Estratigráfica da Região de Castanhal - Fonte : Fonte: Souza Junior et al.(1992), Apud Bandeira (2008). .....	37
Tabela 3 - Estações Pluviométricas (ANA, 2009). .....	48
Tabela 4 - Fator erodibilidade do solo ( k), para diferentes classes texturais e % MO do solo (Fonte: MITCHELL e BUBENZER, 1980). .....	50
Tabela 5 - Principais propriedades morfométricas das bacias de drenagem (Fonte: adaptado de SUMMERFIELD, 1991 e CHRISTOFOLETTI, 1986, apud LIMA 2006). .....	55
Tabela 6 - Índices morfométricos calculados para a BHRA. ....	58
Tabela 7 - índices morfométricos relacionados ao número e comprimento dos canais. ....	61
Tabela 8 - Quantificação das classes de declividade da BHRA, .....	72
Tabela 9 - Quantificação das classes do fator topográfico (LS) para a BHRA. ....	72
Tabela 10 - Quantificação das classes de uso e manejo, presentes na BHRA. ....	74
Tabela 11 - Fator de uso ponderado pela área das classe de uso e manejo presentes na BHRA . .....	76
Tabela 12 - Resultado de classe de uso e manejo para a BHRA, ano 2003 (Fonte: Santos 2006) .....	77
Tabela 13 - Classes de uso e manejo definidas por Valente (Fonte : modificado de Valente2001a, 2001b e 2001c). .....	79
Tabela 14 - Estimativa de erosão do solo na BHRA. ....	80
Tabela 15 - Quantificação do PNE na BHRA. ....	85

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Segmento do espacial do SRTM, Mostrando os componentes principais do sistema SAR com as bandas X e C. TX - Transmissão e RX – Recepção. (fonte: Rabus et al, 2003)..	13
Figura 2 - Fluxo de tratamento dos dados SRTM para a elaboração do MDE (Valeriano, 2004).....	14
Figura 5 – Padrões de drenagens básicos. Fonte: modificado de Howard, Apud Lima (1995). .....	24
Figura 3 - Esquema de trocas de matéria e energia entre uma bacia hidrografica e seu ambiente.....	19
Figura 4 - Esquema de classificação da ordem de canais: a) Strahler e b) Horton. Fonte: Christofoleti (1990).....	23
Figura 5– Padrões de drenagens básicos. Fonte: modificado de Howard, Apud Lima (1995).	24
Figura 6 - Origem de energia ou iluminação (A); radiação e a atmosfera (B); interação com o alvo (C); gravação da energia pelo sensor (D); Transmissão, Recepção, e Processamento (E); Interpretação e Análise (F); Aplicação. Fonte: CCRS/CCT (2005).....	27
Figura 7- Padrão de resposta espectral dos principais alvos da superfície terrestre. Fonte: Modificado de Lillesand & Kiefer (1986), apud Crepani et al. (2001).....	28
Figura 8 – Localização da bacia hidrográfica do rio Apeú.....	32
Figura 9 - Principais rios da BHRA.....	33
Figura 10 - Alinhamentos do relevo, evidenciando as principais direções de escarpas de linha de falha com angularidade predominante de N20°-40°W, N30°-50°E e N60°-70°E, formando poliedros com ângulos de 60° e de 90° (BANDEIRAS, 2008).....	34
Figura 11 - Classes de geologia da BHRA (IBGE, 2003).....	37
Figura 12 - Classes de geomorfologia geradas a partir de imagens SRTM, imagens Landsat 5 (TM) e fotografias aéreas em preto e branco na escala 1:70000 (BANDEIRA, 2008).....	39
Figura 13 - (A) Curva calculada mostrando a resistividade aparente e a <i>profundidade em metro</i> ; (B) <i>Interpretação da Sondagem Elétrica Vertical N°6</i> – sondagem localizada próximo a nascente do rio areal (BANDEIRA,2008).....	42
Figura 15 - Imagens de sensores remotos da BHRA: A) TM Landsat de 13072008, composição 5R 4G 3B; B) SAR-SIVAM; SAR-SIVAM polarização HH, HV, VH e VV; C) Fusão SAR-SIVAM polarização HH, HV, VH e VV (2007) + Landasat de 13072008, composição 5R 4G 3B; D) Imagens google earth.....	45
Figura 16 - Localização de estações pluviométricas (fonte:ANA).....	46

Figura 17 - Erros do DEM SRTM, com influência na forma do canal de drenagem, devido a diferença altimétrica entre a de floresta e/ou área alterada ou pastagem (imagem ETM, Landsat).....	51
Figura 18 - Fluxograma da obtenção da estimativa de perda de solos na BHRA.....	52
Figura 19 - Enchente ocorrida na vila do Apeú em 22/04/2007 (Fonte: Assad).....	58
Figura 20 - Classificação da ordem dos canais de drenagens da BHRA.....	59
Figura 21 - Classes de unidades de mapeamento dos solos da BHRA.....	62
Figura 22 - Classes de níveis de erodibilidade dos solos da BHRA.....	64
Figura 23 - Índices pluviométricos das estações de Santa Izabel do Pará, Castanhal e Bujarú para a série histórica de 1973 a 2007.....	66
Figura 24 - Médias mensais da pluviosidade da série histórica de 1973 a 2007 para a BHRA (Fonte: ANA).....	67
Figura 25 - Médias mensais do índice EI30 da série histórica de 1973 a 2007 para a BHRA.....	67
Figura 26 - Índices de erosividade para aBHRA.....	68
Figura 27 - Classes de declividade da BHRA.....	70
Figura 28 - Distribuição das classes do fator LS na BHRA.....	72
Figura 29 - Classes de uso e manejo presentes na BHRA.....	74
Figura 30 - Área alterada por exploração mineral sobre solo Espodossolo Ferrocárbico.....	75
Figura 31 - Área de pastagem com presença de invasoras, as proximidades do Igarapé Janjão.....	77
Figura 32 - Estimativa de perda de solos (PNE) por erosão laminar na BHRA.....	80
Figura 33 - Situação de assoreamento do rio Apeú à 3 km da nascente em época de maior cheia (março). Neste trecho, os sedimentos advindos de área de pastagem próxima, estão causando o "estrangulamento" do prolongamento do rio a seu curso normal.....	82
Figura 34 - Classes do Potencial Natural de Erosão (PNE) da BHRA.....	83

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
ANA - Agência Nacional das Águas  
SRTM - Shuttle Radar Topography Mission  
EPS – Estimativa de Perdas de Solo  
BHRA - Bacia Hidrográfica do Rio Apeú  
CONAMA - Conselho Nacional do MEIO AMBIENTE  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.  
P - Pastagem  
FSa - Floresta sucessional avançada  
FSit - Floresta sucessional intermediária  
FODatb - Floresta ombrófila densa aluvial e de terras baixas  
FSin - Floresta sucessional inicial  
Au - Área de influência urbana  
AGct+AGcp - Agroecossistemas de Cultura temporária + Cultura Permanente  
AGct - Agroecossistema de Cultura temporária  
AGcp - Agroecossistema Cultura permanente  
AAem - Áreas alteradas com extração mineral  
EFPin - Ecossistema de Floresta Plantado em estágio inicial  
AA-v - Áreas alteradas sem componente vegetal  
EFPit - Silvicultura em estágio intermediário  
EFPa - Silvicultura em estágio avançado  
RADAM – Radar da Amazônia  
EUPS - Equação Universal de Perdas de Solo  
FAO - Food and Agriculture Organization (United Nations)  
MDE - Modelo Digital de Elevação

## RESUMO

JESUS, Ademir Alberto Souto de. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento da estimativa de perda de solos por erosão laminar na bacia hidrográfica do rio Apeú (nordeste paraense) – Amazônia oriental

O uso indiscriminado do solo sem qualquer prática de manejo, contribui para a degradação das bacias hidrográficas, e de seus recursos naturais. Elevadas perdas de solos são verificadas em bacias hidrográficas de distintas ordens. A bacia hidrográfica do rio Apeú (BHRA) vem apresentando problemas de assoreamento em seus recursos hídricos provenientes de processos erosivos, ocasionados principalmente pela interação de altos índices pluviométricos com a fragilidade de seus solos, e como consequência do desmatamento da floresta ombrófila para implementação e expansão de pastagens e agroecossistemas sem nenhum manejo adequado.

A utilização da equação universal de perdas de solos, aliada ao uso de Sistemas de Informações Geográficas-SIG e Sensoriamento Remoto possibilitou quantificar as perdas de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Apeú - BHRA. Os valores de estimativa de perdas de solos para a BHRA variaram de 0 a  $1.850 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ , totalizando em toda a bacia perdas em torno de 3.087.244 de toneladas, com um valor anual médio de  $8,67 \text{ t.ha}^{-1}$ .

Palavras-chave: erosão, EUPS, geoprocessamento, sistemas de informações geográficas - SIG, sensoriamento remoto, bacia hidrográfica.

## ABSTRACT

JESUS, Ademir Alberto Souto de. Geoprocessing mapping applied to the estimation of soil loss by extensive erosion in the catchment of the river Apeú (State of Pará)- eastern Amazon.

The indiscriminate use of soil without any practice of management, contributes to the degradation of watersheds, and its natural resources. High soil losses are recorded in basins of different orders. The river basin Apeú (BHRA) comes carrying problems of sedimentation in water resources from erosion, mainly caused by the interaction of rainfall with the fragility of its soils, and as a result of deforestation of tropical forest for implementation and expansion of grassland and agricultural ecosystems without adequate management.

The use of the universal equation of soils loss, united with the use of Geographic Information Systems-GIS and Remote Sensing, allowed to quantify the losses of soil in the catchment of the river Apeú - BHRA. The values of estimated losses of land for BHRA, had values ranging from 0 to 1850 t ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>.ano totalizing in every basin losses around 3.087.244 of tons, with an average annual value of 8,67 t.ha-1.

Keywords: erosion, USLE, Geoprocessing, geographic information systems, remote sensing, watershed.



## 1 - INTRODUÇÃO

A erosão teve sua origem no termo em latim “erodere”, verbo que quer dizer escavar e/ou roer (FAO, 2008; ZACHAR, 1992). Este termo verbal, inicialmente empregado pela geologia, influenciou a visão negativa que muitos escritores têm a respeito da erosão. No entanto, vista de uma maneira mais abrangente a erosão pode ser vista como um componente resultante do processo natural do ciclo sedimentar da terra, que é responsável pela formação dos solos e amplas áreas férteis de planícies inundáveis existentes no planeta.

O balanço da perda de solos, ocasionando sua degradação, vem se agravando na maioria dos casos por caráter antrópico em função da constante, acelerada e intensiva exploração dos Recursos Naturais do ecossistema em que está inserido, quase sempre sem a aplicação de um manejo e uso adequado. O problema agrava-se com a pressão populacional do planeta pela demanda por mais recursos, e necessidade crescente de geração de alimentos e maior produtividade dos agroecossistemas. Entretanto, apesar do avanço tecnológico na área de produção de alimentos e engenharia genética, a necessidade de expansão por novas fronteiras agrícolas, ainda é preocupante, haja vista os índices de desmatamentos ocorrentes na Amazônia Brasileira.

Segundo a FAO (2008), não existe conhecimento suficiente sobre a relação de perda de produtividade em diferentes tipos de solos ocasionados pela erosão. No entanto, a preocupação com a correlação da queda de produtividade das culturas com a insustentável perda de solos, em função do balanço entre a entrada (input) de sedimentos provenientes do intemperismo das rochas e a saída (output) de sedimentos pelo sistema<sup>1</sup> solos, vem chamando a atenção de inúmeros pesquisadores.

De todos os métodos utilizados para quantificar a perda de solos de uma área utilizada para fins agrícolas o modelo da Equação Universal de Perdas de Solos é a mais utilizada em todo o mundo, seja pela praticidade de uso ou pela sua eficiência e aplicabilidade.

Vários estudos de estimativa da quantificação de perdas de solos utilizando a Equação Universal de perda de solos (EUPS) com auxílio das ferramentas de geoprocessamento e

---

<sup>1</sup> Sistema é aqui entendido como o descrito em duas definições do dicionário Aurélio: “Conjunto de elementos, materiais ou ideais, entre os quais se possa encontrar ou definir alguma relação”. “Disposição das partes ou dos elementos de um todo, coordenados entre si, e que funcionam como estrutura organizada”.

sensoriamento remoto vêm sendo aplicados em bacias e sub-bacias hidrográficas em várias escalas cartográficas em diferentes regiões geográficas do mundo.

No Brasil, em função do progresso da legislação ambiental tendo como contexto bacias hidrográficas, do aparelhamento tecnológico de organizações diversas, e do avanço tecnológico de instituições como INPE, CCSIVAM e NASA na disponibilização de imagens de sensores remotos ao público em geral, o uso de geotecnologias aplicadas no monitoramento de problemas ambientais de variada natureza vem crescendo, de modo a aumentar a disponibilidade de informações secundárias e favorecer a criação de metodologias de análise aplicáveis e adaptáveis ao gerenciamento ambiental de bacias hidrográficas.

Entretanto, a maioria dos estudos em erosão do solo são pontuais e representam uma pequena parcela da área total de uma bacia hidrográfica. Nesse sentido, o uso tecnológico das ferramentas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto surgem para testar, expandir e facilitar os estudos de análise de modelagem de processos erosivos aplicáveis em grandes extensões de superfície de área, possibilitando análises multitemporais e maior rapidez de resposta na dinâmica dos resultados.

Devido à necessidade de respostas rápidas aos diagnósticos de problemas ambientais a custos menos onerosos, ao grau de complexidade e número de interações nas relações ambientais existentes em uma bacia hidrográfica e a dificuldade de aplicação de modelos que se aproximem da realidade de sua dinâmica ambiental, a utilização de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto vêm se tornando cada vez mais imprescindíveis as demandas ambientais atuais.

A criação da rodovia BR-360 e extinção da estrada de ferro Belém-Bragança, modificaram a dinâmica da paisagem e uso da bacia hidrográfica do Rio Apeú com a diminuição do número de pequenos agricultores e a inserção de grandes fazendas e empresas agropecuárias (Santos, 2004).

Tendo toda sua área contida na mesorregião metropolitana de Belém, a bacia hidrográfica do rio Apeú vem sofrendo, ao longo do tempo, severa pressão antrópica aos seus recursos naturais. Essa pressão gera problemas ambientais decorrentes de processos erosivos, ocasionados principalmente pela interação de altos índices pluviométricos com a fragilidade de seus solos, e como consequência do desmatamento da floresta ombrófila para implementação e expansão de pastagens e agroecossistemas sem manejo adequado.

Os recursos Hídricos desta bacia está sofrendo um severo processo de assoreamento, que por sua vez diminui a navegabilidade do rio principal e favorece a potencial ocorrência de eventos de enchentes.

Considerando a situação ambiental que impera na bacia hidrográfica do rio Apeú, cabe-nos a pergunta: A que nível de perda de solos por erosão laminar encontra-se esta bacia?

Com o objetivo de responder a este questionamento, acreditamos na hipótese de que a Bacia Hidrográfica do Rio Apeú (BHRA) esteja em uma situação predominante de média a elevada perda de solos por erosão laminar.

## 2 - REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 - Erosão

#### 2.1.1 – Importância histórica

A preocupação do homem com as possíveis causas da erosão remonta ao período antigo (4.000 anos a.C até 476 anos d.C). Aproximadamente no ano de 400 anos a.C na antiga Grécia, Platão já lamentava conseqüências da erosão ocasionada pelo desmatamento de florestas nas colinas de Ática para exploração de lenha e excessiva formação de pastagens (MCORMICK, 1992 apud BURSZTYN, M.e PERSEGONA, 2008).

Existem relatos em literatura que demonstram a contribuição da erosão como causa histórica do fim e/ou declínio de grandes civilizações antigas. Na idade média, o crescimento populacional da civilização Maia, aliado ao ineficaz controle da erosão do solo foram às principais causas do colapso das Cidades-Estados da América Central no século X (MCORMICK, 1992; GROVE, 1995 apud BURSZTYN, M. E PERSEGONA, 2008).

Atualmente, apesar da posição da China no cenário econômico mundial (em termos de qualidade ambiental é díspar) – Diamond, Raposo e Maia (2007), consideram este país como um dos mais prejudicados pelos processos erosivos, onde cerca de 19% de sua área territorial afetada pela erosão é responsável por perdas de 5 bilhões de toneladas de solos por ano, que contribuem para que o rio Yang Tsé no planalto de Loess possua uma descarga de sedimentos provenientes da erosão dos solos maior que a dos rios Amazonas e Nilo juntos.

No contexto brasileiro (BELLINAZZI et al. 1981, apud BERTOLINI e LOMBARDI NETO, 1993) estimou que cerca de 80% das áreas agrícolas do Estado de São Paulo foram classificadas com perdas acima do limite de tolerância dos seus solos, sendo que do total de 149.000.000 de ton./ano de terras perdidas, aproximadamente 48.000.000 ton./ano de sedimentos são lançados aos mananciais, causando assoreamentos que comprometem a qualidade das águas.

No Estado do Paraná a redução da floresta nativa (menos que 5%) aliado a crescente

expansão das culturas anuais mecanizadas na década de 1970 e posterior intensificação da rotação sazonal do plantio de soja e trigo acarretaram uma perda de 20 t/ha (Kronem, 1990), causando prejuízos econômicos de US\$ 250 milhões com a perda de nutrientes (Sorrenson e Montoya, 1989; apud Kronem, 1990).

Na Amazônia, Lal (1977) apud Babosa e Fearnside (2000), afirmam que a falta de dados sobre quantificação de erosão do solo na região, é quase plenamente responsável pela exclusão deste tema nas discussões de planejamento de políticas públicas para a região.

Fearnside (2000) e Ackermann (1966) alertam para a ameaça potencial de erosão do solo na Rodovia Transamazônica e Região Bragantina no Estado do Pará, respectivamente.

Cabe-nos lembrar que o efeito da degradação do solo pela erosão não se limita a impactar somente áreas de cultivos, mais também causa assoreamento, contaminação e eutrofização de corpos hídricos (mananciais, rios e reservatórios d'água), tendo como conseqüências alterações no regime hídrico (causando ora enchentes, ora escassez de água) e redução das diversas finalidades de uso humano e animal.

### 2.1.2 - Pesquisa em erosão do solo no Brasil

Resultados de pesquisa realizada por Barreto (2007) sobre publicações concluídas pela comunidade científica nacional, sobre o tema erosão do solo, demonstra que apesar do crescimento nos últimos anos do número de pesquisas publicadas, e no crescimento de pesquisadores e instituições envolvidas, a atuação dos brasileiros nesta área do conhecimento ainda é considerada aquém da desejada, principalmente quando se considera as dimensões geográficas do Brasil.

No Brasil a quantificação de perda de solos através do uso de geotecnologias teve trabalhos precursores como de Pinto (1982), Castro (1992), Scopel et al. (1993) e mais recentes como os de Valentin (2008), Oliveira, Pinto e Lombardi Neto (2007), Farinasso et al. (2006), Prado e Nóbrega (2005).

Barreto (2007) enfatiza a concentração dos estudos sobre erosão do solo nas instituições de pesquisa e ensino das regiões sul e sudeste do país, com grande aplicação da

equação nacional de perda de solos e uso de séries históricas de estações meteorológicas para estimativa do fator R. Para a região norte, a produção científica sobre erosão do solo é quase inexistente (op.cit.).

Na Amazônia brasileira, poucos trabalhos sobre erosão foram desenvolvidos com uso do SIG, dentre esses podemos se destacar os de LU et al. (2004) e Fernandes (2008), ambos no Estado de Rondônia.

Com aplicação do método direto, foram feitas quantificações de perdas de solos por Lopes, Rodrigues e Oliveira Junior (1999) no Município de Tomé-Açu-Pa, e por Barbosa e Fearnside (2000) no Estado de Roraima. Avaliação da erosão baseadas em mudanças de nível da superfície do solo com aplicação de estacas, foram concluídas por Fearnside (1980) em área de colonização agrícola na Rodovia Transamazônica e por Santos (2006) em seis pontos isolados na bacia hidrográfica do rio Apeú.

Barbosa e Fearnside (2000) citam os Estudos de Fearnside et. al. (1986); Fearnside (1989); Nortcliffe et. al. (1989), Ross et. al. (1990), Ross (1992) como exemplos de estudos sobre quantificação de perdas de sedimentos em diferentes ecossistemas e condições edafoclimáticas na Amazônia Brasileira.

Porém, a maioria desses estudos podem ser considerados pontuais, haja vista que a área da superfície topográfica utilizada para quantificar as perdas de solos são parcelas experimentais com pequenas extensões de área. Neste contexto, o uso do geoprocessamento, vem complementar estes trabalhos, essencialmente possibilitando a expansão da estimativa da erosão em áreas maiores e com delimitação geográfica irregular, como por exemplo, bacias hidrográficas com várias ordens de magnitude.

Considerando a problemática ambiental existente, a pobreza dos solos, os altos índices pluviométricos e grande dimensão territorial do Estado do Pará é evidente a necessidade de maior investimento em pesquisa em erosão do solo na região.

### 2.1.3 - Mecanismos da erosão

Existem vários tipos de erosão, a saber: erosão hídrica, erosão eólica, erosão glacial e erosão química. Dentre todas essas formas de erosão a erosão hídrica é a que causa mais prejuízos aos sistemas agrícolas.

Dentre os principais agentes atuantes nos processos erosivos (água, vento, temperatura e agentes biológicos) a água é o que mais contribui para os efeitos da erosão (VIEIRA ET. AL., 1996).

Segundo Vieira (1985) e Vieira et. al. (1996) o impacto da gota da chuva no solo é o principal desagregador das partículas do solo. O processo de erosão hídrica é desencadeado pelo impacto da gota da chuva no solo, que pode desestruturar os agregados úmidos e formar uma crosta superficial, responsável pela diminuição da água infiltrada e aumento da água que escorre pela superfície do solo, carreando solo e nutrientes pela vertente da bacia hidrográfica, até atingir um corpo hídrico e seguir em direção a foz.

#### 2.1.4 – Principais fatores que influem na erosão

Os principais fatores que influenciam a erosão podem ser divididos em forças ativas (relevo, poder de infiltração do solo - chuva) e ou passivas (cobertura vegetal do solo e poder de resistência do solo contra a ação da água).

O relevo influencia pelo comprimento e declividade da vertente. O tamanho e quantidade de partículas que percorrem a superfície do solo levados pela água, é tanto maior, quanto mais elevados a declividade e comprimento de rampa do terreno.

Qualquer componente vegetal que recobre a superfície do solo funciona como uma camada protetora contra o impacto direto das gotas das chuvas sobre o solo e ainda favorece a maior retenção de água pelo solo.

O processo de entrada de água no solo, penetrando por seus horizontes é chamado de infiltração. A textura do solo, em função da quantidade de macro e microporos interferem na infiltração do solo. Geralmente solos arenosos, por conter maior quantidade de macroporos tende a permitir maior infiltração da água no solo. Outros fatores como teor de matéria orgânica e grau de agregação das partículas do solo, influenciam a infiltração.

Quanto à atuação da chuva no poder de causar erosão ao solo, três parâmetros são considerados fundamentais, são eles a frequência (quantidade de ocorrências de chuvas por período de tempo), a intensidade (quantidade de chuva por período de tempo) e duração (o tempo de ocorrência das chuvas. Destes três parâmetros, a intensidade das chuvas é o mais

importante, haja vista, que quanto maior a relação da quantidade de chuvas precipitada por período de tempo, tanto maior é o seu poder erosivo. Considerando esses parâmetros é que as chuvas podem ser classificadas em erosivas e não erosivas.

O poder de resistência que o solo possui em não se deixar erodir é baseado em suas características químicas, físicas e biológicas. Características de estrutura, textura, teor de matéria orgânica, quantidade de colóides com poder de causar cimentação, grau de intemperização, teor de cátions e profundidade do perfil, são alguns dos fatores que diferenciam os solos na condição de resistir à erosão.

### 2.1.5 - Equação universal de perda de solos

Estudos científicos sobre erosão só tiveram início no século 20 na Alemanha e 40 anos mais tarde nos Estados Unidos. Os Estados Unidos foi o primeiro país a formar um banco de dados de 20 anos de experiências com erosão, que culminou com a geração da Equação Universal de Perdas de Solos - EUPS<sup>2</sup> (FAO, 2008).

Para estudar a erosão de solos se dispõe de vários métodos, alguns diretos com coletas feitas em campo e outros indiretos, baseados em modelagens matemáticas. Dentre os modelos mais utilizados para estimar as perdas de solo, encontra-se a Equação Universal de Perda de Solo – EUPS (WISCHMEIER & SMITH, 1978), a qual exprime a ação dos principais fatores que sabidamente influenciam as perdas de solo pela erosão hídrica, tratando o assunto de modo mais dinâmico, por superar parcialmente restrições climáticas e geográficas e ter aplicação generalizada (Silva et. al., 2003).

A Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) foi proposta por Wischmeier & Smith (1978), sendo representada pela seguinte equação:

$A = R.K.L.S.C.P$ , onde:

$A$  = Perda de solos ( $t\ ha^{-1}$ )

$R$  = fator erosividade da chuva ( $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ )

$K$  = fator erodibilidade do solo ( $t\ h\ MJ^{-1}\ H^1$ )

---

<sup>2</sup> Proveniente do termo em inglês “Universal Soil Loss Equation”.



L = fator comprimento de rampa

S = fator grau de declive

C = fator uso e manejo

P = fator prática conservacionista

Vários estudos de erosão do solo (VALÉRIO FILHO, 1994; apud SILVA et al. 2005; OLIVEIRA, PINTO E LOMBARDI, 2007; ARAÚJO, 2006; FUJIHARA, 2002; CAVALIERI, et al. 1996) adotaram a idéia de decomposição dos fatores que compõem a EUPS em fatores naturais e antrópicos. Os fatores de erodibilidade (K), erosividade (R), comprimento de rampa (L) e grau de declive (S) foram agrupados na mesma forma multiplicativa da equação original, dando origem ao termo Potencial Natural de Erosão (PNE). Farinasso et al.(2007) adotou a denominação de Erosão Potencial (EP) para o PNE.

O PNE é descrito por Valério Filho (1994), apud Silva et al.(2005), como sendo a estimativa de perda de solos referente somente as características dos eventos físicos, ou seja, considera-se o solo como sem nenhum fator atenuante de componente vegetal na sua matriz sistêmica.

#### 2.1.5.1 - Fator topográfico (LS)

O fator comprimento de rampa (L) tem grande importância na perda de solo, uma vez que para a mesma declividade, quanto maior for a sua extensão maior será a velocidade do escoamento. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), o grau de declividade está diretamente relacionado ao volume e velocidade das enxurradas.

Com vista a facilitar a aplicação da EUPS, a maioria dos autores que trabalham com esse método, recomendam a utilização dos fatores L e S associados. Bertoni, apud Baptista (1997) estabeleceu a integralização dos fatores L e S em uma equação desenvolvida para a cidade de Campinas, que vem sendo aplicada em todo o Brasil.

$LS = 0.00984.l^{0,63} .s^{1,18}$  onde:

l = comprimento de rampa (m);

s = declividade (%).

### 2.1.5.1.1 - Shuttle Radar Topography Mission

A missão SRTM ocorreu entre os dias 11 e 22 de fevereiro de 2000, com dois pares de antenas operando nas bandas X e C, gerando dados de radar de cerca de 80% de todo o globo (RABUS et al., 2003), (ROTH, 2002). A missão foi realizada com a parceria internacional entre a Americana National Aeronautic and Space Administration (NASA), o Centro Aeroespacial Alemão – (DLR) e a Agência Espacial italiana (ASI), (RABUS et al., 2002).

Na missão SRTM foi utilizado duas antenas de radares (duas na banda X e duas na banda C), sendo para cada banda, uma antena par emissão e outra para recepção, operadas

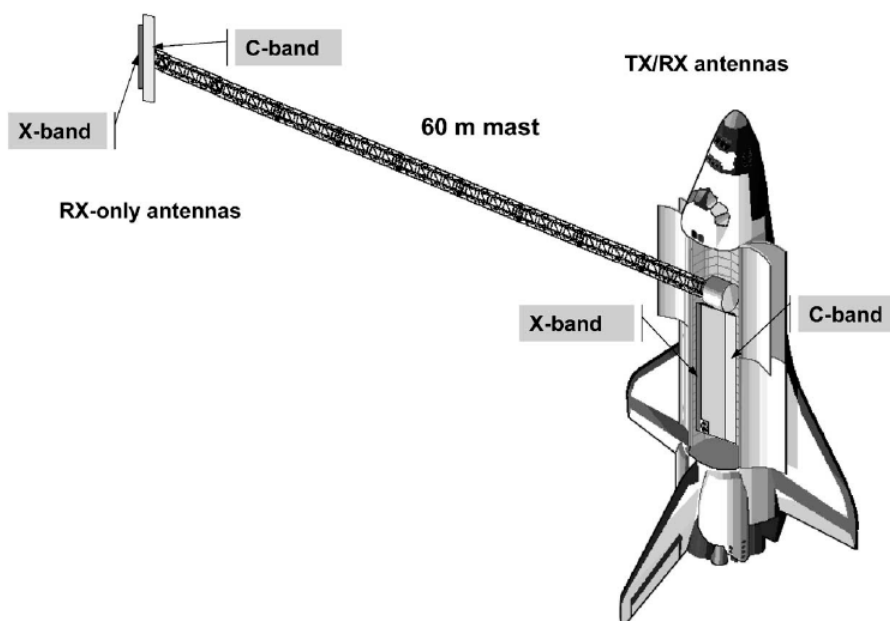


Figura 1 - Segmento do espacial do SRTM, Mostrando os componentes principais do sistema SAR com as bandas X e C. TX - Transmissão e RX – Recepção. (RABUS et al. 2003).

em paralelos e separadas por um mastro de 60 metros de extensão, a fim de dar suporte à interferometria (Figura 1).

### 2.1.5.1.2 - Interpolação de dados topográficos

Segundo Valeriano (2002b); Castro e Viadana (2002) o relevo representado por Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado pelo uso da geostatística através da técnica de interpolação por krigagem não perde suas características do terreno. Mesmo quando aplicado em pequena bacia hidrográfica localizadas em terrenos planos da planície amazônica, o MDE gerado pela interpolação por krigagem com o modelo de semivariograma de Gauss, através de dados SRTM, mesmo sendo suavizado, foi capaz de manter as principais características utilizáveis na morfometria de canais de drenagem (Valeriano, 2006).

Valeriano (2002) destaca que a interpolação por krigagem aplicados a dados de altitude da SRTM, além da resolução melhorada (~30m) é capaz de criar MDE modificados, onde as características indesejáveis são minimizadas através da remoção das falhas, redução de artefatos e distribuição da aleatoriedade.

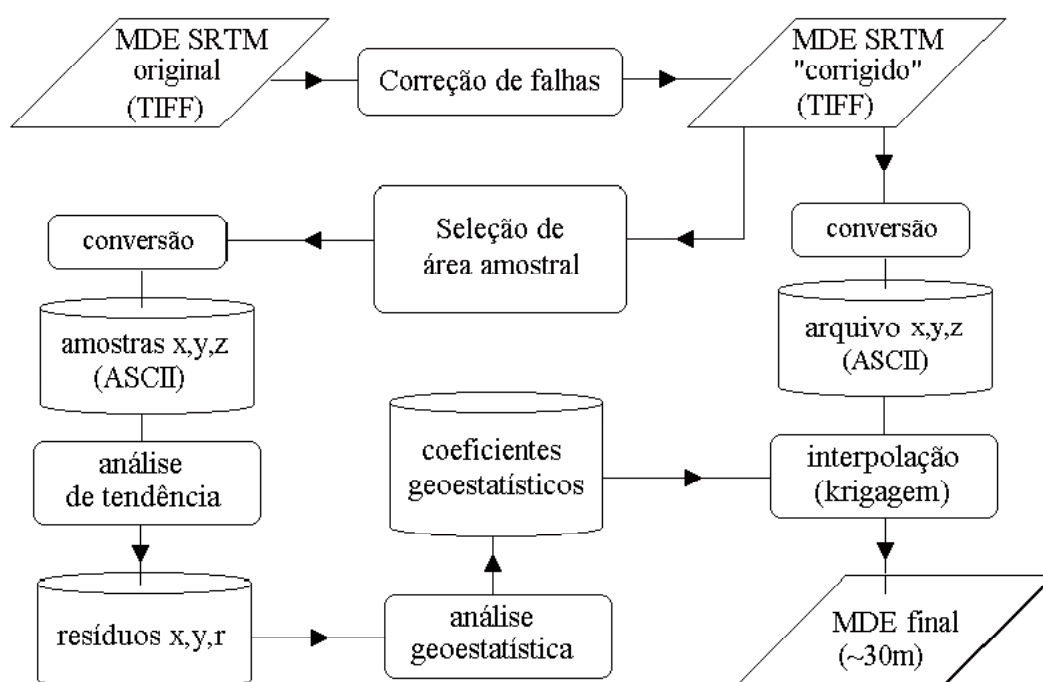


Figura 2 - Fluxo de tratamento dos dados SRTM para a elaboração do MDE (Valeriano, 2004).

Precisão dos dados SRTM.

Rodríguez et al. (2005) descreve detalhadamente todos os possíveis erros que integram todo o sistema de modelagem dos dados SRTM, de dentre eles cita:

Em geral, Segundo Rodrigues (2005) a precisão dos dados SRTM para 90% de certeza apresentam a seguinte configuração:

1. Erro absoluto da altura linear vertical menor que 16 m;
2. Erro relativo da altura linear vertical menor que 10 m;
3. Erro circular absoluto de geolocalização menor que 20 m;
4. Erro circular relativo de geolocalização menor que 15 m.

No entanto, uma das vantagens na metodologia de criação de MDE provenientes dos dados altimétricos digitais SRTM ao invés de fontes analógicas de cartas topográficas, manipulados em SIG, é a total exclusão de erros sistemáticos inseridos nos resultados de processos de digitalização.

#### 2.1.5.2 - Erodibilidade dos solos (fator K)

A erodibilidade é a propriedade do solo que representa a sua susceptibilidade á erosão , podendo ser definida como a quantidade de material que é removido por unidade de área quando os demais fatores determinantes da erosão permanecem constantes. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1990), as diferenças relacionadas ás propriedades do solo permitem que alguns solos sejam mais erodidos que outros ainda que variáveis como chuva, declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo sejam as mesmas .

Ainda de acordo com esses autores as propriedades do solo que influenciam na erodibilidade são aqueles que afetam a infiltração, a permeabilidade, a capacidade total de armazenamento de água e aquelas que resistem às forças de dispersão , salpico, abrasão e transporte pelo escoamento. A erodibilidade do solo tem seu valor quantitativo determinado experimentalmente em parcelas e é expresso como a perda de solo por unidade de índice de erosão da chuva (EI) Bertoni e Lombardi Neto (1990).

Apesar de nenhum parâmetro mensurável de propriedade do solo possa de forma isolada explicar integralmente o fator de erodibilidade do solo (LAL, 1990), muitos estudos

demonstram que alguns atributos químicos e físicos do solo são responsáveis pela agregação dessas partículas. A matéria orgânica, além de atuar diretamente na formação de agregados de partículas do solo, favorecendo maior resistência ao efeito da dissipação de partículas do solo pela erosão, atua também como se fosse uma “esponja” capaz de aumentar a capacidade de retenção hídrica do solo, e conseqüentemente diminui a quantidade de água com partículas que desliza na superfície do solo.

Agentes cimentantes como: colóides orgânicos (húmus), colóides minerais (argilo-minerais e óxidos e hidróxidos de ferro) recobrem os micro e os macroagregados, aumentando a estabilidade dos agregados do solo (GROHMANN, 1972), favorecendo a resistência do solo contra os efeitos da erosão. Assim como a matéria orgânica, o ferro contido no solo pode atuar como um agente cimentante capaz de oferecer resistência a dissipação de partículas.

Diversos estudos demonstram a relação entre a estrutura dos agregados e erosão do solo (Cantón, 2008); (Wischmeier e Smith, 1978).

Apesar da EUPS ser o modelo mais difundido nas análises de prognóstico de quantificação de solos em todo o mundo, sua aplicabilidade tem na escassez de dados sobre a erodibilidade do solo, em algumas regiões do planeta, o maior fator limitante para sua aplicação. No entanto, estudos feitos em escalas menores têm maior disponibilidade de dados de solos, ao contrário da obtenção dos fatores topográficos da EUPS que se tornam difíceis de serem obtidos em áreas de grande extensão de superfície.

Em função da carência de dados experimentais para cobertura de grandes extensões de áreas a maioria dos trabalhos sobre erosão desenvolvidos com a aplicação da EUPS foram baseados em índices de erodibilidade dos solos obtidos de forma indireta, através de parâmetros fundamentado em valores obtidos em análise química e física de perfis de solos e em resultados de estudos com perdas de solos quantificadas em parcelas experimentais. .

Várias metodologias (DERNADIM, 1990), baseadas nesse princípio correlacionáveis, compuseram equações que são capazes de inferir valores de erodibilidade para várias classes de solos, baseados em alguns de seus atributos físicos e químicos.

Denardin (1990) apresenta três maneiras de obtenção do fator erodibilidade aplicável a EUPS, que são:

- Através do monitoramento de parâmetros pautados na relação de perda de solos e

erosividade e com a implementação de parcelas experimentais padrão em condições naturais<sup>3</sup>.

- Através das mesmas condições de relação anterior, porém em condições artificiais de chuva simulada.

- Através de equações matemáticas ajustadas por análises de regressão, cujos dados foram obtidos de forma direta pelos métodos anteriores, tendo como comparação os valores de erodibilidade e parâmetros físicos, químicos e mineralógicos do solo.<sup>4</sup>

O monograma apresentado por Wischemer et al. (1978) e os métodos propostos por Dernadim (1990), são exemplos da aplicação de métodos equacionais na determinação da erodibilidade de solos mais utilizados no Brasil. Toda via, o método do monograma, dependendo da classe de solo e da região em que se encontra tem gerado resultados diferentes.

Dernadim (1990) justifica a inadequação do emprego do método monograma de Wischmeier et al. (1971), em função das diferenças texturais entre os solos brasileiros e os solos americanos utilizados para geração do modelo, enquanto os solos americanos possuem teores maiores de silte e areia, geralmente os solos brasileiros teriam baixos teores de silte e elevados teores de argila ou de areia.

No entanto, no tocante a solos amazônicos a proposta de Dernadim (1990), precisa ser mais bem analisada em comparação com dados obtidos de forma experimental em campo, haja vista, que apesar da proposta ser inferida através de ajustes dos dados por equação múltipla linear, e ser bastante representativa<sup>5</sup> por classes de solos de várias regiões do país, este não inclui nenhuma amostra de solo de nenhum Estado da Amazônia Brasileira.

### 2.1.5.3 - Erosividade (fator R)

Wischmeier & Smith (1958) chegaram à conclusão que os processos de erosão que atuam no solo, durante os eventos de chuvas, e seu poder de causar erosão é em função do

---

<sup>3</sup> Método mais eficaz, porém muito dispendioso de tempo, pois requer monitoramento contínuo de eventos pluviométricos e medição das condições de umidade e outras características do solo anterior ao evento.

<sup>4</sup> Método mais simples.

<sup>5</sup> Foram analisadas 31 amostras de solos, sendo diferentes: 20 classes de solos; 9 classes de textura, sendo 3 com cascalho. Em termos de localização geográfica: sendo que 45,16% das amostras são de diferentes municípios do pequeno Estado da Paraíba e o restante de outros 7 Estados mais o Distrito Federal. A maioria dos dados foram obtidos em condições de chuva simulada.

produto da energia cinética total pela intensidade máxima em trinta minutos (EI30). Foram desenvolvidas equações que permitem avaliar o potencial da chuva em causar erosão, de uma maneira mais simples, em função de índices de erosividade fundamentados em características das chuvas de cada região.

Bertoni e Lombardi Neto (1990) consideram o fator R como um índice numérico que expressa à capacidade da chuva em provocar erosão, em uma área sem proteção. Este índice está diretamente relacionado à intensidade da chuva, que é diretamente proporcional a energia cinética da gota da chuva, que aumenta com o seu tamanho e velocidade.

O fator de erosividade vem formar com outros fatores atuantes no processo de erosão a Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS), representando a quantificação do escoamento e impacto da gota da chuva sobre os solos (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

#### 2.1.5.4 – Fator uso, manejo e práticas conservacionistas (CP)

Não obstante as dificuldades de avaliá-lo, o fator C vem chamando a atenção dos pesquisadores da área no sentido de explicar a eficácia de alguns tipos de práticas conservacionistas. Dentre estas práticas, uma das mais simples, eficazes e econômicas para a atividade agrícola visando promover a conservação do solo é a utilização da cobertura morta sobre o solo (Bertoni e Lombardi Neto, 1990).

## 2.2. - Bacia hidrográfica

### 2.2.1 – Bacia Hidrográfica como unidade geográfica de planejamento ambiental.

Uma definição bastante simples de bacia hidrográfica é dada pela SRHU/MMA (2008) que a conceitua como sendo uma área da superfície terrestre, delimitada pelos pontos mais altos do relevo, na qual a água proveniente das chuvas escorre para os pontos mais baixos do relevo, formando um curso de água (rio) ou lago.

Num contexto ambiental as bacias hidrográficas podem ser consideradas sistemicamente como um sistema aberto, composto por vários ecossistemas que naturalmente

tendem a funcionar e manter-se em constante equilíbrio. O input de materiais e energia deste sistema é feito principalmente pelo clima que contribui para o aporte de material dentro da bacia. A saída ou output de materiais da bacia também tem contribuição natural do clima que ajuda no transporte de água e sedimento para fora da bacia, principalmente através das águas superficiais e subterrâneas, geralmente em direção a foz da bacia (Figura 3).

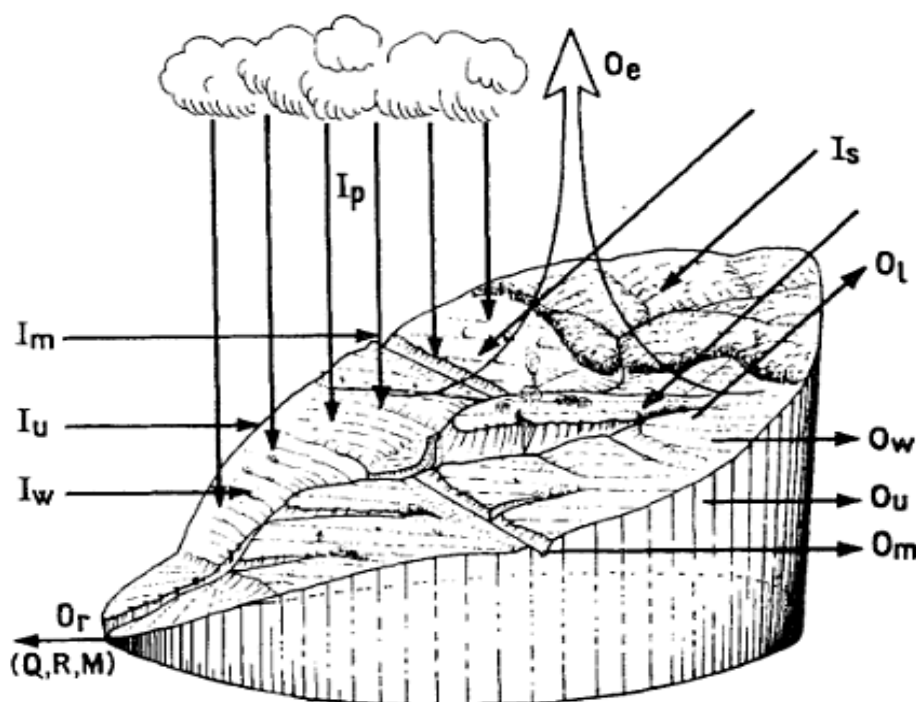


Figura 3 - Esquema de trocas de matéria e energia entre uma bacia hidrográfica e seu ambiente:

Iu, entradas subterrâneas ; Iw, entrada pelo vento; Is, entradas de energia solar; Ot, saída de matéria e energia por fluxo de corrente (descarga de água Q, rendimento de sedimentos R, e concentração de carga dissolvida M); Oe, saída devido a evapotranspiração; Om, saída devido a ação do homem; Ou, saídas subterrâneas; Ow, saídas pelo vento; Os, saídas de energia solar refletida.

Odum (1983) considera do ponto de vista de gerenciamento prático os sistemas de bacias hidrográficas como uma unidade mínima, capaz fornecer resultados interessantes do ponto de vista geoquímico, quando estudados por longos períodos de tempo em termos comparativos, pois permitiu identificar negligências de algumas atividades humanas, que possibilita apontar meios de evitar perdas de alguns nutrientes vitais e recompor o comportamento cíclico destes elementos.



Neste contexto, a análise das bacias hidrográficas como unidades de planejamento e o potencial de exploração dos recursos hídricos e das redes de drenagem são de grande importância, haja vista, suas relações com o ciclo hidrológico e processo de erosão.

Mergulhão (1992) diferencia bacia de sub-bacia hidrográfica pelo fato da primeira desaguar diretamente no mar, enquanto a sub-bacia deságua em outro divisor de águas com maiores dimensões.

Em termos escalares varias limiares de área foram definidos na classificação de uma microbacia. Khan, Goel e Gulshan (2003), consideram microbacias com área entre 1 a 10 km<sup>2</sup> ou de 10 a 1000 hectares.

A partir da promulgação em 23/01/1983, do artigo 5º (inciso III) da resolução nº 01 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), o termo Bacia hidrográfica passa a ter maior importância no contexto ambiental, haja vista, que esta resolução determina considerar nos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) a delimitação da bacia hidrográfica como componente dos limites da área geográfica que indireta ou diretamente será afetada em projetos de grande impacto ambiental.

Posteriormente, com a evolução da legislação ambiental brasileira, o juízo da importância da demarcação da bacia hidrográfica como delimitador administrativo na gestão ambiental de recursos hídricos, se coaduna com a sanção da Lei das Águas (Lei 9.433/1997), que no seu art. 1º, V, elegeu como um de seus fundamentos, a bacia hidrográfica como a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH (CNRH, 2008).

### 2.2.2 – Análise morfométrica

O sistema de classificação de canais de drenagens propostos por Horton em 1945 e os métodos de cálculos desenvolvidos por Langbein em 1941<sup>6</sup> sobre as características topográficas de bacia de drenagens como: área, perímetro, densidade de drenagem, declividade, forma do terreno, e curvas hipsométricas foram importantes contribuições para o

---

<sup>6</sup> Em função da 2ª. Guerra mundial este estudo foi publicado somente em 1947.

entendimento de fenômenos hidrológicos (ZĂVOIANU, 1985).

Logo após, os estudos de Horton se popularizou como a base para os estudos de vários pesquisadores americanos. Dentre estes estudiosos, destacam-se os estudos concebidos por Straler, que complementou a classificação de rede de drenagem sugerida por Horton e estabeleceu vários estudos, conceitos e fundamentos teóricos baseados na matemática, física, estatística e ciência em geral, dentre os quais, estabeleceu vários índices: sendo 36 para definir formas geométricas da erosão de rios e 16 cinemáticos definindo as características dinâmicas da bacia de drenagem (ZĂVOIANU, 1985).

Zăvoianu (1985), cita vários autores responsáveis pelo desenvolvimento de bases teóricas, conceituais e métodos de análise morfométricos aplicados a bacia de drenagens, dentre eles os de Horton (1945); Langbein em (1941); Straler (1956).

Chow (1964), dividiu historicamente a evolução do desenvolvimento dos estudos hidrológicos em:

- a) Período da especulação (antes do ano de 1400): neste período houve muitos conceituais a respeito dos fenômenos hidrológicos, explorados principalmente por filósofos gregos e romanos. Porém, no período de aproximadamente início da era cristã, Marcus Vitruvius concebeu teoria moderna e aceita até os dias de hoje de que a água subterrânea provém em sua maior parte da infiltração das águas das chuvas e neve sobre a camada da superfície terrestre.
- b) Período de observação (anos de 1440 até 1600): períodos em que os discursos passaram de um caráter meramente filosófico para observacionais dos fenômenos hidrológicos. Neste período foram feitas observações importantes sobre o input de água no ciclo hidrológico originados pelas nascentes concebidas por Leonardo da Vinci e Bernardo Pallicy.
- c) Período das medições (a partir do ano 1600 até 1700): período considerado o início da moderna ciência hidrológica com as primeiras mensurações feitas. Foram desenvolvidas medições de chuvas, evaporação, e capilaridade de água. Além de

estudos com mensurações poços artesanais, antes mesmo do surgimento da ciência geológica.

- d) Período de experimentação (a partir do ano 1700 até 1800): neste período houve a evolução da pesquisa experimental no ramo da hidráulica com grandes descobertas como por exemplo: Bernoulli's com o piezômetro e tubo de pilot, e Desaguliers com a teoria do sifão . É considerado um período importante pelas descobertas e publicações como a de Rivers e Torrents de Paul frisi em 1760.
- e) Período da modernização (a partir do ano 1800 até 1900): Esse período foi marcado por grandes avanços para a moderna hidrologia com o desenvolvimento de várias equações com aplicações na medição do fluxo de água na superfície do solo e água. Contribuições também foram feitas na área da hidrogeologia. Isso permitiu o a medição do fluxo e descarga da correnteza de muitos rios. Nesta fase foram fundadas várias instituições americanas ligadas a hidrologia.
- f) Período da racionalização (a partir de 1930 até 1950): Esse período foi marcado pela insolvência do empirismo nas questões hidrológicas e surgimento de laboratórios de hidráulica e hidrologia e de teorias práticas aplicadas as bacias hidrográficas como unidade de estudo. Nesse período se destacam os estudos de Horton (1933) e Sherman (1932).
- g) Período da Teorização (a partir de 1950): Nesse período alguns princípios e conceitos da hidrológicos foram transformados em princípios matemáticos aplicaveis em solucionar e explicar problemas práticos relacionados a ciência hidrológica. Análises lineares e de área foram aplicados aos estudos de sistemas hidrológicos e houve a inserção de diagnostico estatísticas nas questões sobre águas subterraneas. Estudos relacionados a hidrologia foram inseridas nas pautas de discussão de grandes instituições internacionais como: UNESCO, Organização Mundial de Meteorologia - WMO, FAO E IAEA foram criadas

Segundo Strahler (1964) somente a partir dos trabalhos desenvolvidos por Horton (em 1932 e 1945) que as análises sobre bacia e rede de drenagens passaram de um caráter simplesmente dedutível e qualitativo para um modo científico quantitativo, capaz de fornecer

informações numéricas de maior aplicabilidade prática e rigor científico de qualidade a toda a comunidade de hidrologistas.

### 2.2.3- Hierarquia Fluvial

Segundo Christofletti (1980), alguns conceitos relacionados as análises morfométricas e topológicas de bacias hidrográficas fundamentados nas propostas teóricas de Strahler e Shreve devem ser esclarecidos, são eles:

- rede fluvial ou rede de canais: é o padrão inter-relacionado de drenagem formado por um conjunto de rios em determinada área, a partir de qualquer número de fontes até a desembocadura da referida rede;

- fonte ou nascente de um rio: é o lugar onde o canal se inicia, e desembocadura é o ponto final, a jusante, de toda a rede;

- confluência ou junção: é o lugar onde dois canais se encontram, não sendo permitida junções tríplices;

- segmento fluvial: é o trecho do rio ou canal ao longo do qual a ordem (no sentido de Strahler), que lhe é associada permanece constante;

- ligamentos ou ligações: são trechos de/ou segmentos de canais que não recebem afluentes, estendendo-se entre uma fonte e a primeira confluência, a jusante, entre duas junções consecutivas, ou entre a desembocadura. As primeiras junções a montante são denominadas de ligamentos exteriores, enquanto as demais são ligamentos interiores. Em suma, os ligamentos que se estendem de uma nascente até a primeira confluência são denominados de ligamentos exteriores, e os demais são interiores. Em vista dessas definições o número de ligamentos exteriores será igual ao número de nascentes ou de segmentos de primeira ordem, ou da magnitude da rede. O número de ligamentos interiores será igual ao número de nascentes (n) menos um (n-1), e o total de ligamentos em determinada rede é igual a  $2n-1$ .

Lima (2006) preconiza a importância do conhecimento da classificação hierárquica dos canais de drenagens, como sendo uma metodologia capaz de promover o posicionamento ordinário destes no contexto da área total da bacia hidrográfica, com finalidade de promover

os estudos geométricos referentes as análises morfométricas das bacias hidrográficas.

O primeiro estudo aplicado desenvolvido para definir o ordenamento dos canais de drenagens em função das confluências existentes entre eles foi realizado por Horton (1945) nas bacias dos Estados Unidos da America. Nesta metodologia de classificação de ordem de drenagens os ligamentos entre as nascentes e as primeiras confluências são tidos como de 1ª. Ordem. Os canais de 2a. ordem recebem os de primeira ordem; canais de 3a. ordem recebem os de segunda ordem, mas podem receber também os de primeira; canais de quarta ordem recebem tributários de terceira ordem, mas também podem receber de ordem inferior e assim sucessivamente. Nesta metodologia de hierarquia, o rio principal sempre vai ter o mesmo valor de ordem (figura 4).

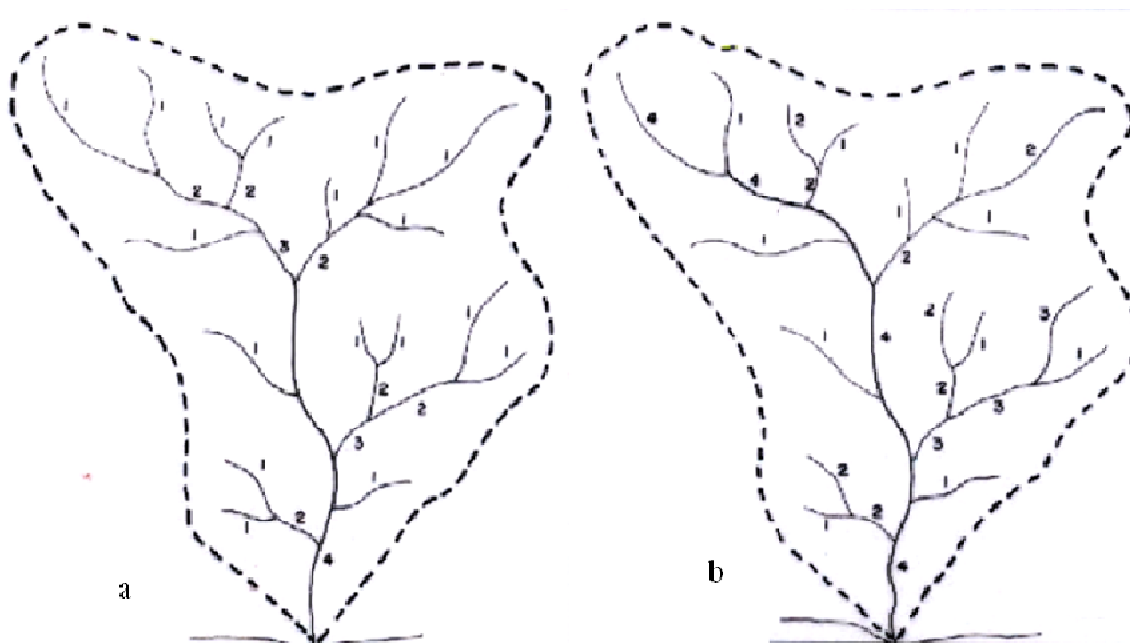


Figura 4 - Esquema de classificação da ordem de canais: a) Strahler e b) Horton. Fonte: Christofoleti (1990).

Na metodologia de hierarquização de canais proposta por Strahler (1952), o rio principal não mais terá um valor fixo de ordem (Figura 4) e a definição de ordenamento dos canais é a seguinte: os canais iniciais sem tributários são denominados de primeira ordem. A partir daí, da confluência de dois canais de primeira ordem surgem os segmentos de canais de segunda ordem, e assim sucessivamente até se atingir os canais de ordem maior que serão os principais da bacia.

O ordenamento dos canais de drenagens proposto por Straler (1956) é que defini a classificação da ordem hierarquia de uma bacia hidrográfica. O aumento exponencial na vazão dos canais de drenagens na passagem de canais de ordem inferior para canais de ordem mais elevadas (Horton, 1945; Platagea e Popa, 1963 apud Zavonuie) são responsáveis pelo crescente aumento na largura dos canais de ordem superior em relação aos canais de ordem inferiores para uma mesma sub-bacia.

A área de uma bacia hidrográfica, assim como, o seu perímetro, são componentes dimensionais que morfometricamente mantêm uma relação diretamente proporcional com a quantidade de canais de 1<sup>a</sup>. ordem nela contida (Zavoianu, 1985). Evidente que quanto maior for o tamanho de uma bacia hidrográfica, maior será a área de captação de água e recarga de aquífero e maior a maior o fluxo de energia e material no interior da bacia hidrográfica.

O perímetro de uma bacia hidrográfica é a projeção de uma linha horizontal que coincide com o divisor de águas e mantêm uma relação diretamente proporcional ao tamanho de área da bacia de drenagens (zavonouer, 1985).

Nos estudos de morfometria da BHRA, serão mensurados os seguintes índices: Densidade de Drenagens (Dd); índices de circularidade (Ic); fator de forma (F); área de drenagem (km<sup>2</sup>); perímetro (km); coeficiente de compacidade (Kc); coeficiente de manutenção (m<sup>2</sup>m); razão de textura (Tx); índice de rugosidade; Comprimento do canal principal (km); Comprimento total dos canais (km) e outros.

#### 2.2.4 – Rede de drenagens

Em função das características físicas da bacia hidrográfica, principalmente em relação a geologia, solos, geomorfologia e grau de intemperismo os canais de drenagens

possuem formas diferenciadas. Segundo Lima (2006) os desenhos de drenagens formados por vários canais inter-relacionados de ordens distintas, são denominados como Padrão de Drenagem.

Existem vários padrões de existentes, cada qual relacionado a condições diferentes de formação. Segundo Lima (1995) e Cristofolletti (1970), as formas básicas dos padrões de drenagens básicas são: dendrítica, paralela, radial, treliça, retangular, anelar, multibasinal e contorcida. (figura. 5).

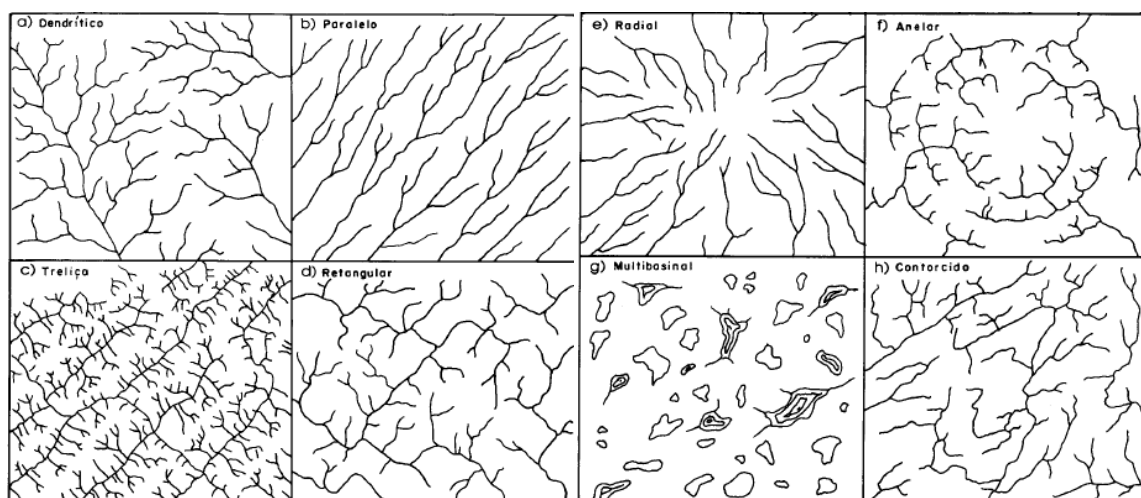


Figura 5– Padrões de drenagens básicas. Fonte: modificado de Howard, Apud Lima (1995).

Considerando Lima (2006), os tipo de escoamento podem ser, exorréicos quando os canais seguem em direção e sentido até ao mar, endorréicas quando o escoamento é interno, arréicos quando não se verifica uma estruturação hidrográfica e criptorréicas quando tem fluxo subterrâneo.

### 2.3 – Geoprocessamento

O termo Geoprocessamento é definido por Câmara & Davis (1998) como a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica.

O principal instrumento computacional do geoprocessamento, chamado de sistema de informações geográficas (SIG), permite a realização de análises complexas ao integrar dados

de diversas fontes e ao criar um banco de dados geo-referenciados, baseado numa tecnologia de armazenamento, análise, tratamento de dados espaciais e temporais e na geração de informações correlatas. Os SIG's tornam possível ainda a automatização da produção de documentos cartográficos (CÂMARA e MEDEIROS, 1998).

Diante da crescente popularização do geoprocessamento, uma gama enorme de dados geográficos provenientes de vários projetos e aplicáveis as mais diversas finalidades, estão sendo disponibilizados gratuitamente via internet. Como exemplo, podemos citar a Digitalglobe com imagens de alta resolução espacial (Google earth) e os dados altimétricos do Projeto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) da NASA (National Aeronautics and Space Administration), com parcerias das agências espaciais da Alemanha (DLR) e Itália (ASI), e dados de imagens do satélite Sino-Brasileiro CBERS 2 (China Brazilian Earth Resources Satellite) e Mosaicos ortoretificados TM Geocover Landsat 5.

### 2.3.1 - Sensoriamento Remoto

Classicamente o Sensoriamento Remoto pode ser definido como o processo de obtenção de informações sobre objetos sem que haja contato físico entre eles, ou seja, é a utilização de sensores para a captação da energia refletida ou emitida pela superfície dos objetos da esfera terrestre ou ainda de outros astros.

No entanto, numa visão ambientalmente terrestre planetária, e considerando principalmente os sistemas sensores, energia eletromagnética e a interação entre eles, Novo (1989) define o Sensoriamento Remoto como sendo a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações.

ROCHA (2000) define geoprocessamento como uma tecnologia transdisciplinar que, através da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta,



tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados.

Para VASCONCELOS & NOVO (2004) atualmente as técnicas de sensoriamento remoto são indispensáveis nos estudos da dinâmica do desmatamento na Amazônia, principalmente devido a dimensão desta região associada à dificuldade de acesso. Cabe frisar que as diversificadas técnicas e métodos oriundos do Sensoriamento Remoto são aplicáveis em várias áreas de conhecimento onde se busca diferenciar feições geográficas com características de respostas espectrais diferenciadas.

A tecnologia de Sensoriamento Remoto aplicado nos estudos da superfície terrestre faz uso de dois tipos de sistemas, que diferem principalmente pelas características da Radiação Eletromagnética (REM) utilizada. Um sistema é chamado usualmente de sistema de sensor ativo que opera na faixa de microondas (RADAR), que meçam como um sinal é disperso pela superfície, para sistemas passivos, que meçam superfície reflectance ou emissão por sistema óptico.

O princípio físico fundamental do sensoriamento remoto envolve a REM como elemento fundamental, a fonte de energia, o sensor e objeto (figura 6). A REM propaga-se no

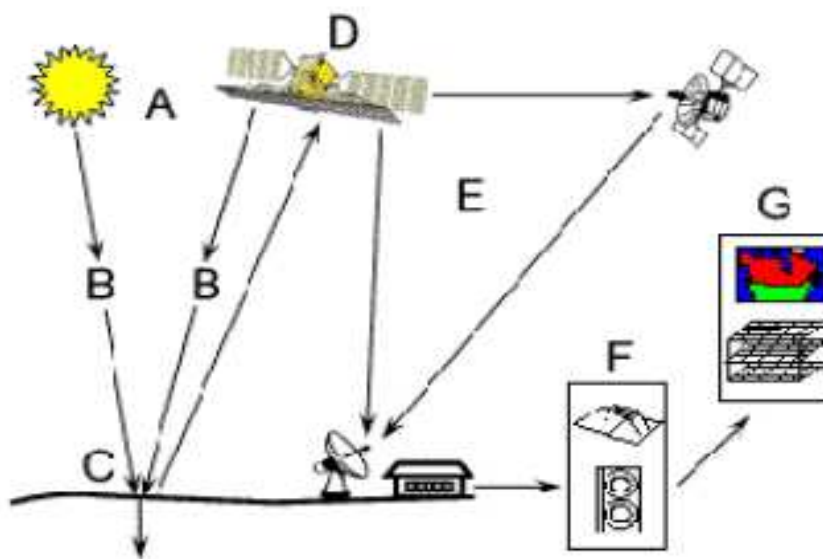


Figura 6 - Origem de energia ou iluminação (A); radiação e a atmosfera (B); interação com o alvo (C); gravação da energia pelo sensor (D); Transmissão, Recepção, e Processamento (E); Interpretação e Análise (F); Aplicação. Fonte: CCRS/CCT (2005).

vácuo a velocidade da luz, tendo algumas pequenas variações quando propagado em outro meio físico em função da resistência de propagação. Sobre o ponto de vista físico a REM pode ser vista sobre duas perspectivas: a teoria ondulatória concebe a propagação da REM através de ondas formadas a partir de um campo vetorial elétrico perpendicular a outro magnético, enquanto que do ponto de vista quântico a REM é concebida como o resultado da emissão de pequenos pulsos de energia denominados de fótons.

O sensoriamento remoto envolve princípios físicos de interação entre a energia eletromagnética radiante entre os vários componentes de materiais da crosta terrestre, que apresentam resposta espectrais diferenciadas (figura 7).

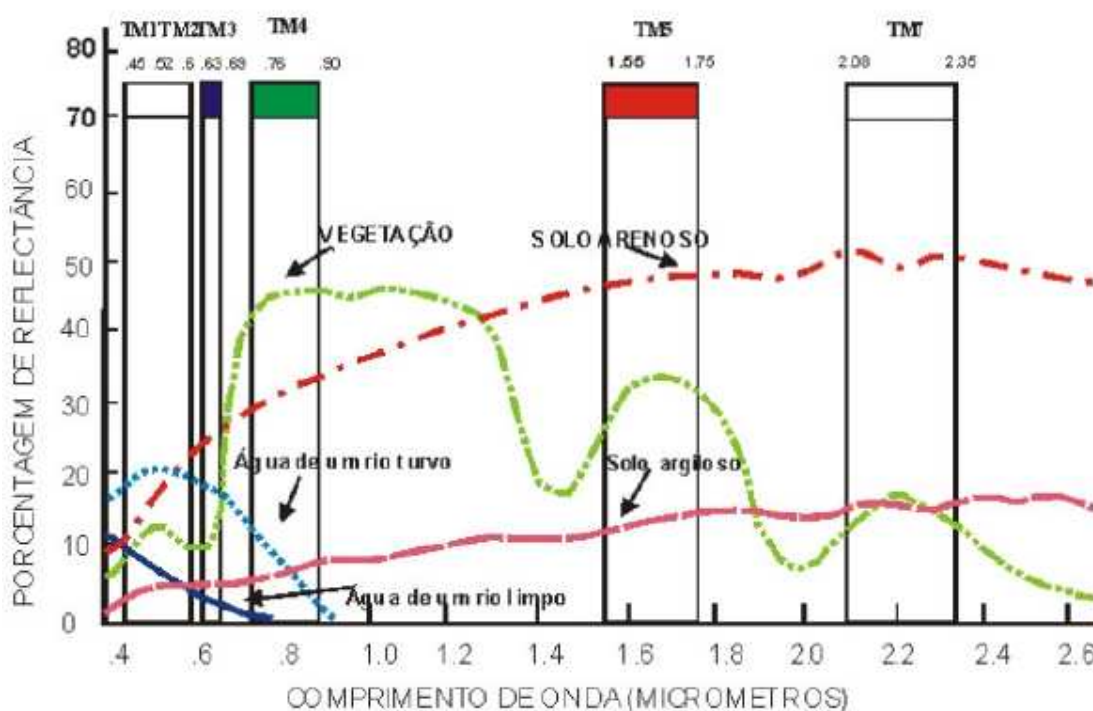


Figura 7 - Padrão de resposta espectral dos principais alvos da superfície terrestre. Fonte: Modificado de Lillesand & Kiefer (1986), apud Crepani et al. (2001).

Davis & Simonettd (1991) resumem em oito os atributos básicos que compõem um sensor remoto: Cobertura espectral (posição das faixas espectrais); resolução espectral (largura da faixa espectral); dimensionalidade espectral (número de faixas); resolução radiométrica (quantização); campo instantâneo de visão (IFOV); campo angular de visão; ponto de função de espalhamento (PSF); função de resposta temporal.

### 2.3.1.1 - Pré-processamento de imagens

A aplicação das técnicas de pré-processamento refere-se ao tratamento inicial aplicado aos dados do sistema sensor, de modo a remover as características indesejáveis produzidas na imagem. Assim, devidamente corrigidas, as imagens estariam prontas para serem submetidas a processamentos digitais posteriores e/ou análise visual.

As técnicas de pré-processamento podem ser agrupadas em três tipos de correção denominadas de atmosférica, radiométrica e geométrica.

As correções radiométricas visam corrigir erros radiométricos em linhas ou pixels isolados contidos nas imagens, que podem ter sido ocasionados por desajustes na calibração de detectores ou por erros esporádicos na transmissão de dados ou algum outro problema de instrumentação. Os pixels afetados por ruídos radiométricos normalmente apresentam o valor de cinza igual a zero, indicando perda de dados, ou o valor máximo, indicando saturação.

Em função da falta de informações climatológicas na hora da tomada da cena, são usados métodos mais simples diminuir os efeitos atmosféricos nas imagens. O método de subtração do Pixel (objeto) escuro é o mais utilizado. Consiste basicamente, em subtrair um determinado valor digital de uma imagem multiespectral, baseando-se em alvos que teoricamente deveriam apresentar valor de reflectância de valor nulo, tais como, sombra de relevo e água límpida e profunda.

As fontes de distorções geométricas em imagens orbitais podem ser atribuídas a fatores de diversas naturezas. Dentre os fatores de Eros sistemáticos (que podem ser corrigidos) destacam-se os provenientes da: rotação e curvatura da terra e erros de instabilidade da plataforma do sensor em função de variações na altitude, velocidade e eixos de rotação do satélite denominados de “roll”, “pitch” e “yaw” (CROSTA, 1993).

Em função das diversas distorções espaciais contidas nas imagens digitais, essas não possuem precisão cartográfica quanto ao posicionamento das feições geográficas, superfícies ou fenômenos nelas apresentados. Desta forma, torna-se necessário aplicar correções de modo a relacionar os pixels da imagem a um determinado sistema de projeção cartográfica. Essa transformação espacial relacional é denominada de registro de imagens.

### 2.3.1.2 - Processamento Digital de Imagens Orbitais

O processamento de imagens refere-se as etapas de análise, interpretação e geração de produtos a partir de dados de sensoriamento remoto. A análise de dados de sensoriamento remoto de vários sensores é um passo importante na produção de muitos produtos ambientais. Nesta etapa consta a criação de máscaras (que serve gerar imagens com áreas vazadas), operações de edição de classes espectrais (recodificação, adição e junção, principalmente em função da escala adotada. Porém, um dos mais importantes processos nesta etapa é o uso da técnica de classificação de imagens digitais para agrupamento de classes de pixels com padrões espectrais semelhantes. Basicamente duas técnicas são utilizadas.

A classificação de imagens digitais consiste em identificar e atribuir a cada pixel da imagem a um grupo de pixels com características espectrais que representam similaridades com feições na natureza que ser identificar (Crosta, 1993).

Os métodos de classificação se dividem basicamente em duas categorias: a classificação supervisionada e a não-supervisionada. Os não-supervisionados dividem as classes automaticamente. Neste não há qualquer conhecimento prévio do classificador sobre os atributos das classes pertinentes a cena, enquanto que na classificação supervisionada, o classificador orienta sua busca de classes a partir de amostras de treinamento feitas anteriormente com as classes de interesse da imagem.

### 2.3.2 - Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Uma definição simples e completa de SIG é descrita por MAGUIRE (1991) como uma coleção integrada de Hardware, software, dados e pessoas que opera em um contexto institucional.

Para Rhind (1990) o SIG deve ser capaz de responder as seguintes perguntas:

- 1 Qual a localização ... ?
- 2 Condição Onde está isto . . . ?
- 3 Qual a tendência de mudança . . . ?
- 4 Qual o melhor caminho . . . ?

5 Qual o padrão . . . ?

6 Qual a modelagem . . ?

Um sistema de informações geográficas pode ser definido como uma coleção organizada de equipamento, código computacional, dados geográficos e pessoal envolvido no trabalho, projetado para, eficientemente, capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e apresentar todas as informações referenciadas geograficamente (CALIJURI e RÖHM, 1994).

### 3 – MÉTODOS E ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 - Caracterização geral da área

##### 3.1.1 – Localização e limites

A bacia hidrográfica do Rio Apeú (a nordeste do Pará) estende-se pelos municípios de Castanhal, Inhangapí e Santa Izabel do Pará (Figura 8), situando-se a margem direita do Rio Inhangapi ( paralelos  $01^{\circ}12'00''$  e  $01^{\circ}28'00''$  de latitude sul e meridianos  $48^{\circ} 06'00''$  e  $47^{\circ}54'00''$  de longitude oeste de Greenwich).

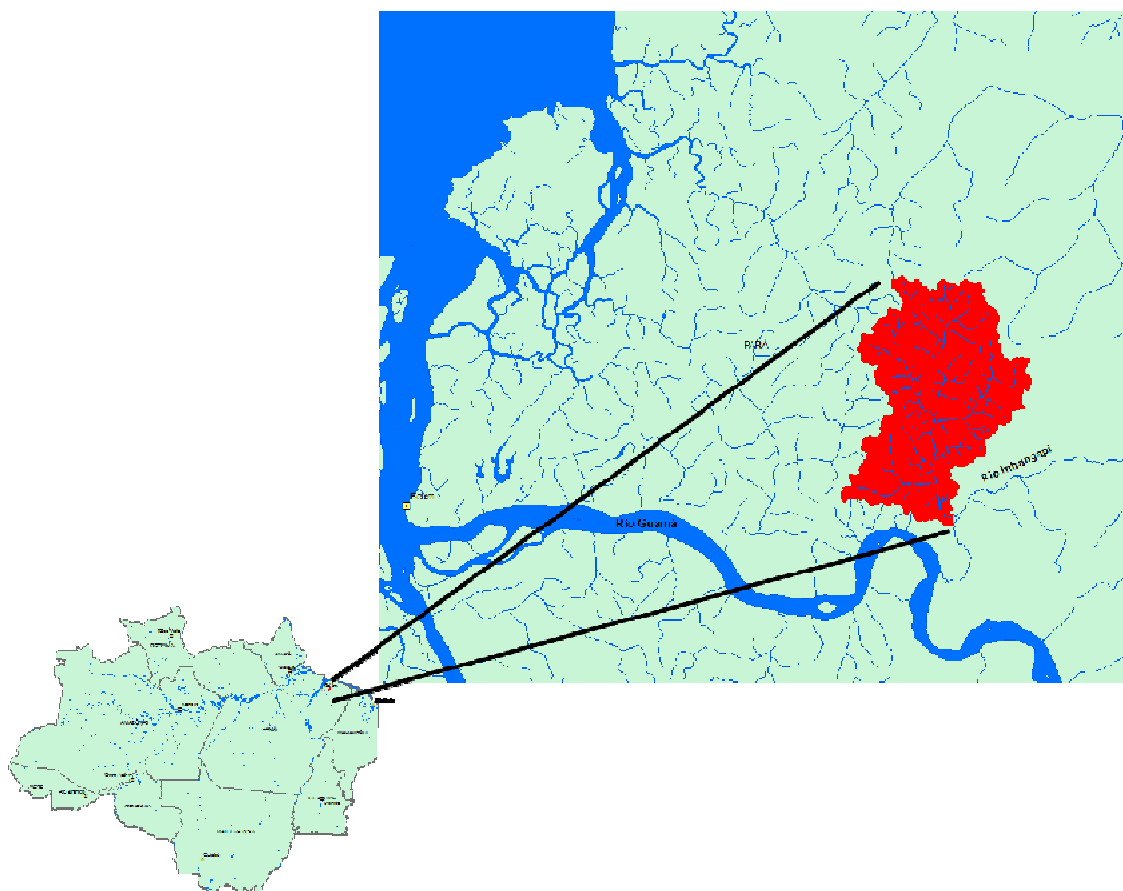


Figura 8 – Localização da bacia hidrográfica do rio Apeú.



Considerando o agrupamento dos canais em margem esquerda e direita do rio Apeú, a malha hidrográfica da BHRA apresenta-se assimétrica. O tipo de canais de drenagem é o subdentrítico angular com forte controle estrutural geológico.

Segundo Bandejas (2008) canais retilíneos, como predominante na BHRA, tem origem geológica através de um forte controle estrutural (Figura 10), representado por feições lineares do tipo: alinhamento, traço de fratura, lineamento e lineação. Canal meadrante é visto somente em parte do canal de 5ª ordem do rio Apeú (próximo a foz).

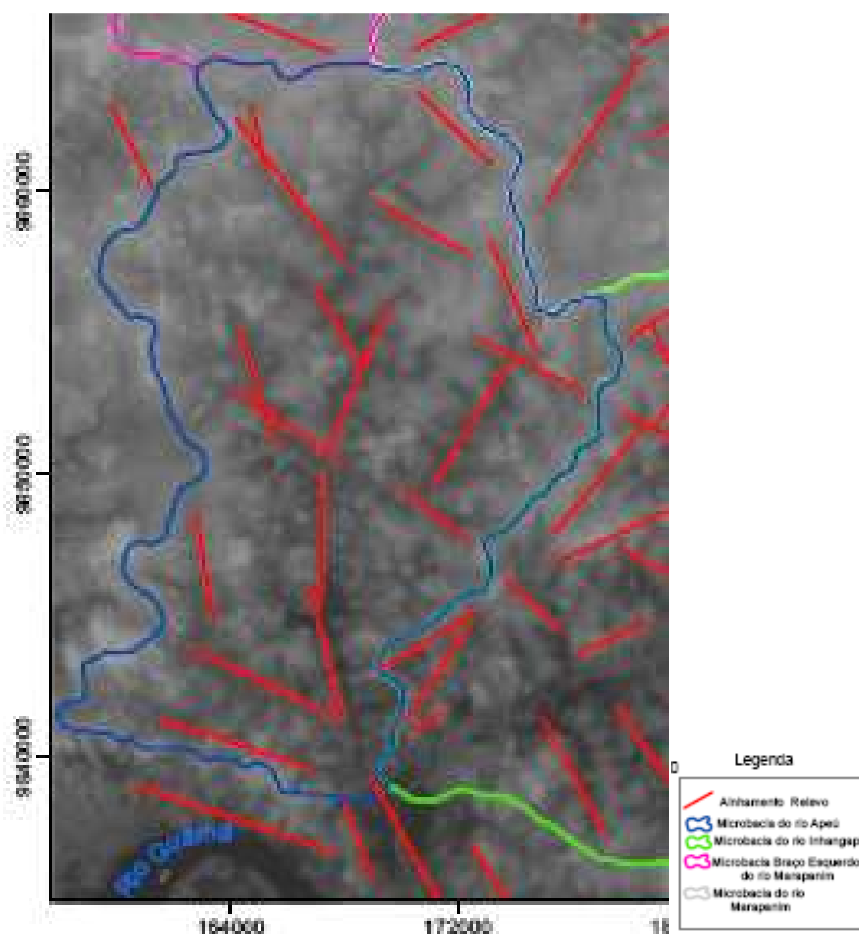


Figura 10 - Alinhamentos do relevo, evidenciando as principais direções de escarpas de linha de falha com angularidade predominante de  $N20^{\circ}-40^{\circ}W$ ,  $N30^{\circ}-50^{\circ}E$  e  $N60^{\circ}-70^{\circ}E$ , formando poliedros com ângulos de  $60^{\circ}$  e de  $90^{\circ}$  (BANDEIRAS, 2008).



Tabela 1 - Distribuição dos principais afluentes rio Apeú (Fonte: SANTOS, 2001).

<b>Margem Esquerda</b>	<b>Comprimento (km)</b>	<b>Margem Direita</b>	<b>Comprimento (km)</b>
Igarapé Castanhal	12.0	Igarapé sem nome	2,2
Igarapé Macapazinho	6.0	Igarapé sem nome	2.5
-	-	Igarapé Papuquara	9,0
Igarapé Janjão	6.0	Igarapé Capiroanga	9.2
Igarapé Fonte Boa	6.0	Igarapé Itaqui	11.5
Igarapé Praquiquara	5.0	Igarapé sem nome	2.5
Igarapé sem nome	2.0	Igarapé sem nome	9.3
Igarapé sem nome	2.2	Igarapé São João	10.9
Igarapé Marapanim	3.7	Igarapé sem nome	2.5

### 3.1.3 – Geologia

Conforme interpretação de Souza Junior et al. (1992), Apud Bandeira (2008), a geologia do município de castanhal é composto por rochas do Grupo Barreiras, Sedimentos Pós-Barreiras e Sedimentos Recentes (Tabela 2) geralmente sobrepostos por classes de solos do tipo latossolos amarelos e vermelho-amarelos e solos de areia quartzosa.

Segundo o levantamento feito pelo IBGE no Projeto Nacional de Sistematização de Recursos Naturais a BHRA apresenta Cobertura Detrito-Laterítica Pleistocênica e Grupo Barreiras como formações geológicas (Figura 11).

Todavia, Bandeira (2008) confirma, através de perfurações de poços no local de estudo, a ocorrência em subsuperfície, abaixo do grupo barreiras, o surgimento do grupo Pirabas em uma profundidade aproximadamente variando entre 70 e 120 metros.

Tabela 2- Coluna Estratigráfica da Região de Castanhal - Fonte : Fonte: Souza Junior et al.(1992), Apud Bandeira (2008).

Era	Período	Época	Unidades	Descrição
Cenozóica	Quaternário	Holoceno	Sedimentos Recentes	Argilas de coloração branca acizentada, com manchas vermelhas a amareladas devido a oxidação do ferro.
			Pós-Barreiras	Sedimentos areno - argilosos, maciços, coloração amarela, apresentando grânulos de quartzo e concreções ferruginosas dispersas aleatoriamente.
		Pleistoceno	Grupo Barreiras	Sedimentos argilosos com laminação plano paralela, coloração vermelha amarelada com tons esbranquiçados, bioturbados, localmente gretas de contração; sedimentos arenosos de granulação fina a média, estratificações cruzadas do tipo acanalada (Tangencial), sigmoidal e estratificações de maré; sedimentos areno argilosos maciços ou com estratificações insipientes; conglomerados com seixos de quartzo e quartzito.

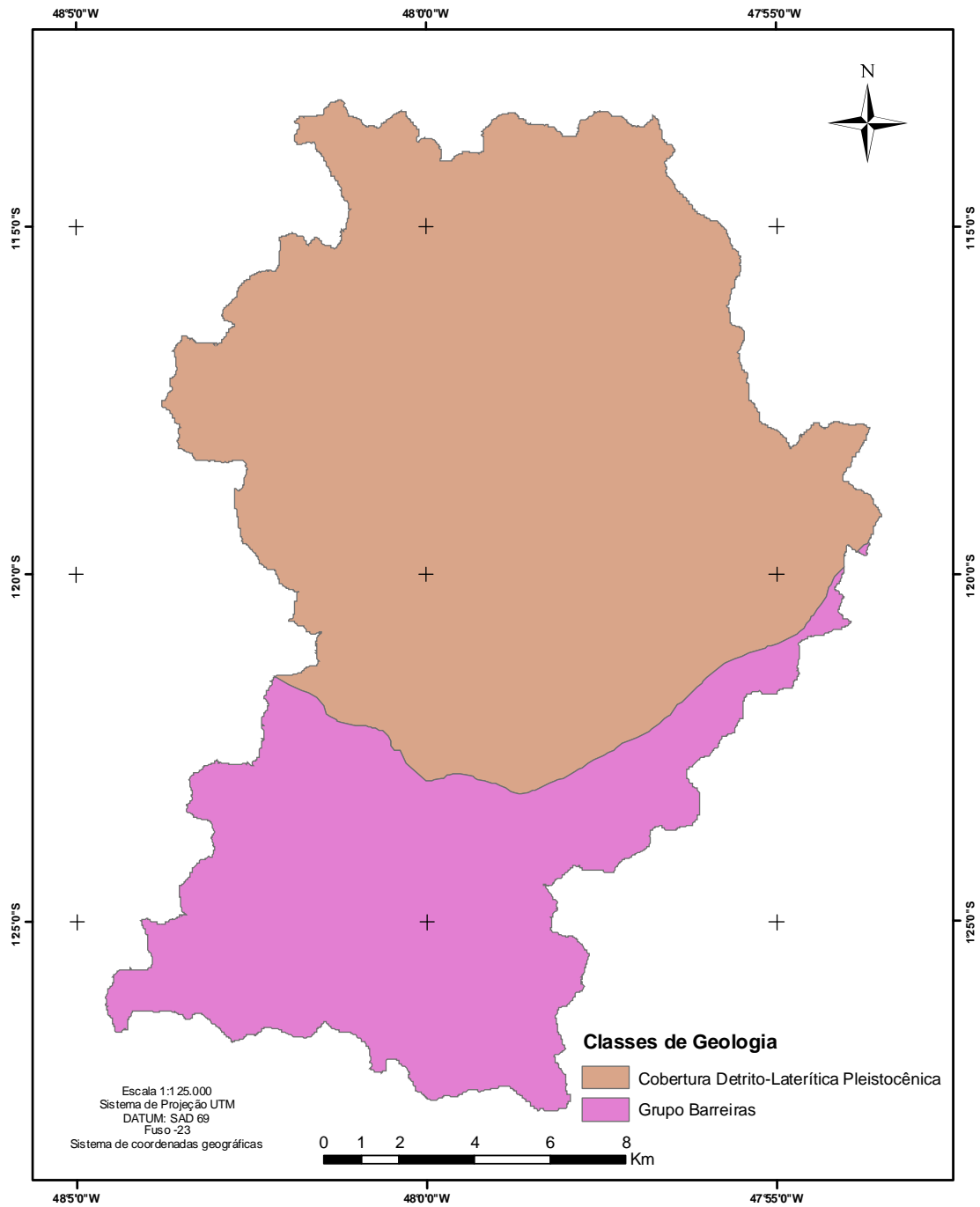


Figura 11 - Classes de geologia da BHRA (adaptado do IBGE, 2003).

### 3.1.4 - Geomorfologia

Através da integração do modelo digital de elevação (MDE) e sombra do relevo do município de Castanhal, Bandeiras (2008) destaca dois sistemas de relevo, definidos como de degradação e agradação, conforme descrição abaixo::

O sistema de degradação é composto pelo relevo residual e por uma superfície suavemente ondulada, onde o primeiro tem cotas em torno de 60m e é representado por pequenas formas reliquiárias, tabulares, desenvolvidas sobre terrenos terciários. A outra unidade possui cotas de 40 metros e tem a maior distribuição na área (40%). É formada por uma superfície plana a suavemente ondulada, representada por uma sucessão de morros convexos em forma de meialaranja, morfogênese monótona, com colinas de topo suavemente arredondado, distribuídas aleatoriamente...

... O sistema de agradação é formado por áreas coluvionares e planícies aluvionares. A primeira unidade compreende áreas com cotas em torno de 20 metros, e formam superfícies planas, levemente levantadas em relação às aluviões adjacentes. A planície aluvionar, com cotas inferiores a 10 metros, é constituída por uma superfície plana, de baixa altitude, composta por sedimentos inconsolidados que representam as aluviões, observadas predominantemente na porção leste da folha, como terraços que se desenvolvem ao longo dos flats dos principais cursos de água.

A geomorfologia descrita pelo IBGE (2003) para o polígono de área no qual está inserido a BHRA, em escala de 1:250.000, descreve que os contatos geralmente são graduais ou disfarçados, em que pequenos ressaltos assinalam as transições para os terraços fluviais e fluviomarinhos.

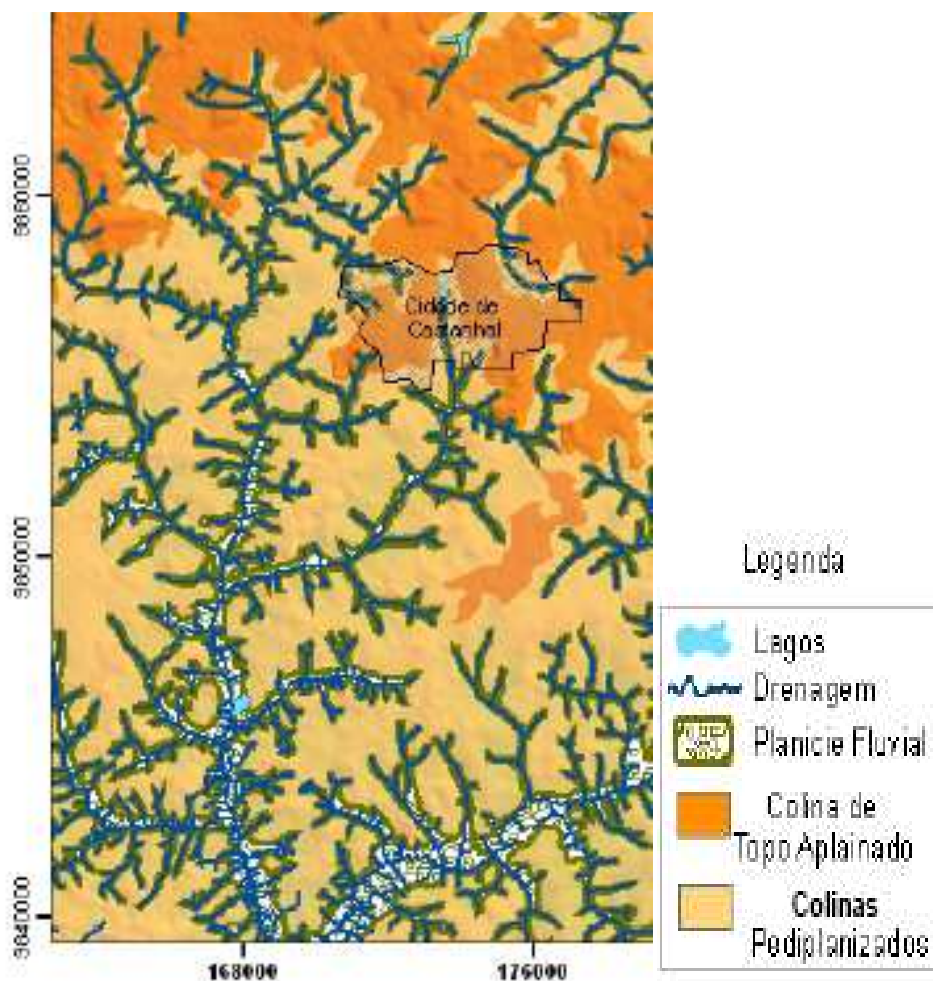


Figura 12 - Classes de geomorfologia geradas a partir de imagens SRTM, imagens Landsat 5 (TM) e fotografias aéreas em preto e branco na escala 1:70000 (BANDEIRA, 2008).

### 3.1.5 – Solos

Conforme a nova legenda que foi elaborada, e a partir da descrição de VALENTE et al. (2001a, 2001b e 2001c), as classes de solos que constam na BHRA (tabela 08), caracterizam-se por:

*Argissolo Amarelo (PAd)* – Solo mineral, profundo, bem drenado, pouco estruturado, com textura binária arenosa/média, com seqüência de horizontes no perfil do tipo A, Bt e C. As cores variam de bruno – acizentado – muito escuro (10YR3/2, úmido), bruno-escuro (10YR3/3, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR4/4, úmido), bruno-amarelado (10YR5/4,

5/6 e 5/8, úmido), e amarelo-brunado (10YR6/8). A principal característica desse tipo de solo é a alta relação textural decorrente da diferença marcante no conteúdo de argila presente nos horizontes A e B. Não há nítida proeminência de movimentação de argila ao longo do perfil, evidenciado pela ausência de cerosidade. Apresentam-se fortemente ácidos (com pH variando de 4,5 a 5,3). Solos com baixa fertilidade química, com baixos valores de CTC e soma de bases. Os teores de alumínio trocável ( $Al^{+++}$ ) são relativamente baixos.

Essa classe de solo, totalizam cerca de 205,16 Km<sup>2</sup>, correspondente aproximadamente a 64,03% de toda a extensão de área da BHRA. Devido a algumas variações contidas na descrição da legenda (tabela 08), esta classe se subdivide em PAd1, PAd2, PAd3, PAd4 e PAd5.

*Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAd)*– Solo mineral, mediantemente profundo, bem drenado, com textura binária média/argilosa, com seqüência de horizontes no perfil do tipo A, Bt e C. As cores são avermelhadas, geralmente com matiz 5TR.. Ocorre a presença de concreções ferruginosas que dão um caráter concrecinário. Apresentam-se fortemente ácidos e com baixa fertilidade química, com valores baixos de CTC e soma de bases.

Essa classe de solo, totalizam cerca de 76,14 Km<sup>2</sup>, correspondente aproximadamente a 23,77% de toda a extensão de área da BHRA. Devido a algumas variações contidas na descrição da legenda (Tabela 08), esta classe se subdivide em PVAd1 e, PVAd2.

*Latossolo Amarelo (LAd)* – Solo mineral, profundo, bem drenado, pouco estruturado, porosos, friáveis, com textura binária arenosa/média, com seqüência de horizontes no perfil do tipo A, Bw (B latossólico) e C. As cores variam de bruno-escuro (7,5YR3/2, úmido), bruno-escuro (7,5YR4/4, úmido), bruno-forte (7,5YR5/6, úmido e 7,5YR5/8, úmido). De origem geológica na Formação Barreiras Apresentam-se fortemente ácidos (com pH variando de 4,7 a 5,2). Solos com baixa fertilidade química, com baixos valores de CTC e soma de bases. Com textura média (teores de argila variando de 120 a 300g/kg). Ocorrem em área de relevo plano.

Essa classe de solo, totalizam cerca de 2,07 Km<sup>2</sup>, correspondente aproximadamente a 0,64% de toda a extensão de área da BHRA. (tabela 08). É importante salientar, que apesar da dominância de argissolo na área, a classe de latossolos faz associação com todas as unidades

de argissolos, inclusive a presença de B latossólico em argissolos, conota a influência e semelhança entre ambos.

*Gleissolo Háptico (RUbd)* - Solo mineral, hidromórfico, pouco evoluído, pouco profundo, baixa permeabilidade, com textura argilosa e seqüência de horizontes no perfil do tipo A e Cg. Possui cores aczentadas com presença de mosqueados decorrentes dos processos de oxi-redução de minerais de ferro em ambiente anaeróbico. São provenientes de sedimentos recentes do quaternário com forte influencia da movimentação do lençol freático. Apresentam-se fortemente ácidos e com baixa fertilidade química, com baixo valores saturação e soma de bases. Os teores de alumínio trocável ( $Al^{+++}$ ) são relativamente baixos

Essa classe de solo, totalizam cerca de 18,26 Km<sup>2</sup>, correspondente aproximadamente a 5,7% de toda a extensão de área da BHRA. Devido a algumas variações contidas na descrição da legenda (tabela 08), esta classe se divide em GXbd1 e GXbd2.

*Neossolo Flúvico (GXbd)* - Solo mineral, hidromórfico, pouco evoluído, com alto teor de material orgânico, constituídos de sedimentos aluviais recentes, depositados periodicamente durante as inundações das margens de rios e igarapés. Apresenta horizonte A sobreposto a camadas estratificadas sem relação pedogenética entre si. São encontradas características químicas diversas em função de diferentes sedimentos depositados em épocas distintas. As camadas possuem cores aczentadas e escuras, textura argilosa e siltosa sem estrutura. Ocorrem em relevos planos, as margens de rios e com presença de palmeiras.

Essa classe de solo, totalizam cerca de 18,15 Km<sup>2</sup>, correspondente aproximadamente a 5,66% de toda a extensão de área da BHRA (tabela 08).

Testes de resistividade feitos com perfurações em sondagem elétrica vertical em profundidade realizadas por Bandeiras (2009) confirmam a diferença textural presente nos argissolos (Figura 13).

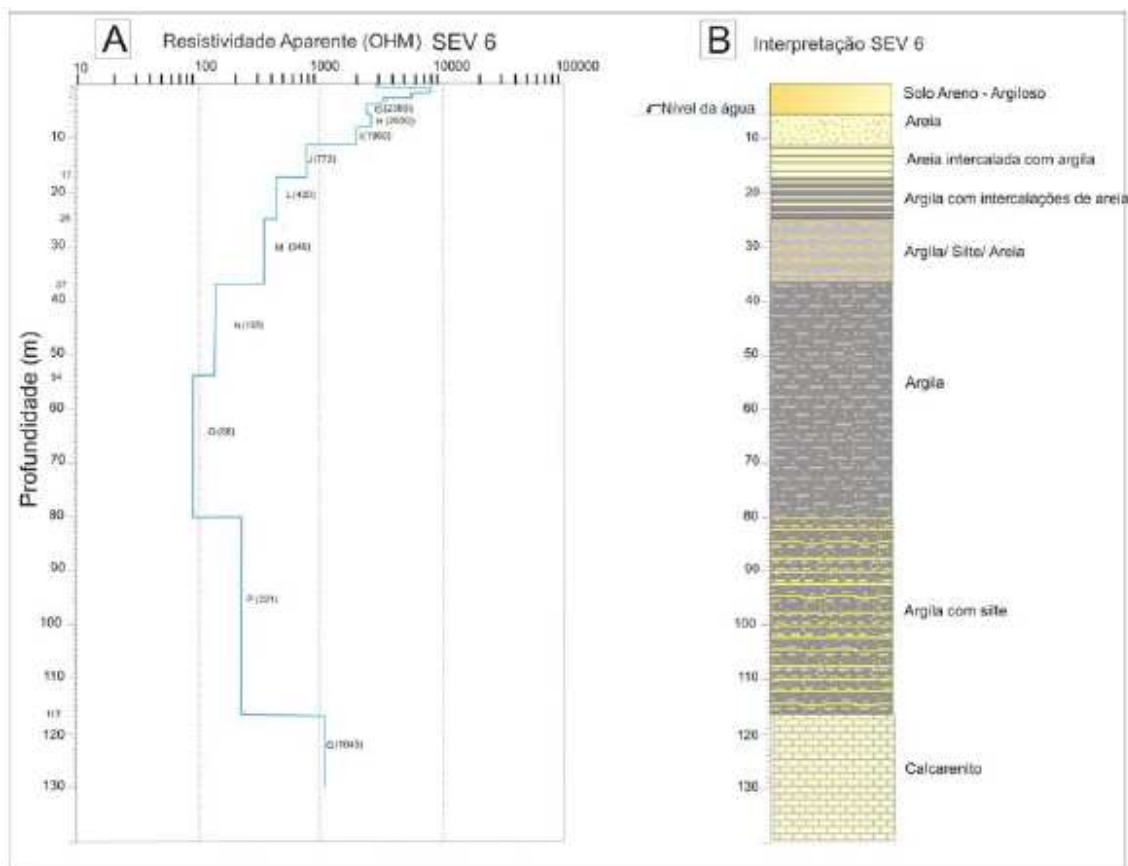


Figura 13 - (A) Curva calculada mostrando a resistividade aparente e a *profundidade em metro*; (B) *Interpretação da Sondagem Elétrica Vertical N°6* – sondagem localizada próximo a nascente do rio areal (BANDEIRA, 2008).

### 3.1.5 – Vegetação

Seguindo a classificação do manual técnico da vegetação do IBGE (1992), na BHRA ainda consta pequenas áreas remanescentes de floresta ombrófila densa. A maioria dessas florestas encontram-se com alterações de vários níveis de intensidade. Dentre as formações florestas ainda presente, a menos alterada por processo seletivo de retirada de madeira que ainda restam na BHRA, é de Floresta ombrófila densa com as com formações aluviais (Floresta Aluvial), regionalmente conhecidas como *matas de várzea* (periodicamente inundadas) e *matas de igapó* (permanentemente inundadas).



Na Floresta Ombrófila Densa Aluvial (figura 14), ou a “mata de várzea”, predominam as espécies de rápido crescimento como palmeiras, cipós, taboca e a sororoca, na sua maioria, fazendo parte de sua estrutura. A repetição das espécies ripícolas fez-se com os mesmos ecótipos no seu alto, médio e baixo cursos, por exemplo, *Ceiba pentandra* (sumaúma), *Virola surinamensis* (ucuuba) e as palmeiras *Mauritia flexuosa* (buriti) e *Euterpe oleracea* (açai).



Figura 14 - Floresta ombrófila densa aluvial, com presença das espécies Tarumã, Iperana, Tamaquaré. Fonte: Loureiro (2009)

A Formação das Terras Baixas ocupa a faixa costeira e os vales, a partir das “várzeas” em terrenos com altitudes que não ultrapassam a 100 metros. É nas “Terras Baixas” que a Floresta Ombrófila Densa se caracteriza pela exuberância da sua cobertura vegetal, com predomínio de árvores de grande porte, caracterizando suas subformações, com dossel emergentes (Dbe) ou com dossel uniforme (Dbu). Nas proximidades da cidade de Belém, de outras na zona Bragantina e ao longo das rodovias, fronteiras agrícolas, esta formação está toda alterada com extensas áreas devastadas para agricultura, pecuária ou simplesmente desmatada, como forma de posse da terra (Loureiro, 2009).

### 3.2 - Material cartográfico

Foi utilizada como base cartográfica horizontal as Cartas elaboradas pelo Serviço Geográfico do Exército – DSG em 1978, de articulação SA23-V-A-I e SA22-X-B-III na escala 1:100.000. A carta foi escaneada em 300 dpi pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBAMA e georreferenciada com inserção de pontos de controle obtidos no próprio arquivo raster da carta, considerando os parâmetros cartográficos de Projeção: UTM; Datum horizontal: SAD-69 e Fuso: 23.

A partir do georreferenciamento da imagem LandSat de 23/08/2001, todas as demais imagens utilizadas foram georreferenciadas utilizando esta como base. Todas as imagens foram georreferenciadas utilizando-se de no mínimo 10 pontos de controle, com o emprego de algoritmo exponencial de 1º grau, resultando em limites de erros menores que 10 metros (com exceções das provenientes do Google Earth e SRTM).

A base cartográfica foi atualizada com base na interpretação de imagens de satélite ópticas. A imagem óptica utilizada foi do sensor ETM<sup>+</sup> do satélite LandSat geocover de 23/08/2001 com composição falsa cor RGB com as bandas 5, 4 e 3, respectivamente. Na imagem colorida resultante foi feita fusão com a banda pancromática (banda 6) do mesmo sensor, resultando em uma imagem com resolução espacial melhorada, com quadrado de píxel tendo aproximadamente lado de 14,25 metros. Visando a obtenção das classes de uso, além das imagens dos sensores LandSat, foi utilizada imagem (ano 2007) do sensor de radar aerotransportados do Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM (antes SIVAM) na banda X multipolarimétrico, modo Qual L+X, com 6 m de resolução espacial.

Com a finalidade de discriminar com maior detalhamento as classes de uso, foram utilizadas imagens de sensores de alta resolução disponibilizadas para exibição através do Software Google Earth, pela Digital Globe, nos anos de 2003, 2006 e 2009. Para manipulação destas imagens pelo software ArcGis, foi criada uma grade de coordenadas no datum WGS84 para servir de referência na obtenção das imagens pelo Google Earth. Para cada retângulo do grid de coordenadas, eram obtidas duas imagens, sendo uma com o grid e suas respectivas coordenadas (vértices) e outra sem a visualização do grid. A partir das duas imagens, essas eram importadas para o ArcGis, onde se georreferenciava a imagem com grid, salvando seus pontos de controle. Posteriormente, as imagens sem grid, eram georreferenciadas

pelos pontos de controle obtidos pela imagem com grid. De posse das imagens sem grid de coordenadas, já georreferenciadas, estas eram convertidas para a configuração da projeção utilizada no estudo, em seguida, eram mosaicadas para serem utilizadas na interpretação visual. Várias fusões das diversas imagens utilizadas (figura 15), foram geradas para facilitar a interpretação visual, que foi feita tendo base de referencia as três campanhas de campo (uma em 2008 e duas em 2009).

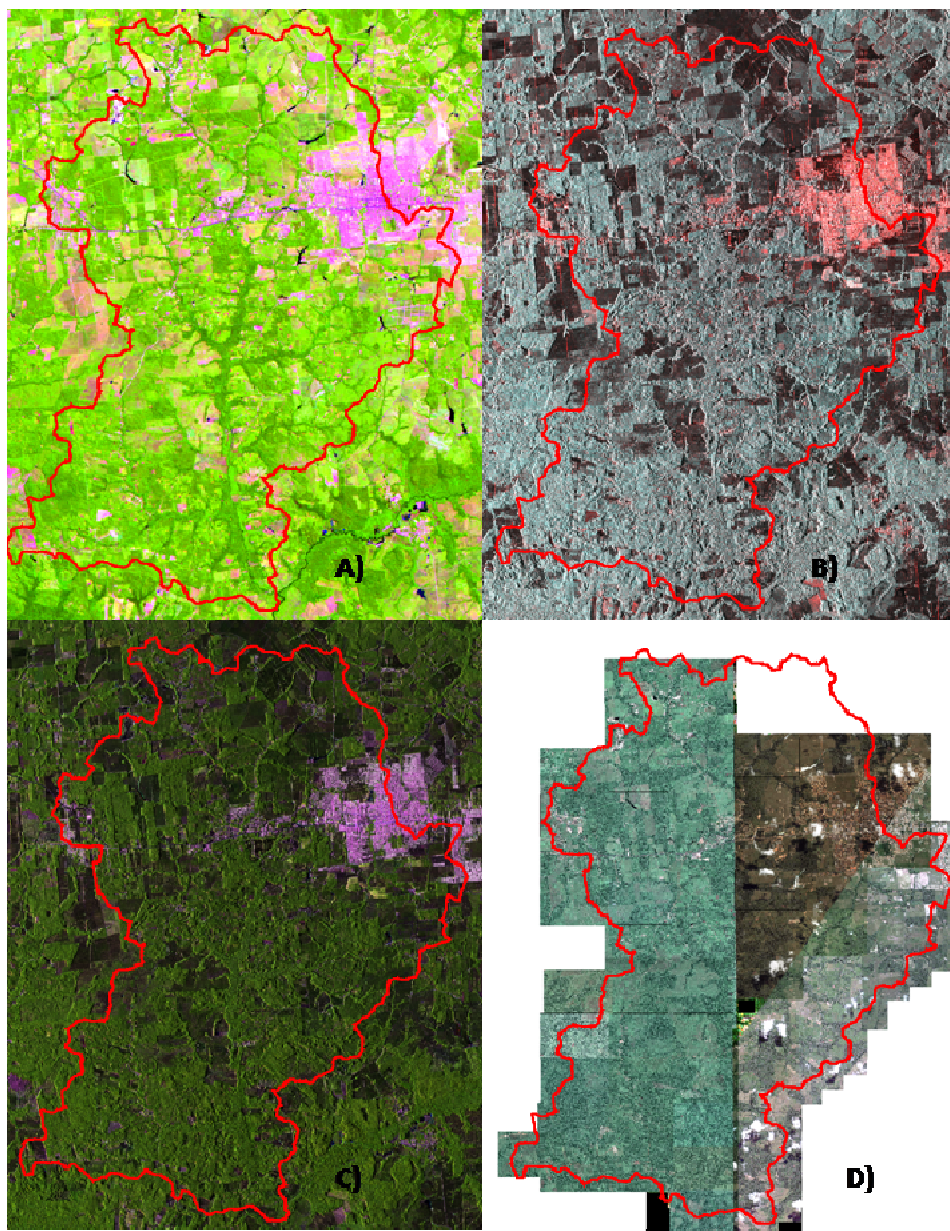


Figura 15 - Imagens de sensores remotos da BHRA: A) TM Landsat de 13072008, composição 5R 4G 3B; B) SAR-SIVAM; SAR-SIVAM polarização HH, HV, VH e VV; C)

Fusão SAR-SIVAM polarização HH, HV, VH e VV (2007) + Landsat de 13072008, composição 5R 4G 3B; D)

### 3.2 – Erosividade

A erosividade foi calculada com base no levantamento do histórico de dados dos índices pluviométricos de três estações pluviométricas, monitoradas pela Agência Nacional de Água – ANA, situadas nos municípios de Castanhal, Santa Izabel e Bujaru. Considerou-se que todas as estações utilizadas para fins de cálculos mediram índices pluviométricos que de alguma forma estão relacionados a precipitação na área da BHRA, principalmente considerando a proximidade de localização geográfica das estações em relação a área de estudo. Todas as estações pluviométricas estão contidas (estação de Castanhal) ou contiguas a extensão da área da BHRA (Figura 16).

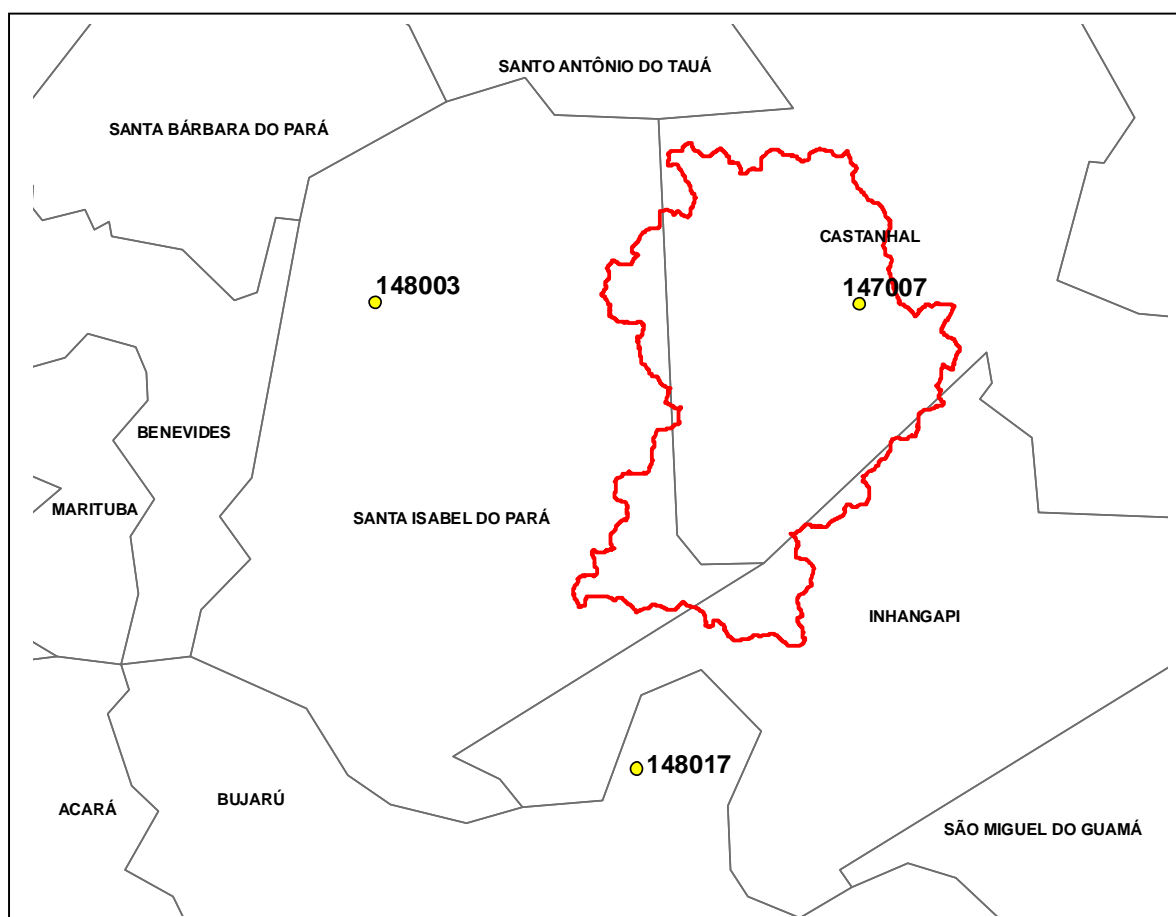


Figura 16 - Localização de estações pluviométricas (ANA, 2008).

Na seleção das estações pluviométricas, além dos parâmetros de proximidades aos limites físicos da BHRA, só foram consideradas estações que atendiam ao mínimo de 16 anos de cálculos de dados pluviométricos, haja vista, que para uma alta representatividade consideram-se um limite superior a 20 anos de dados computados, limiar este obedecido em duas das três estações preferidas (tabela 03).

Tabela 3 - Estações Pluviométricas (ANA, 2009).

Código	Nome da Estação	Município	Latitude	Longitude	Data início	Data Final
147007	Castanhal	Castanhal	-1° 17' 51''	-47° 56' 22''	01/11/94	*
148003	Santa Isabel do Pará	Santa Isabel do Pará	-1° 17' 47''	-48° 10' 15''	01/01/74	*
148017	Bujarú	Bujarú	-1° 31' 16''	-48° 02' 46''	01/06/72	*

. NOTA: \* Estação em atividade

Para o cálculo deste fator erosividade foi utilizado o método proposto por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992), adequado as condições intertropicais (muito utilizado no Brasil), que usa a relação entre a média mensal e a média anual de precipitação para alcançar um valor médio de erosividade (método EI30).

$$R = 68,73 (M^{2x} / A)^{0,841} \text{ onde,}$$

R = valor da erosividade para o mês x;

Mx: = altura de chuva (mm) para o mês x;

A = altura de chuva anual (mm).

Para determinação de R, somou-se o resultado dos valores mensais do índice de erosividade em cada estação pluviométrica:

Após o cálculo dos valores de erosividade para cada estação na criação das curvas de isoetas, foi utilizados critérios de interpolação dos dados das estações, com intuito de minimizar a irregularidade na densidade de pontos inseridos no interior dos limites

geográficos da BHRA. Essa etapa foi necessária devido a precipitação não ocorrer de maneira contínua em toda a extensão da BHRA e devido a densidade de pontos analisados (apenas três estações pluviométricas) serem insuficientes para representar a distribuição das chuvas na BHRA, em uma escala compatível de 1:100.000.

Na geração das isoetas foi utilizado o método de interpolação do Inverso do Quadrado da Distancia (IQD) que pondera os pontos em relação a distancia ao local das estações. A interpolação foi aplicada tanto na criação das isoetas referentes a pluviometria quanto as isoderes referente ao índice IE30.

Após a etapa de interpolação, toda a extensão de área da BHRA anteriormente representada por uma baixa densidade de pontos, passarão a ter maior uniformidade na padronização de pontos, capaz de gerar isoetas compatíveis com a escala de estudo.

### 3.3 - Erodibilidade

Em função do mapeamento das classes de solos utilizado como base neste trabalho ter sido executado tendo como base a divisão geográfica municipal (VELENTE, 2001a; 2001b, 2001c) e disponibilizado em arquivos no formato gráfico extensão .CDR, foi realizado a conversão deste formatos para o formato gráfico .DXF e posteriormente deste para .SHP.

Na seqüência foram feitos ajustes de posicionamento dos arquivos gráficos no Arcgis para realizar a perfeita junção dos mapas em formato vetorial. Por conseguinte os arquivos foram convertidos para o formato geodatabase para inserção de estrutura topológica de arquivos SIG. Foram feitos pequenos ajustes na delimitação das classes de solos, principalmente naqueles solos adjacentes a malha hidrográfica da BHRA.

Em função da junção dos mapas de solos de todos os municípios que intersectam a BHRA terem sidos elaborados a partir de mapas de solos com legendas diferenciadas, houve a necessidade de ser estruturado uma nova composição de legenda com as unidades de mapeamentos referente somente as classes de solos contidas na BHRA (tabela 08). Uma nova sigla de unidade de mapeamento foi gerada em função da descrição das várias composições de solos pertencentes aos municípios de Santa Izabel, Inhangapi e Castanhal. Esta etapa do trabalho foi executada seguindo a formação hierárquica de composição de legenda contida no

manual técnico de pedologia (IBGE, 2007) e Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2007).

A metodologia de estimativa da erodibilidade foi calculada indiretamente em função da analogia dos parâmetros de classe textural e matéria orgânica relacionadas com a resistência a erosão, definidos por Mitchell & Bubenzer (1980). Esse método estima a erodibilidade do solo baseado na relação de influencia da matéria orgânica e teor de areia, silte e argila mensurada na análise físico-química de cada solo (tabela 04).

A estimativa da erodibilidade do solo foi feita considerando as análises de textura e matéria orgânica das classes dominantes de solos ocorrentes na BHRA tendo como base os resultados de trabalhos desenvolvidos na própria BHRA e em outras áreas de coletas de perfil localizados no Estado do Pará.

Tabela 4 - Fator erodibilidade do solo ( k), para diferentes classes texturais e % MO do solo (Fonte: MITCHELL e BUBENZER, 1980).

Classe Textural	0.875 < %MO	0.875 ≤ MO < 1.625	1.625 ≤ MO < 2.5	.5 ≤ MO 3.5	MO ≥ 3.5
Areia	0.05	0.04	0.03	0.025	0.02
Areia franca	0.12	0.11	0.1	0.09	0.08
Franco arenoso	0.27	0.255	0.24	0.215	0.19
Franco	0.38	0.36	0.34	0.315	0.29
Argilo-siltoso	0.48	0.45	0.42	0.375	0.33
Siltoso	0.6	0.56	0.52	0.47	0.42
Franco argilo arenoso	0.27	0.26	0.25	0.23	0.21
Franco argiloso	0.28	0.265	0.25	0.23	0.21
Argilo arenoso	0.14	0.135	0.13	0.125	0.12
Argilo siltoso	0.25	0.24	0.23	0.21	0.19
Argiloso	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29

Considerando que a equação universal de perdas foi criada exclusivamente para aplicabilidade ao tipo de erosão laminar, considerou-se para fins de calculo somente os valores das classes texturais e matéria orgânica pertencentes aos subhorizontes da camada A, inclusive a camada AB, Ap quando presentes. Foi considerado apenas o valor médio dos subhorizontes como fator K para cada unidade de mapeamento de classe de solo.

Na interpretação dos valores de erodibilidade encontrados, foi utilizado as classes adaptadas de Foster et al. (1981) por Mannigel et al. (2002), contendo seis categorias relacionadas a seguir:

- a) extremamente alto para o fator K maior do que 0,0600 t.ha.h/ha.MJ.mm;

- b) muito alto para valores de K entre 0,0450 e 0,0600 t.ha.h/ha.MJ.mm;
- c) alto para valores de K entre 0,0300 e 0,0450 t.ha.h/ha.MJ.mm;
- d) médio para valores de K entre 0,0150 e 0,0300 t.ha.h/ha.MJ.mm;
- e) baixo para valores de K entre 0,0090 e 0,0150 t.ha.h/ha.MJ.mm,
- e f) muito baixo para valores de K menores do que 0,0090 t.ha.h/ha.MJ.mm.

### 3.4 – Fator topográfico (LS)

Considerando que os dados gerados pela missão SRTM, através do radar interferométrico das bandas X e C, contém imprecisões altimétricas, causadas por depressões em terrenos planos chamadas de “sinks”, capazes de gerar inconsistências nas direções de fluxo hídrico. Mendes e Cirilo (2001) consideram que essas falhas influenciam negativamente na elaboração de modelos hidrológicos aplicados na quantificação de sedimentos, chuva-vazão e distribuição de poluentes de origem difusa.

Visando diminuir os erros contidos no DEM SRTM original, causados principalmente pelas copas das arvores (figura 9), de modo a compatibilizar o traçado da drenagem da carta DSG com o DEM SRTM, foram comparados 40 pares de pontos com valores de pixels (z) entre a Floresta Aluvial e Solo alterado e/ou pastagem. A diferença média entre esses valores foi de 7,88 metros. No entanto, utilizou-se a metade desse valor (3.94 metros) para serem subtraídos dos pontos (que representam os pixels do SRTM original) que estejam a aproximadamente 100 metros de distancia da linha de drenagem. Posteriormente, visando a direcionar os valores dos pontos para coincidir com fluxo e sentido da drenagem da carta DSG, foi subtraído mais 50 cm desses valores.



Visando corrigir essas imprecisões (Figura 17), foram executadas funções do módulo Hydrology no arcgis com o intuito de modificar os valores altimétricos nos pontos de ocorrência dessas falhas. Pixels identificados com essas falhas (através do limiar de 50 cm) tem seus valores modificados a altitude mais baixa do terreno, contribuindo para maior uniformidade das altitudes e permitindo continuidade da direção do fluxo hídrico para pontos mais baixos de altitudes compatíveis com um modelo hidrológicamente correto.

Somente após esse passo, os pontos foram novamente convertidos em imagem com o DEM já corrigido para a rede de drenagem. Após foram executados todos os cálculos referente aos fatores LS da EUPS e índices morfométricos da BHRA.

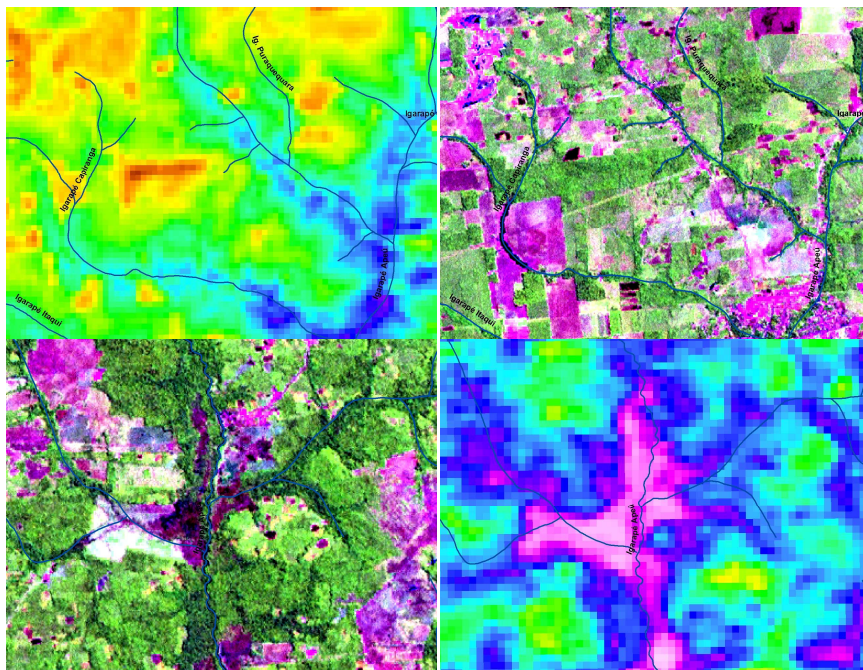


Figura 17 - Erros do DEM SRTM, com influência na forma do canal de drenagem, devido a diferença altimétrica entre a de floresta e/ou área alterada ou pastagem (imagem ETM, Landsat).

. Entretanto, as características de relevo e área são diferentes das condições das parcelas experimentais que deram origem a EUPS. Essa diferença é corrigida por meio da equação desenvolvida por Bertoni (1990). Utilizando o MDE “hidrológicamente correto” e

calculos algébrico de pixels de imagens rasters dos fatores L e S da EUPS, foram gerados os fatores LS conjugados aplicando a fórmula abaixo:

$$LS = 0.00984.C^{0.63}.D^{1.18} \text{ onde,}$$

C = comprimento de rampa (m);

D = declividade (%).

### 3.5 – Fator de uso e práticas conservacionistas (CP)

As classes de uso foram obtidas através de interpretação visual das diversas imagens de sensores remotos (mencionadas na figura 8) em comparação com os trabalhos realizados por Santos (2006) e Valente (2001a , 2001b e 2001c) e com base nas observações feitas nas três campanhas de observação de campo realizadas na área da BHRA.

Os índices utilizados para as classes de uso definidas para a BHRA foram baseados nos estudos de Farinasso (2006), Fujihara (2003) e FEMA (1996).

Para o fator P, foi utilizado o valor 1, haja vista, não ter sido observados práticas conservacionista representativas para a escala do estudo (1:100.000) na BHRA.

Após todos os fatores que compõem a EUPS terem sidos quantificados e espacializados, procedeu-se a multiplicação de todos os fatores (álgebra de mapas) que compõem a formação da EUPS e PNE, através da extensão Spatial Analystic do Software Arcgis (Figura 18).

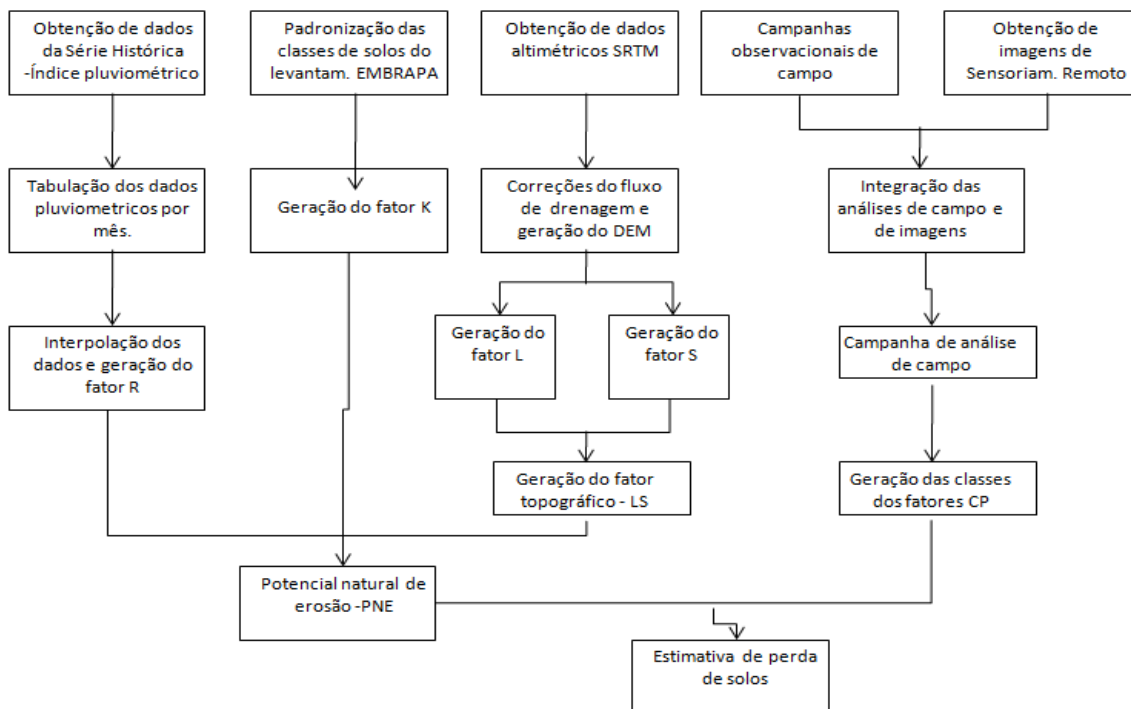


Figura 18 - Fluxograma da obtenção da estimativa de perda de solos na BHRA.

### 3.6 – Índices morfométricos:

No cálculo dos valores dos índices morfométricos para a BHRA, foram utilizados os parâmetros de relação descritos em Lima (2006), conforme tabela 5.

Tabela 5 - Principais propriedades morfométricas das bacias de drenagem (Fonte: adaptado de SUMMERFIELD, 1991 e CHRISTOFOLETTI, 1986, apud LIMA 2006).

PROPRIEDADES	DEFINIÇÃO
<b>Linear</b>	Envolve medidas relativas aos segmentos de drenagem, as quais são importantes por que possibilita quantificá-los e compará-los, facilitando seus estudos quantitativo e qualitativo.
1 - Relação de bifurcação (Rb)	Razão entre o número de canais de uma ordem e o número da próxima ordem mais elevada.
2 - Relação do comprimento médio dos canais de cada ordem (Rco)	Média aritmética dos canais de drenagem de cada ordem.
3 - Relação do índice de comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (Rci)	Razão entre Rb e Rco
4 - Comprimento do rio principal (Crp)	Medida do comprimento do rio de maior ordem (Strahler, 1952).
5 - Extensão do percurso superficial (Eps)	Distância média percorrida pela enxurrada entre o interflúvio e o canal permanente.
6 - Relação do equivalente vetorial (Rev)	Média aritmética do comprimento médio de cada canal de cada ordem em linha reta.
7 - Gradiente dos canais (Gc)	Diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término do canal.
<b>Espacial</b>	Relação da bacia de drenagem com medidas lineares e espaciais, proporcionando, em duas dimensões, comparações, no que concerne à forma, área e suas inter-relações.
1 - Área da bacia (Ab)	Área da bacia drenada pelo sistema fluvial.
2 - Comprimento da bacia (Cb)	Maiores extensão na direção longitudinal.
3 - Largura da bacia (Lb)	Maiores extensão na direção transversal.
4 - Índice de circularidade (Ic)	Área da bacia de drenagem dividida pela área de um círculo com o mesmo perímetro da bacia.
5 - Relação entre o rio principal e a área da bacia (Ra)	Produto da extensão do rio principal e a área da bacia.
6 - Forma da bacia (Fb)	Relação da bacia com alguma Figura geométrica.
7 - Densidade de rios (Dr)	Relação entre o número de rios e a área da bacia.
8 - Densidade de Drenagem (Dd)	Soma do comprimento dos canais por unidade de área
9 - Densidade de segmentos da bacia (Dsb)	É a quantidade de segmentos existentes por unidade de área.
10 - Relação entre as áreas das bacias (Rab)	Relação entre áreas de duas determinadas ordem.
11 - Coeficiente de manutenção (Cm)	Inverso da densidade de drenagem vezes 1 000.
12 - Relação de Elongação (Re)	O diâmetro de um círculo da mesma área da bacia de drenagem dividida pelo máximo comprimento da bacia medido desde a sua foz.
<b>Hipsométrica</b>	Estabelece a relação da bacia nos planos horizontal e vertical, dando uma ideia tridimensional, daí a sua importância
1 - Curva Hipsométrica (Ch)	Relação entre altitudes (ordenada) e a área (abscissa).
2 - Coeficiente de Massividade (Cms)	Relação da altitude média e sua área
3 - Coeficiente Orográfico (Co)	Produto da altura média pelo coeficiente de massividade.
4 - Amplitude altimétrica máxima da bacia (Aab)	Diferença entre o ponto mais alto e o mais baixo.
5 - Relação de relevo (Rr)	Relevo da bacia dividido pelo máximo comprimento da bacia
6 - Índice de rugosidade (Ir)	Relevo da bacia multiplicado pela densidade de drenagem.

## 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Análise morfométrica

#### 4.1.1 - Densidade de Drenagens (Dd)

Obteve-se para a BHRA um índice baixo de densidade de drenagem de  $0,7 \text{ km/km}^2$  em função da grande área da bacia ( $320,37 \text{ Km}^2$ ) e baixa extensão linear dos seus canais de drenagens. Santos (2006) para a mesma bacia definiu um índice de densidade de drenagem de  $0,73 \text{ km/km}^2$ . Essa pequena diferença foi em função da tênue divergência na análise da rede de drenagem referente a alguns canais de 1ª e 2ª. ordem, e a diferença de limites da BHRA.

O resultado de  $1,01 \text{ km/km}^2$  para a densidade de drenagem alcançada por Milani e Canali (2000) para o sistema hidrográfico do rio Matinhos, no Estado do Paraná, foi considerado pelos autores como um índice baixo e indicador de um bom grau de infiltração (transmissibilidade do terreno).

Não nos causa surpresa a semelhança entre os índices de densidade de drenagem obtidos por Barreto (2001) de  $0,71 \text{ km/km}^2$ , e por Carvalho (2002) de  $0,73 \text{ km/km}^2$  para a bacia de 5ª ordem do rio Caraparú (no município de Santa Izabel do Pará) com o índice de  $0,7 \text{ km/km}^2$  obtido para a BHRA, haja vista, que as duas bacias, além de possuírem a mesma ordem de magnitude, compartilham os mesmos limites de domínios físicos topográficos (os divisores de água) a oeste da BHRA.

Essa elevada semelhança no índice de densidade de drenagem na análise de comparação dessas bacias hidrográficas (Caraparú e Apeú), se justifica quando analisamos a grande similaridade entre as classes de solos ocorrentes nas duas bacias.

Considerando somente as classes de solos dominantes nas associações de legendas pertencentes aos grandes grupos de classificação nos levantamentos de solos feita por Valente et al. (2001a, 2001b e 2001c) e Barreto (2001), referente aos níveis categóricos contidos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), percebemos que os Argissolos Amarelos distróficos de textura arenosa/média (possivelmente com boa infiltração) representam aproximadamente 69% e 59% das áreas de domínios das bacias hidrográficas dos rios Caraparú e Apeú respectivamente. A descrição referente à associação de Neossolos

Flúvicos Tb distróficos, também são as mesmas. Sendo que essa classe de solos perfaz um total de área de 5.7% na BHRA e 8,8% na bacia do rio Caraparú.

Resultados apresentados por Dematê (1995) confirmam a relação existente entre os índices morfométricos de densidade de drenagem, frequência de rios e razão de textura média com várias classes de solos provenientes de rocha básica. (Op. Cit.) conclui que esses índices morfométricos podem ser usados para diferenciar bacias hidrográficas com predomínios de solos diferentes.

Considerando os mapas geológicos produzidos pelo projeto RADAM (BRASIL, 1974 e BRASIL, 1973), as bacias dos rios Apeú e Caraparú estão inseridas dentro da mesma formação geológica (barreiras). Considerando a geologia descrita por Carvalho (2002) para a Bacia do Rio Caraparú e de Bandeira (2008) para o rio Apeú, ambos coadunam a mesma opinião quando da presença desta formação nas respectivas bacias. Essa similaridade geológica contribuiu para a semelhança da densidade de drenagem entre essas bacias hidrográficas.

#### 4.1.2 – Índices de circularidade (Ic), compacidade (Kc) e fator de forma (F).

Santos (2006), em análise de morfometria da BHRA, encontrou valores de coeficiente de Compacidade (Kc) de 1,47 e fator forma (F) de 0,23. Esses resultados demonstram uma considerável diferença quando comparado com os resultados deste estudo, que foram de 1,89 e 0,42 para os Índices Kc e F respectivamente (tabela 6).

A diferença nos índices Kc calculados indica que o presente estudo considera a BHRA com forma mais irregular e alongada que a descrita por Santos (2006). Quanto às diferenças pertinentes aos índices Ic mensurados nos dois estudos, constata-se que Santos (2006) considerou a forma da bacia muito distante da circularidade que o presente estudo.

Essa ampla diferença de resultados reside em uma série de fatores referentes à metodologia utilizada nos dois estudos para a delimitação da bacia. Enquanto na delimitação da BHRA feita por Santos (2006) se utilizou de metodologia analógica, através de equipamentos como planímetro, curvímetro e carta DSG 1:000.000 no formato analógico e com pequena densidade de pontos de cotas para a altitude, neste trabalho, se preferiu usar

técnicas e métodos de cálculos fundamentados em Software de SIG, aliado a dados de sensor interferométrico para a delimitação da BHRA.

Tabela 6 - Índices morfométricos calculados para a BHRA.

Índices	km
Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	320,37
Perímetro (km)	121,03
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,89
Coefficiente de manutenção (m <sup>2</sup> m)	700
Razão de textura (Tx)	0,87
Fator de Forma (F)	0,42
Índice de circularidade (IC)	0,27
Índice de rugosidade	1,73
Declividade mínima (%)	0,002
Declividade média (%)	2,47
Declividade máxima (%)	15,66
Altitude mínima (m)	3,39
Altitude média (m)	32,57
Altitude máxima (m)	59,79
Comprimento do canal principal (km)	31,570
Comprimento total dos canais (km)	223,94
Densidade de segmentos	0,33
Densidade de drenagem	0,7

Furtado (1994) definiu para a bacia do igarapé do Segredo (mesma ordem que a do Apeú) localizada no município de Igarapé-Açu, nordeste paraense, índice de circularidade de 0,53 e coeficiente de compacidade de 1,36. Estes resultados, comparados com os mesmos índices obtidos na BHRA, revelam que esta bacia possui maior tendência a forma circular, e, portanto maior tendência a enchentes, principalmente relacionadas a eventos anormais de pluviosidade com ocorrência simultânea em toda a área dessa bacia. A pequena indicação de tendência a enchentes, conferidos por alguns índices morfométricos, aliado a chuvas intensas,

ao assoreamento dos rios e ao grau de impermeabilização da área urbana da BHRA (quase 10%), podem ocasionar enchentes como a ocorrida no dia 22/04/2007 (figura 19).



Figura 19 - Enchente ocorrida na vila do Apeú em 22/04/2007 (Fonte: Assad) .

Considerando a média dos valores entre os resultados mensurados por Barreto (2001) e Carvalho (2002) para a bacia do rio Caraparú, referente aos índices de circularidade de 0,57 e o fator de forma de 0,53; indicam uma leve disposição a enchente, porém com maior tendência que a observada para a BHRA, que apresenta valor de índices de circularidade e fator forma menores.

Semelhanças geológicas de mesma formação também ocorrem, além do que, os agentes intempéricos responsáveis pela formação da paisagem nas duas bacias, devem, ter atuados de maneira conjunta nas diversas formações. Essas duas bacias devem ter passados pelas mesmas interações de clima quando de sua evolução pedogenética.



#### 4.1.3 – Índices relativos ao comprimento e número de canais.

Os comprimentos de todos os canais da bacia totalizaram 224 km de extensão (figura 20). Sendo de 135, 49, 21, 4 e 15 km a extensão dos canais de 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª respectivamente. A prerrogativa da lei de comprimento de canais de Horton (1945), de que os comprimentos totais dos canais de uma ordem de drenagem devem formar uma série geométrica inversa em relação à ordem de ramificação, não aconteceu em relação ao rio de 4ª ordem.

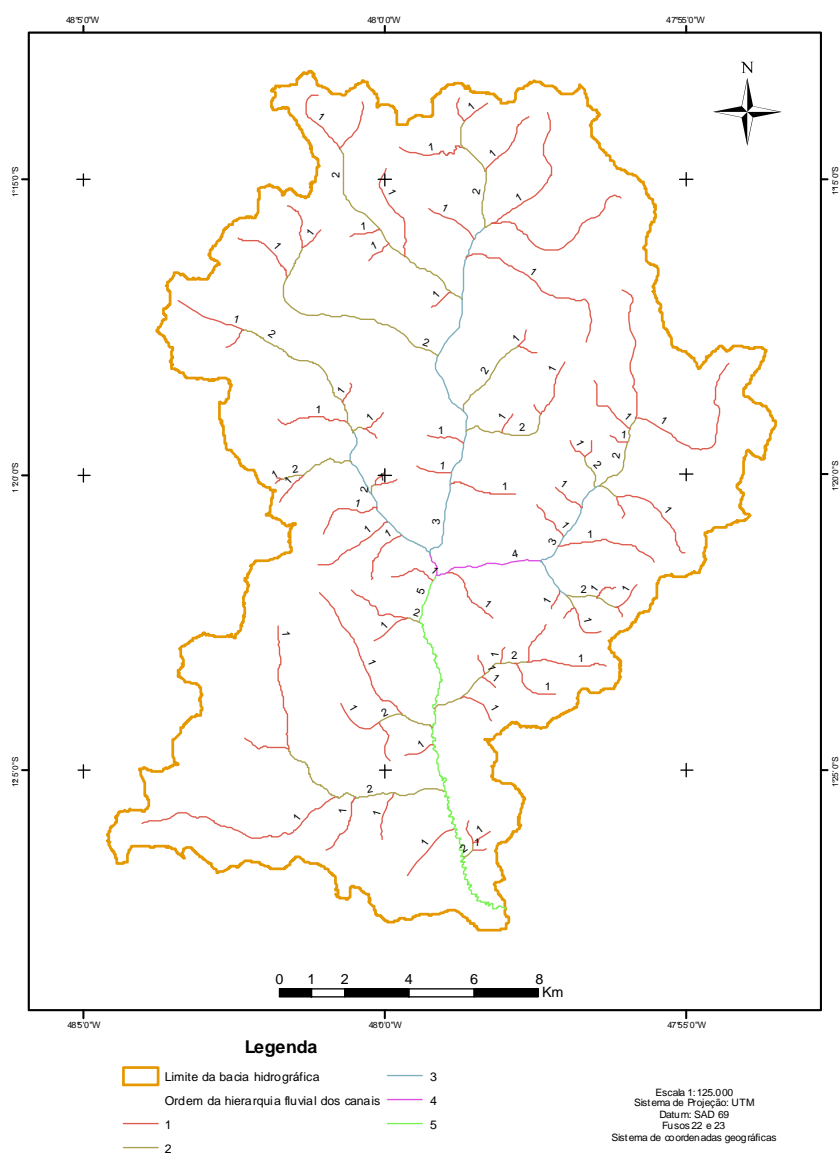


Figura 20 - Classificação da ordem dos canais de drenagens da BHRA.

Segundo Dematê (1995), esse fato pode ocorrer devido aos rios de 3ª. ordem serem mais sujeitos à imposição estrutural do material geológico subjacente. Dematê (1995) destaca que fato semelhante ocorreu com Lueder (1959) e Gevaerd (1974). Segundo Morisawa (1968), existem casos em que a lei do número de canais de Horton (1945) não é aplicado.

Os índices de bifurcações calculados nas relações das ordens variaram entre 1 e 5. Os valores demonstram grande variações nesse índice, em função do grande número de canais de 1ª. ordem como tributários de canais de 2ª, 3ª, 4ª e até 5ª ordens.. Nos índices em que envolvem extensões lineares, o comprimento longo dos canais de 1ª ordem influenciou os resultados.

Tabela 7 - índices morfométricos relacionados ao número e comprimento dos canais.

U	Nu	Rb	Lt	Lm	RL <sub>m</sub>	R <sub>lb</sub>
1ª	79		135	1,71		
		3,95			1,43	0,36
2ª	20		49	2,45		
		5			2,14	0,43
3ª	4		21	5,25		
		2			0,38	0,19
4ª	2		4	2		
		1			7,5	7,5
5ª	1		15	15		
Média		2,99			4	2,12

#### 4.2 – Fator erodibilidade (K)

A nova composição de legenda com as classes de solos contidas na BHRA é composta por ARGISSOLOS , LATOSSOLOS, Gleissolos e Espodossolos (tabela 8 e figura 21).

Tabela 8 - Classificação da unidades de mapeamento de solos da BHR.A.

Simbologia	Classificação dos solos/unidades de mapeamento	Quantificação	
		Area (Km <sup>2</sup> )	%
PAd1	ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossálico A moderado textura arenosa/média floresta equatorial subperenifólia relevo plano + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico A moderado textura média floresta equatorial subperenifólia relevo plano.	160,95	50,24
PAd2	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico A moderado textura média/argilosa floresta equatorial subperenifólia relevo suave ondulado + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico A moderado textura média floresta equatorial subperenifólia relevo suave ondulado.	16,16	5,04
PAd3	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico A moderado textura arenosa/média cascalhenta floresta equatorial subperenifólia densa relevo suave ondulado e ondulado + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico A moderado textura média cascalhenta floresta equatorial subperenifólia densa relevo suave ondulado.	11,7	3,65
PAd4	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico A moderado textura arenosa/média floresta equatorial subperenifólia densa relevo suave ondulado + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico A moderado textura média floresta equatorial subperenifólia relevo suave ondulado.	1,41	0,44
PAd5	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico A moderado textura arenosa/média floresta equatorial subperenifólia relevo plano + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico A fraco floresta equatorial subperenifólia relevo plano + ESPODOSSOLO FERROCARBICO Hidromórfico arênico A moderado floresta equatorial subperenifólia densa aberta relevo plano.	14,94	4,66
PVAd1	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico concrecionário A moderado textura média /argilosa floresta equatorial subperenifólia densa relevo suave ondulado + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico concrecionário A moderado textura argilosa floresta equatorial subperenifólia densa relevo suave ondulado.	65,86	20,56
PVAd2	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico concrecionário A moderado textura média/argilosa floresta equatorial subperenifólia relevo suave ondulado e ondulado + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico concrecionário A moderado textura argilosa floresta equatorial subperenifólia relevo suave ondulado e ondulado.	10,28	3,21
Esg	ESPODOSSOLO FERROCARBICO Hidromórfico arênico A moderado floresta equatorial subperenifólia densa aberta relevo plano + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico A fraco floresta equatorial subperenifólia aberta relevo plano.	0,58	0,18
GXbd1	GLEISSOLO HAPLICO Tb Distrófico típico A moderado textura argilosa floresta equatorial higrófila de várzea relevo plano + NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico A moderado textura argilosa floresta equatorial higrófila de várzea relevo plano.	16,62	5,19
GXbd2	GLEISSOLO HAPLICO Tb Distrófico típico A moderado textura média floresta equatorial higrófila de várzea relevo plano + NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico A moderado textura indiscriminada floresta equatorial higrófila de várzea relevo plano.	1,64	0,51
LAd	LATOSSOLO AMARELO Distrófico concrecionário A moderado textura média floresta equatorial subperenifólia relevo suave ondulado.	2,07	0,64
RUbd	NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico A moderado textura argilosa floresta equatorial higrófila de várzea relevo plano.	18,15	5,66

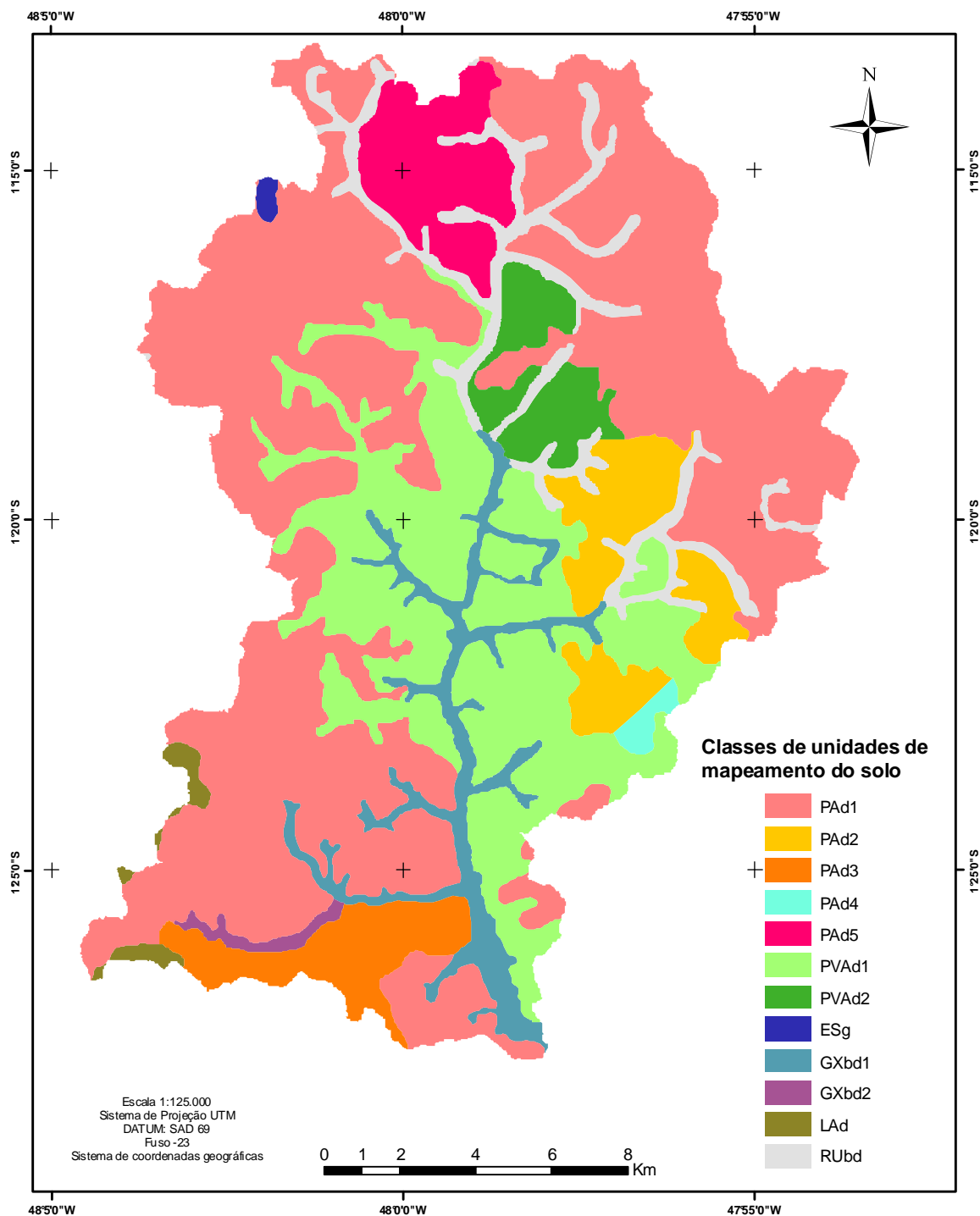


Figura 21 - Classes de unidades de mapeamento dos solos da BHRA.

O valor médio de erodibilidade (K) estimado para a BHRA foi de 0,02784; sendo os valores máximo, mínimo e desvio padrão de aproximadamente; 0,045; 0,007 e 0,011,

respectivamente. Este valor de erodibilidade do solo está enquadrado na classe de erodibilidade média.

O resultado de erodibilidade média da bacia como um todo teve influencia das unidades de solos que a compõem. Isso se confirma quando analisamos que a maior extensão da área da BHRA com ocorrência das unidades PAd1 e PAd5 juntas representam aproximadamente 54,95% da área da bacia (tabela 8) e estão exclusivamente inseridas na classe de erodibilidade média. Essas classes estão localizadas em maior ocorrência nas bordas dos divisores de água da BHRA em sentido e direção ao centro da bacia. As localizações da maioria das cabeceiras dos rios estão inclusos nesta classe de solo.

A maioria das unidades de solos (em termos de quantidade de unidades de classes) da BHRA estão inclusos nas unidades de argissolos PAd2, PAd3, PAd4 e todos as unidades de classes dos Gleissolos (GXb1 e GXb2) e Neossolos flúvicos (RUbd) (figura 21). Todas essas unidades foram classificadas com erodibilidade alta e muito alta. Essa posição, certamente foi influenciado pela baixa presença de matéria orgânica e teores de silte e argila presentes em todo o horizonte A.

Somente uma sutil unidade de solos foi classificada com erodibilidade muito baixa, compreendendo cerca de 0,17% da BHRA e representada pela classes dos Neossolos Flúvicos (figura 22).

Lopes, Rodrigues e Oliveira Junior (1999) avaliam que após a conversão da floresta em cultivos agrícolas, os latossolos de baixa fertilidade natural do nordeste paraense ficam expostos a intensa pluviosidade da região e se exaurem e perdem sua capacidade produtiva em aproximadamente dois anos, no que acarreta a necessidade de inserção de adubos químicos ou orgânicos para sua recuperação. Isto parece que vem ocorrer também com os argissolos da BHRA. Principalmente se considerarmos a grande extensão de área de pastagem com baixo nível tecnológico, onde o habito da maioria dos pecuaristas da região é não fazer nenhum tipo de inserção de fertilizante, seja ele químico ou orgânico.

Lopes, Rodrigues e Oliveira Junior (1999) concluem em seus experimentos que as elevadas perdas de matéria orgânica em solos cultiváveis acarretados pela erosão degradam o solo, tanto na agricultura tradicional, quanto na empresarial.

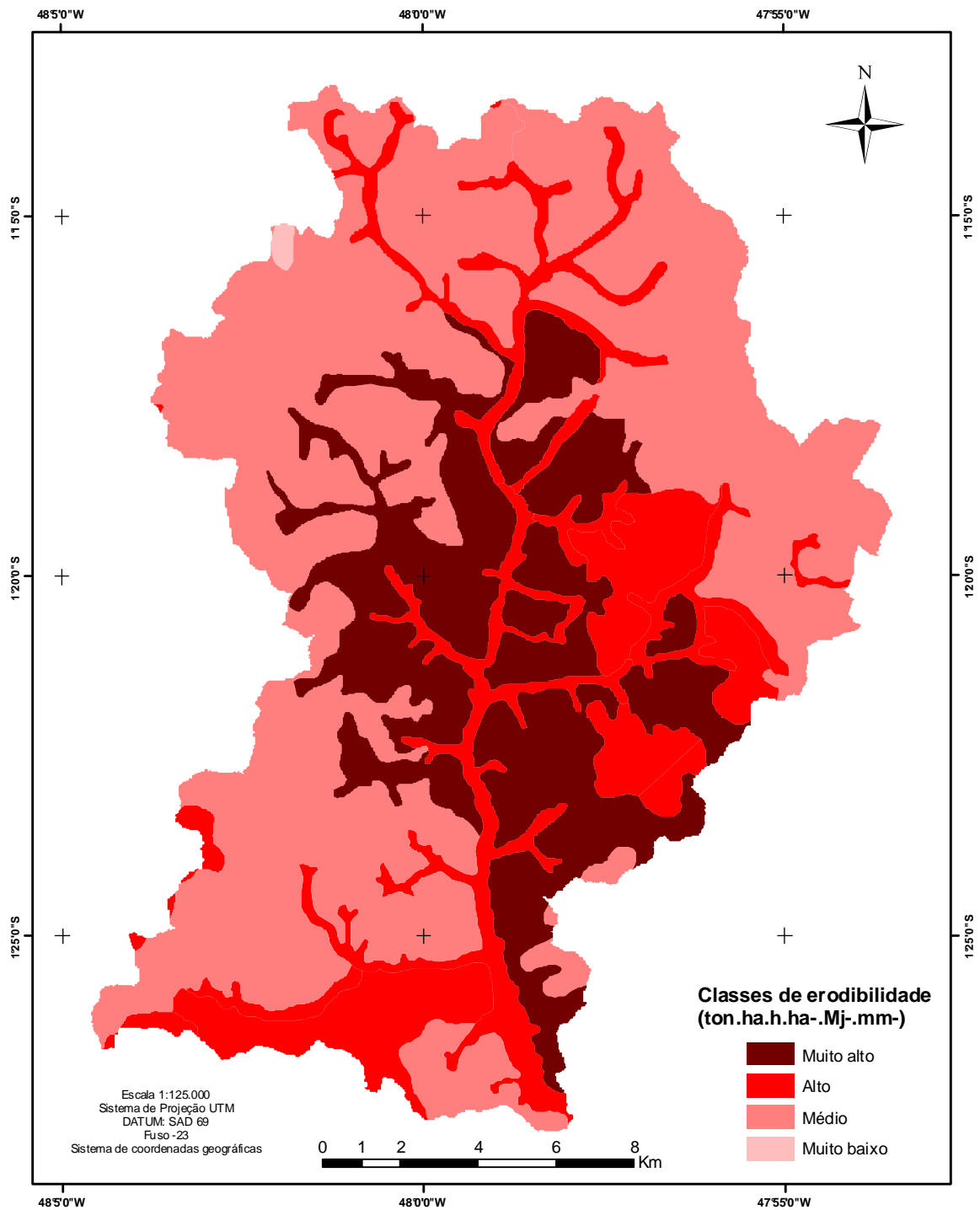


Figura 22 - Classes de níveis de erodibilidade dos solos da BHRA.

### 4.3 – Erosividade (R)

A erosividade foi calculada com base no levantamento do histórico de dados dos índices pluviométricos de três estações pluviométricas situadas nos municípios de Castanhal, Santa Izabel e Bujarú. Considerou-se que todas as estações utilizadas para fins de cálculos mediram índices pluviométricos que de alguma forma estão relacionados a precipitação na área da BHRA, principalmente considerando a proximidade de localização geográfica em relação a área da MBHRA. Todas as estações pluviométricas estão contidas (estação de Castanhal) ou contiguas a extensão da área da BHRA.

Os índices de chuva usados, estão compatíveis com demonstrados no trabalho de Sulieta et al., in SUDAM (1993) no estudo de classificação do clima do Estado do Pará.

A figura 23 mostra os anos de 1985 para a estação de Santa Izabel e, 1994 e 2001, para as estações de castanhal com atípicos, com totais de chuvas acima de 4.000 mm. O ano de 1981 para a estação de Castanhal, também foi atípico, haja vista, que foi registrado um valor total anual, menor que 1.500 mm de chuvas (figura 23).

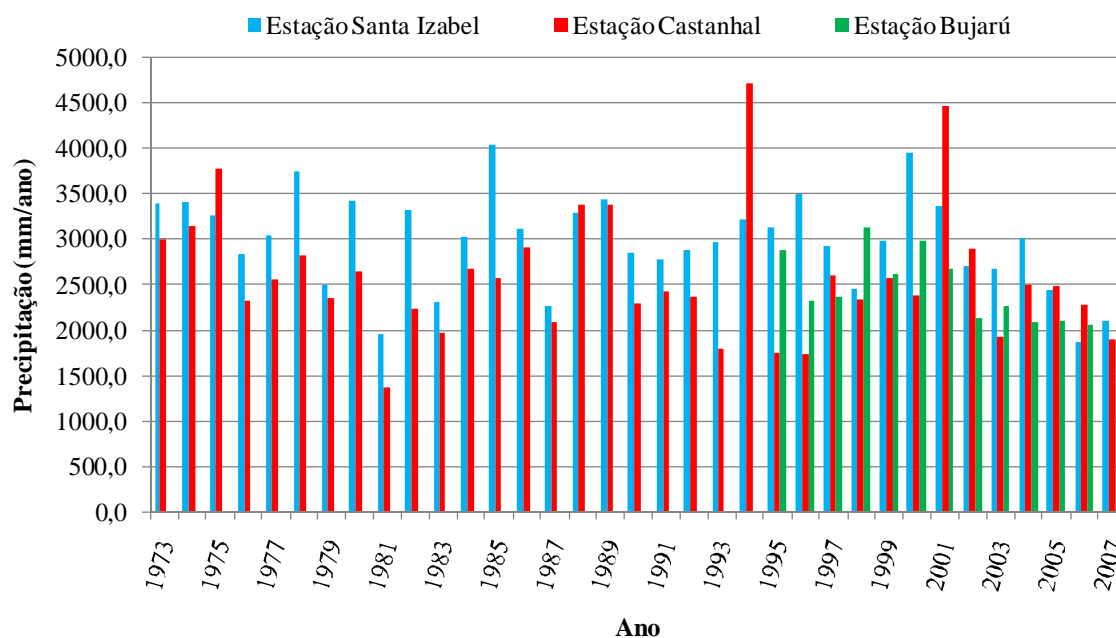


Figura 23 - Índices pluviométricos das estações de Santa Izabel do Pará, Castanhal e Bujarú para a série histórica de 1973 a 2007.

A distribuição das chuvas se concentra mais nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril. Os meses menos chuvosos com menor pluviosidade são junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro. Sendo o mês de dezembro a transição do período menos chuvoso ao mais chuvoso (Figura 24).

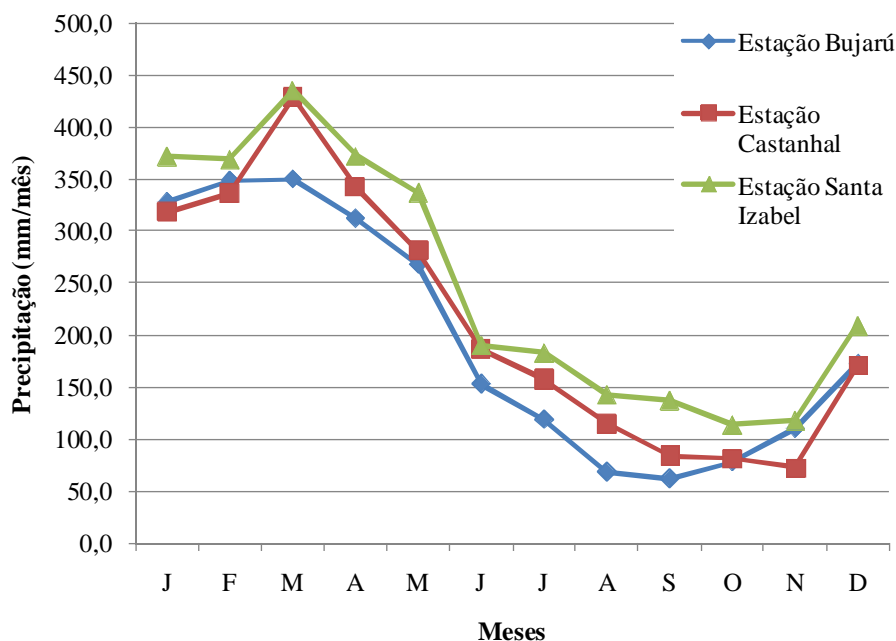


Figura 24 - Médias mensais da pluviosidade da série histórica de 1973 a 2007 para a BHRA (Fonte: ANA).

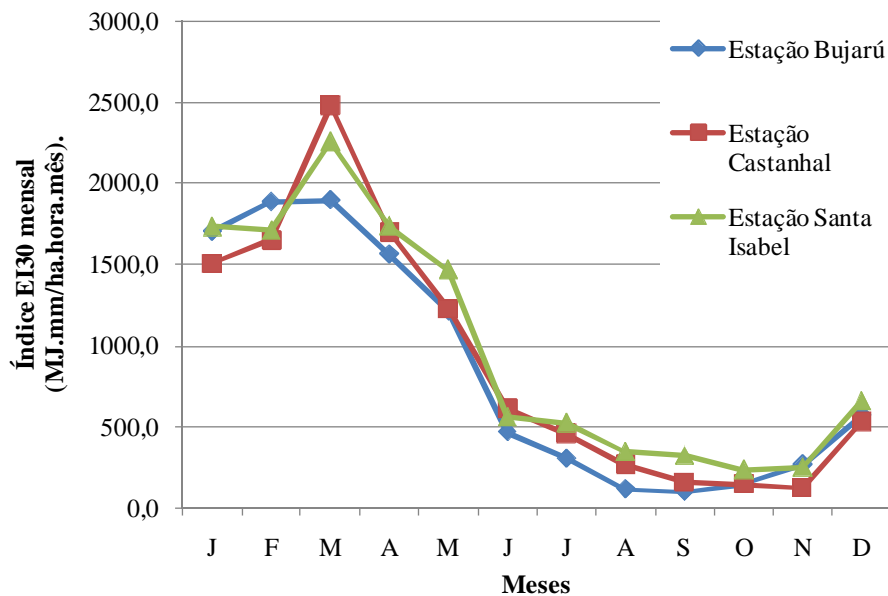


Figura 25 - Médias mensais do índice EI30 da série histórica de 1973 a 2007 para a BHRA.



O valor médio de erosividade encontrado para a BHRA foi de 10.945 MJ.mm/ha.hora.ano, com desvio padrão em torno de 34,12 MJ.mm/ha.hora.ano. Na classificação utilizada por Silva e Melo Filho (2002), adaptada de Foster (1981), este valor médio de erosividade da BHRA é considerado alto (última classificação de 3 categorias).

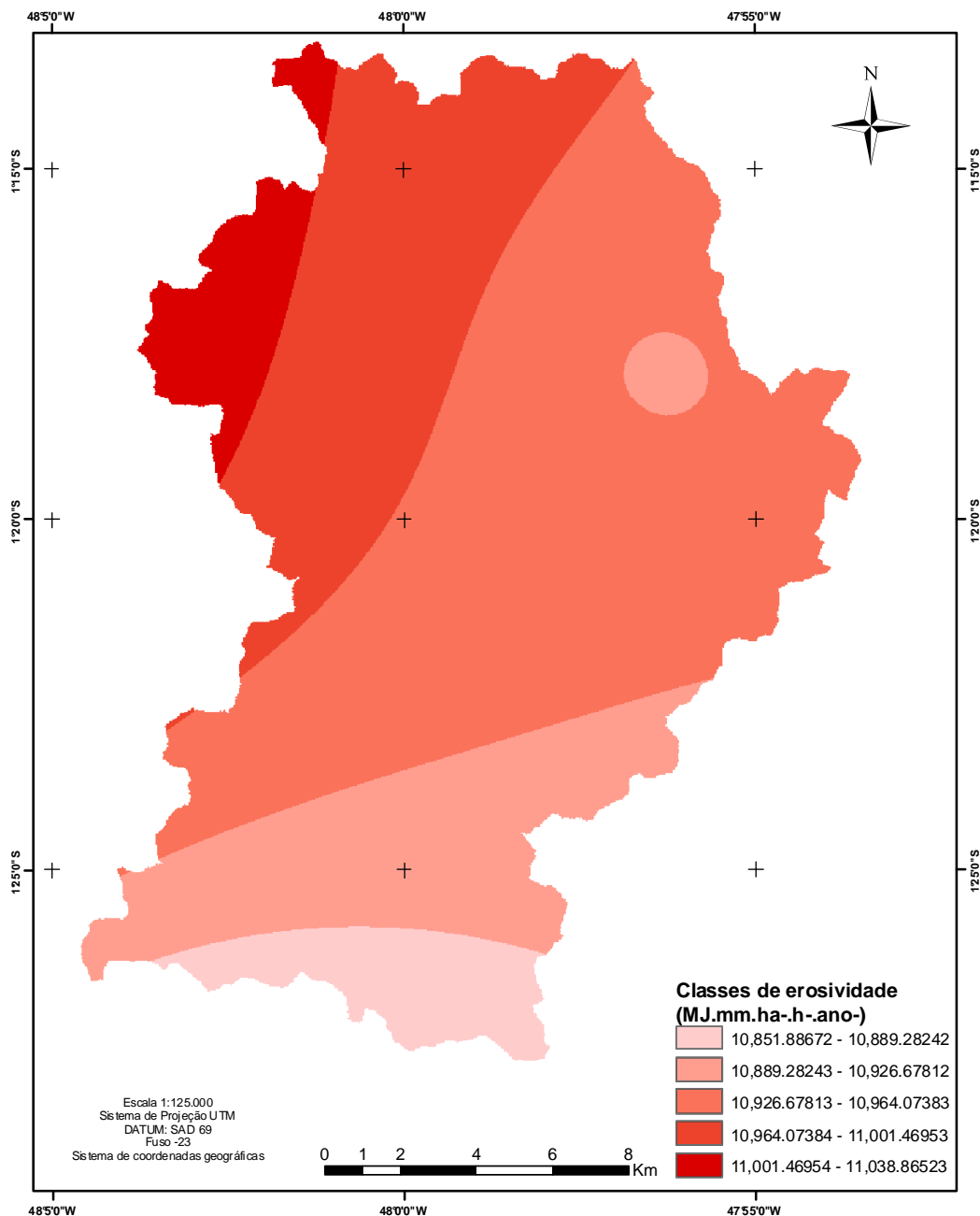


Figura 26 - Índices de erosividade para a BHRA.

Os maiores índices de erosividade foram estimados para a região noroeste da BHRA, e os menores para a parte sudeste. A área restante se aproximou mais do valor médio de erosividade (Figura 26). Essa espacialização comprova a tendência do método de interpolação utilizado (IDW), influenciado pela relação de menor distância e maior índice pluviométrico nos pesos dos resultados de distribuição dos valores de R para toda a BHRA.

O baixo desvio padrão calculado, mostrou-se também influenciado pelo método utilizado para interpolação dos dados. Outro fator, que contribuiu, mais com influência inferior, foi a “pequena distância” entre as estações utilizadas para fornecimento dos dados – para escala climáticas - que foram utilizados para obtenção dos resultados de erosividade para a BHRA( Figura 8).

Os resultados do fator R na BHRA, se mostrou bastante diferente do encontrado por Oliveira Junior (1988) em estudos de erosividade das chuvas na parte leste do Estado do Pará. Esse autor encontrou, para todas as sete municípios pesquisados (Belém, Bragança, Cametá, Paragominas, Tucuruí, Marabá e Conceição do Araguaia) valores inferiores a 3.003 MJ.mm/ha.hora.ano.

Em seu estudo, Oliveira Junior (1988) considerou para efeito de cálculo, somente os valores de chuvas consideradas erosivas. Segundo Silva e Melo Filho (2002), Oliveira Junior (1988) apud Cabeda (1977), as chuvas erosivas são aquelas na qual os valores de medição de precipitação ultrapassam os 10mm, ou aquelas na qual o valor medido em 15 minutos de duração de chuva ultrapassa os 6mm de chuva.

A larga diferença de resultados entre os estudos de Oliveira Junior (2006) e o presente estudo, parecer ser de origem metodológica, haja vista, que a diferença no volume total de dados de chuva consideradas erosivas com as não erosivas, apresentam elevadas diferenças.

O valor médio de erosividade encontrado neste estudo foi superior ao estimado por Araújo (2006) para as microbacias Boqueirãozinho e São Gonçalo no Estado do Maranhão , e por Silva (2004) na Bacia do rio Paracatu (MG, GO, e DF), que obteve média de 7774 MJ.mm/ha.hora.ano. Esses resultados são compatíveis com a diferença no clima dessas regiões, que são responsáveis pelos diferentes índices pluviométricos medidos nessas diferentes zonas geográficas.

A mesma tendência de diferenças são mantidas quando da comparação com valores de R nos estudos de Oliveira, Pinto e Lombardi Neto (2007) para a bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoerinha, no município de Iracema, no Estado de São Paulo.

Em termos de valores absolutos, os resultados de estudos de estimativa de R que mais se aproximaram do encontrado para a BHRA, foi o executado por Fernandes (2008), no estudo comparativo de perda de solos de sete assentamentos localizados no Estado de Rondônia (Amazônia Legal), com valores girando em torno de 9,5 MJ.mm/ha.hora.ano.

Dos valores de erosividade encontrado por Gonçalves et al. (2006) para 14 diferentes localidades no Estado do Rio de Janeiro, somente a estação Posto Garrafão apresentou resultados superiores ao da BHRA, com índice elevado de 15.806 MJ.mm/ha.hora.ano. Outras duas estações: Escola união e vila Mambucada, apresentavam valores de erosividade bem próximos ao da BHRA, com índices de 10.235 e 10.140 MJ.mm/ha.hora.ano respectivamente. Esses resultados elevados tiveram elevada influência do relevo e vegetação, haja vista, que se localização em regiões serranas.

#### 4.4 – Faror Topográfico (LS)

A declividade média do relevo na BHRA foi estimado em 2,48%. Sendo o valor mínimo de 0,002% e máximo de 15,66%, com desvio padrão aproximado de 1,55%. O relevo plano tem ocorrência em toda a área da BHRA, sendo que um pouco mais representativo na parte norte da bacia (Figura 27). As classes de relevo suave ondulado a ondulado estão localizadas em áreas com proximidade aos cursos d'água.

Os resultados de ocorrência das classes de declividade contidos na tabela 8, apresentam-se bastante discordante, quando comparado com os resultados apresentados por Santos (2006), em relação a porcentagem de área representativa da bacia, para todas as classes de declividade encontrada.

A maior discrepância na comparação dos dados de declividade está para a classe que vai de 0 a 1% de declividade (Tabela 8). O resultado apresentado por Santos (2006) para esta classe (43,79% do total da área da BHRA) representa quase o triplo do valor estimado neste trabalho.

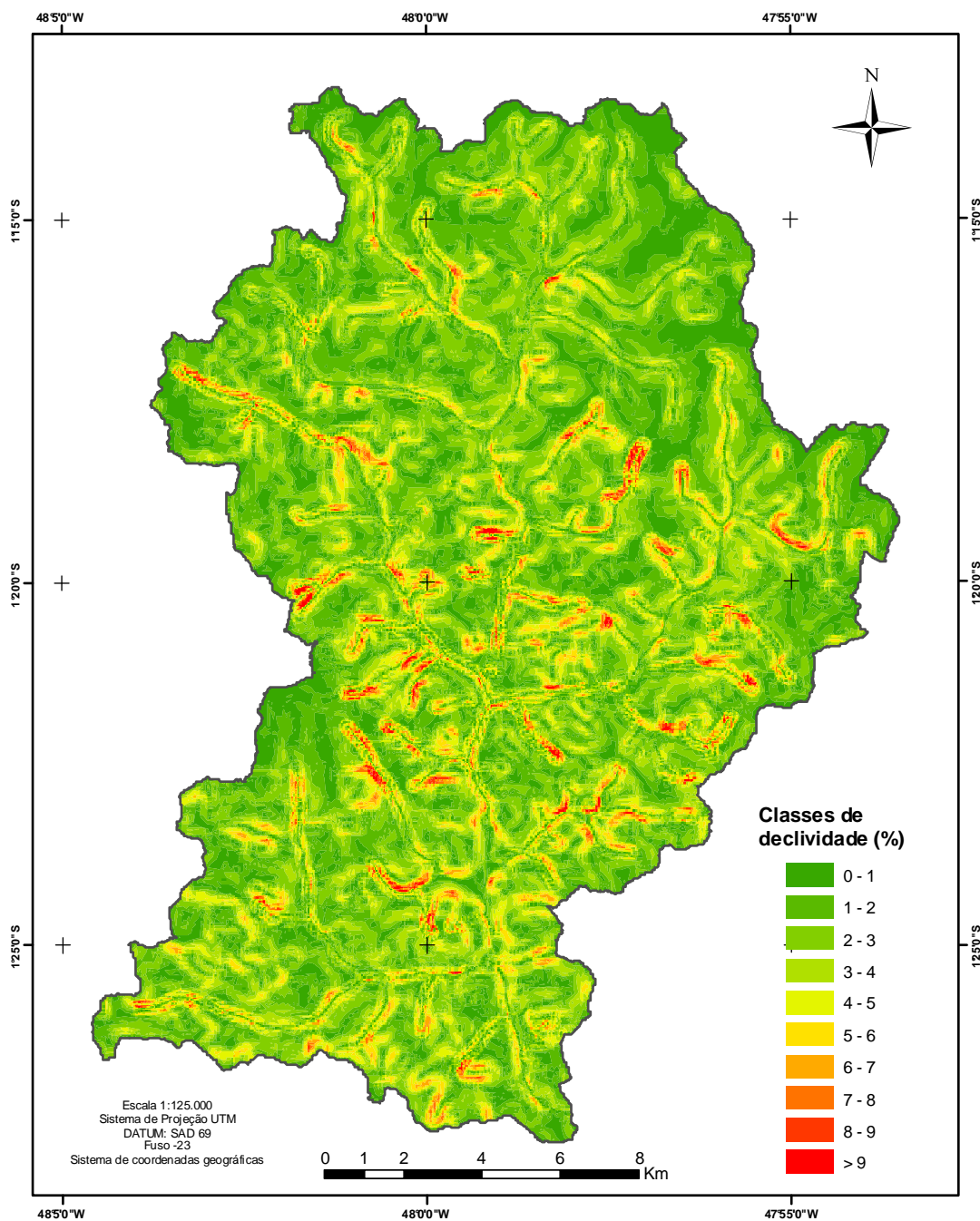


Figura 27 - Classes de declividade da BHRA.

Entretanto, considerando somente a porcentagem de área contida na classe de relevo plano, que varia de 0 a 3% de declividade do terreno, a diferença diminui consideravelmente. Enquanto o total da soma neste trabalho quantifica o relevo plano em aproximadamente 70,23% da área total da bacia, o resultado de Santos (2006) a estima em 79,71%.

Tabela 8 - Quantificação das classes de declividade da BHRA,

Classes de declividade	Fases de relevo	Área km <sup>2</sup>	%
0 a 1	Plano	48,98	15,29
1 a 2	Plano	93,13	29,07
2 a 3	Plano	82,88	25,87
3 a 4	Suave ondulado	47,71	14,89
4 a 5	Suave ondulado	24,9	7,77
5 a 6	Suave ondulado	12,59	3,93
6 a 7	Suave ondulado	5,73	1,79
7 a 8	Suave ondulado	2,52	0,79
8 a 9	Ondulado	1,14	0,36
> 9	Ondulado	0,8	0,25

Essas diferenças provavelmente são explicadas pela grande diferença de resolução nos dados utilizados como base a criação do DEM, que em Santos (2006) foi utilizado baixa densidade de pontos de altitude derivados da carta topográfica da Divisão Serviço Geográfico (DSG) do exército brasileiro.

Acredita-se, que se não fosse empregado o interpolador por krigagem na geração do DEM utilizado para a geração da declividade (que suavizou a declividade), as diferenças dos valores de declividade entre estudo e o de Santos (2006), seriam ainda maiores. Porém a diferença de delimitação da bacia nos dois estudos, incidiu na diferença de resultados.

O fator comprimento de rampa teve valores que variaram de 0 para os pontos as margens dos canais de drenagens a 2,243 km para os pontos com início mais distantes dos canais de drenagens, sendo a média calculada em 0,4 km de extensão.

O fator topográfico LS de 0 a 1, perfaz aproximadamente metade da área da BHRA. Classes com valores de 1 a 2 ; 2 a 3; 3 a 4 e maior que 4, representaram aproximadamente 34,87%; 10,85%; 3,44% e 1,64% do total da superfície da BHRA (Figura 28; Tabela 9)

Tabela 9 - Quantificação das classes do fator topográfico (LS) para a BHRA.

Classes	Área km <sup>2</sup>	%
< 1	157,59	49,19
1 a 2	111,72	34,87
2 a 3	34,79	10,85
3 a 4	11,02	3,44
> 4	5,25	1,64

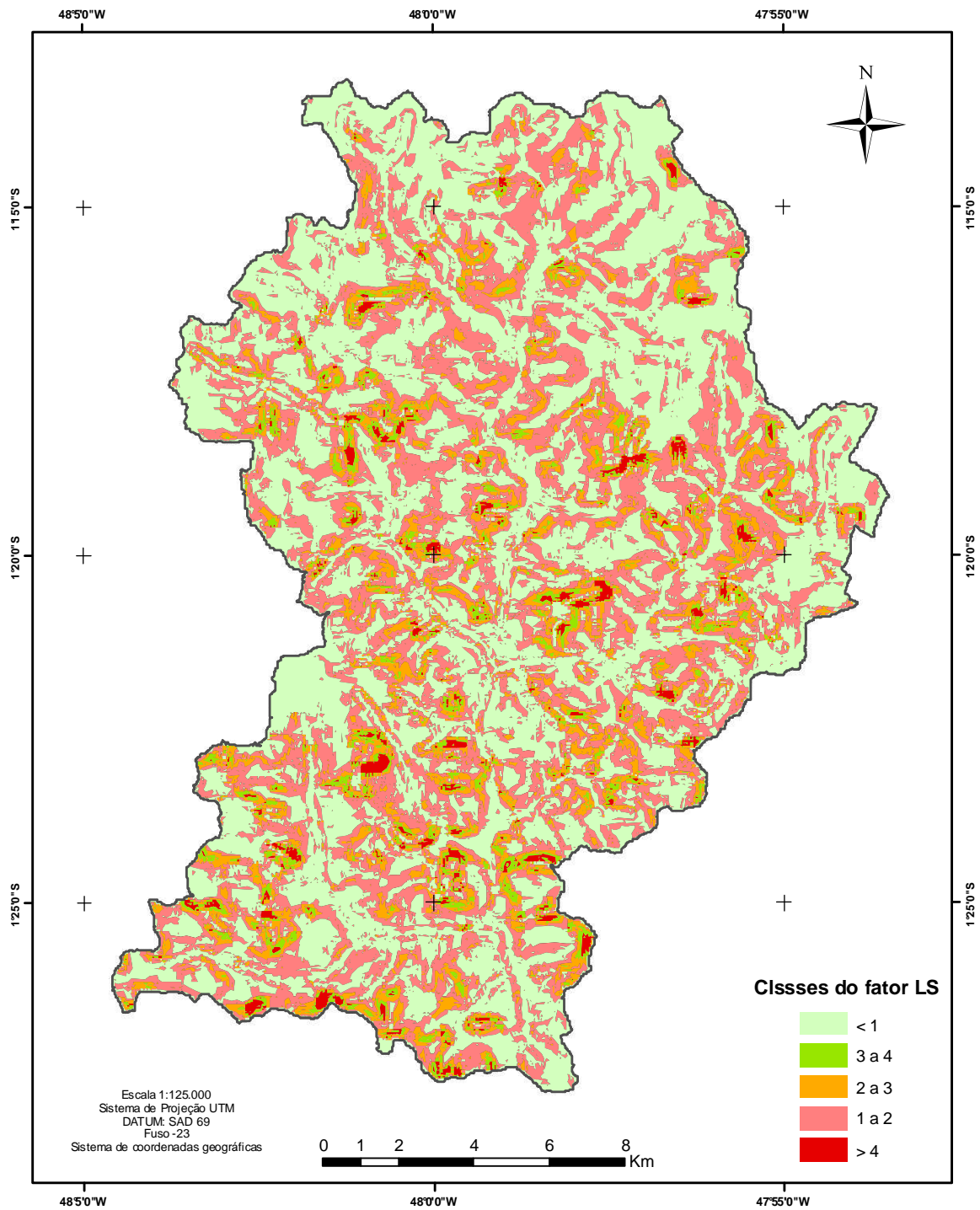


Figura 28 - Distribuição das classes do fator LS na BHRA.

#### 4.4 – Fator uso e manejo e práticas conservacionistas (CP)

Os resultados que determinaram os diversos tipos de ecossistemas que recobrem a superfície da área da BHRA, definidos como uso que influenciam na taxa de erosão desta bacia, demonstram um predomínio de pastagem e floresta sucessional, que juntos totalizam cerca de 73.72 % de toda a superfície no plano horizontal da BHRA. Somente o uso pela pastagem recobre aproximadamente mais de 1/3 (35,20%) de toda a área da BHRA.

A porcentagem de área urbana definida para a bacia sugere uma grande área impermeável a infiltração da água pluviométrica, que em casos de chuvas de grande intensidade e duração podem favorecer enchentes em pontos estratégicos da BHRA.

Tabela 10 - Quantificação das classes de uso e manejo, presentes na BHRA.

Classes	Simbologia	Area km <sup>2</sup>	%
Pastagem	P	112,76	35,20
Floresta sucessional avançada	FSa	55,90	17,45
Floresta sucessional intermediária	FSit	39,24	12,25
Floresta ombrófila densa aluvial e de terras baixas	FODatb	37,55	11,72
Floresta sucessional inicial	FSin	28,25	8,82
Área de influência urbana	Au	26,86	8,39
Agroecossistemas de Cultura temporária + Cultura Permanente	AGct+AGcp	5,60	1,75
Agroecossistema de Cultura temporária	AGct	5,07	1,58
Agroecossistema Cultura permanente	AGcp	4,90	1,53
Áreas alteradas com extração mineral	AAem	1,86	0,58
Água	A	1,00	0,31
Ecossistema de Floresta Plantado em estágio inicial	EFPin	0,65	0,20
Áreas alteradas sem componente vegetal	AA-v	0,46	0,14
Silvicultura em estágio intermediário	EFPit	0,16	0,05
Silvicultura em estágio avançado	EFPa	0,11	0,03
<b>TOTAL</b>		<b>320,37</b>	<b>100</b>

As soma das classes de florestas sucessionais e culturas agrícolas totalizam aproximadamente 43,37% de toda a área da BHRA. Esse resultado contrasta com o obtido por Santos (2006) referente a levantamento do ano de 2003, que obteve resultados de 38,31% do total da área para as classes “capoeiras + culturas agrícolas” (tabela 12).

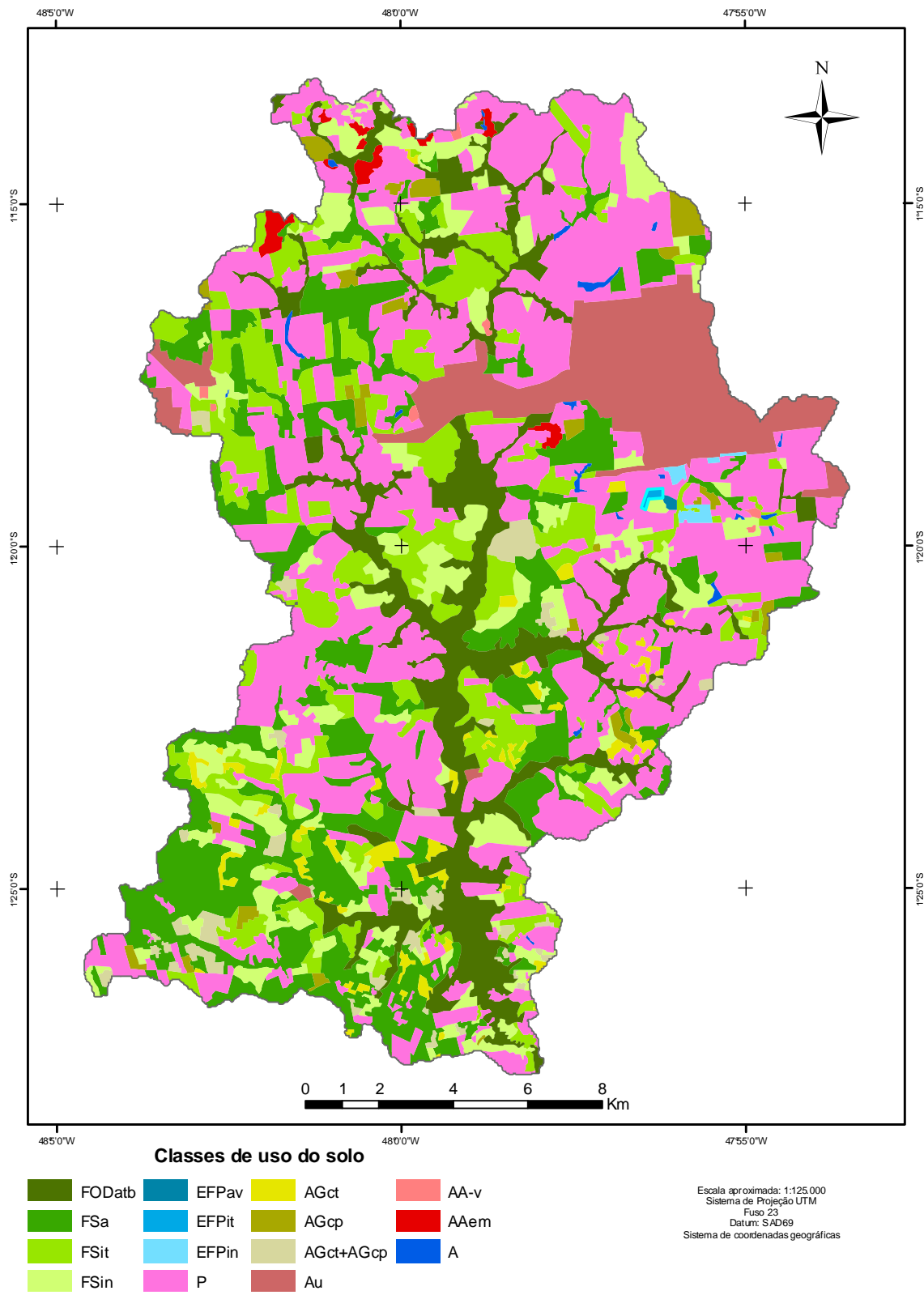


Figura 29 - Classes de uso e manejo presentes na BHRA.



Tabela 11 - Fator de uso ponderado pela área das classe de uso e manejo presentes na BHRA .

Classes	Fator de uso	Fator de uso ponderado %
P	0,02500*	35,13
FSa	0,00004**	0,03
FSit	0,00202**	0,99
FODatb	0,00004**	0,02
FSin	0,00400**	1,41
Au	0,00100*	0,33
AGct+AGcp	0,16702	11,65
AGct	0,31605**	19,97
AGcp	0,01800*	1,10
AAem	1,00000***	23,17
A	0,00000*	0,00
EFPin	0,04910**	0,40
AA-v	1,00000*	5,75
EFPit	0,02460**	0,05
EFPa	0,00010**	0,00
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>

Fontes: Farinasso (2006)\*; Fujihara (2003)\*\* e FEMA (2002)\*\*\*

Considerando o índice de uso ponderado pela área da classes e ajustada para escala de 0 a 100%, constata-se o intenso poder de erosão da classe de área alteradas por exploração mineral, que mesmo ocupando áreas menores, teve participação de 23,27 como atuante erosivo (Figura 30)

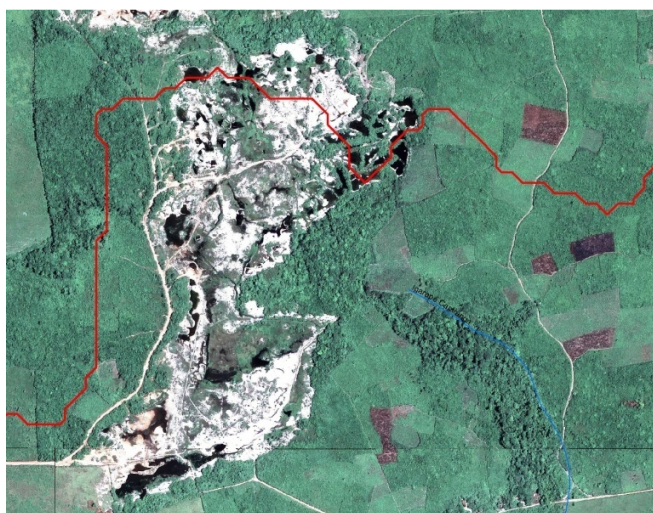


Figura 30 - Área alterada por exploração mineral sobre solo Espodosolo Ferrocárbico.

Tabela 12 - Resultado de classe de uso e manejo para a BHRA, ano 2003 (Fonte: Santos 2006)

Classes	Area km <sup>2</sup>	Porcentagem %
Floresta ombrófila densa e aluvial	16,81	5,43
Capoeiras+áreas cultivadas	118,67	38,31
Pastagem	118,91	38,39
Área urbana	31,89	10,30
Solo exposto	20,31	6,56
Areal	1,0	0,32
Lagos	1,40	0,45
Nuvem	0,31	0,1
Sombra	0,43	0,14
Total	309,73	100%

Análise sobre o padrão estrutural de floresta sucessionais em diferentes estágios de maturidade localizadas no interior da BHRA, realizadas por Araújo et al. (2005), demonstram uma certa similaridade na estrutura e composição florísticas entre essas florestas. Essa particularidade de similaridade nas florestas sucessionais em diferentes estágios de desenvolvimento dificultam a separação delas para fins de mapeamento e influenciam negativamente a precisão da interpretação e classificação de imagens de sensores TM e ETM<sup>+</sup> com a finalidade de discriminação das diversas coberturas vegetais presentes na BHRA.

A limitação dos sensores de baixa e média resolução espacial em áreas com heterogeneidade na composição florística e complexidade de uso, geram uma confusão no agrupamento e classificação radiométrica dos pixels que a representam na imagem óptica, é uma desvantagem desses tipos de sensores. Essa desvantagem na precisão de separação dos pixels em agrupamentos de classes, que representam os “alvos” da superfície terrestre, é diminuída quando do uso de imagens de sensores de alta resolução espacial como quickbirds e Ikonos com resoluções espaciais na banda pancromática de 0,63 e 1m respectivamente.

Nesse sentido, a discriminação do uso realizada nos estudos feitos por Valente et al. (2001a, 2001b, 2001c) e Santos (2006) utilizando imagens geradas pelos sensores da série Landsat não permitiram um melhor detalhamento da cobertura agropecuária e florestal dos diversos ecossistemas e agroecossistemas presentes na área da BHRA.

Quanto a expansão da área urbana observa-se um considerável crescimento proporcional quando se compara os resultados adaptados de Valente (2001a, 2001c, 2001c) de 4,11% de área urbana com os resultados de 10,30% alcançados por Santos (2006) em um curto espaço de tempo – diferença de 4 anos na interpretação das imagens .

Os resultados discrepantes e ambíguos na comparação dos resultados de quantificação da área urbana com os medidos por Santos (2006), demonstram uma redução na área urbana de 10,3% para 8,39%. Tal incoerência na comparação desses resultados de análise, possivelmente deve-se a diferença no tipo de sensores utilizados e nas suas respectivas resoluções espaciais, que no caso do presente estudo, devido a variedade de sensores utilizados possibilitou um maior poder de discriminação na diferenciação do uso na área da BHRA.

Considerando todas as classes que incluem o uso por pastagem definidas por Valente (2001a, 2001b e 2001c) é totalizado 49,98% de área da BHRA (Tabela 13). Somente para pastagem, o mesmo



Figura 31 - Grande área de pastagem com presença de inavasoras, as proximidades do Igarapé Janjão.

autor estimou apenas 6,69% da área da BHRA com esse uso. É perceptível na comparação espacial das informações de uso, que grande parte da cultura de dendê presente em 1999 foi convertida em pastagem em 2008 (Figura 31).

Os resultados exibem 35,20% da superfície da BHRA sendo utilizadas com pastagem. Desse resultado é perceptível uma redução no uso pela pastagem quando em comparação com os resultados de Santos (2006) que estimou 38,39% da área da BHRA com uso pela pastagem.

Tabela 13 - Classes de uso e manejo definidas por Valente (Fonte : modificado de Valente2001a, 2001b e 2001c).

Classes	Area (km <sup>2</sup> )	%
Area Urbana	13,20	4,11
Capoeira Alta	14,26	4,44
Capoeira Baixa	15,17	4,72
Capoeira Baixa + Pastagem	44,98	14,00
Capoeira Baixa + Cultura Temporária + Pastagem	71,43	22,23
Capoeira Média	12,00	3,74
Capoeira Média + Pastagem	22,11	6,88
Capoeira Média + Cultura Temporária + Pastagem	0,59	0,18
Cultura do Dendê	62,30	19,39
Floresta ombrófila densa de planície aluvial	42,53	13,23
Macega	0,10	0,03
Pastagem	21,50	6,69
Piscicultura	1,19	0,37

Outro fator determinante para o entendimento de algumas divergências na comparação com os resultados encontrados por Santos (2006) refere-se a diferença na delimitação da área da bacia hidrográfica nos dois estudos, cujo a área de interseção foi de 297,6 km<sup>2</sup>, restando como diferença de sobreposição de área 22,23 Km<sup>2</sup> de inclusão e 11,01 Km<sup>2</sup> de exclusão.

A influência das áreas não sobrepostas nos dois estudos, diminuem a precisão na comparação dos resultados, haja vista, que algumas classes de uso são subestimadas enquanto outras são superestimadas. Entretanto, em termos absolutos e considerando toda a BHRA, quanto menor for a extensão da área de uso dentro da interseção da delimitação da BHRA feita por Santos (2006) com a definida neste estudo, menor será a influência negativa na comparação dos resultados relativos para áreas de uso que estejam fora da interseção da BHRA.

Em termos gerais, a maioria dos estudos de quantificação de perda de solos, seja ele conduzido por método direto ou indireto, mais de 50% da variação das perdas de solos são explicados pelo fator C, independente dos outros fatores que compõem a EUPS. Isso é em parte explicável pela grande variação nos valores referentes ao fator CP em qualquer estudo de perda de solos que envolvam a EUPS. É evidente que em área com altas declividades, e com grande extensão de vertente, o fator predominante de discernimento para explicar qualquer variação de perdas de solos vai ser o fatores L e S da EUPS.

Concernente a diferença de perda de solos em função das variações nos diferentes fatores que formam a EUPS, Silva (2004) em diagnóstico da erosão na bacia do rio Paracatu, constatou em análise de 22 leituras de pontos de máximos e mínimos de valores de perda de solos (bem distribuídos geometricamente), que os fatores de K e R apresentaram reduzidas variações.

Cabe-nos considerar, que as variações de erosividade do solo não são alteráveis em pequenas variações de distâncias.

#### 4.5 – Estimativa de de perdas de solos (EPS) e Potencial Natural de Erosão (PNE).

Os valores de estimativa de perdas de solos para a BHRA, variaram de 0,00 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (classe água) a 1.850 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, totalizando em toda a bacia perdas em torno de 3.087.244 t. toneladas, com um valor anual médio de 8,67 t.ha<sup>-1</sup>.

Tabela 14 - Estimativa de erosão do solo na BHRA.

<b>Grau de erosão</b>	<b>A (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem</b>
<b>Muito forte</b>	> 200	2,35	0,73
<b>Forte</b>	120 a 200	2,08	0,65
<b>Média forte</b>	50 a 120	4,63	1,45
<b>Média</b>	15 a 50	21,46	6,7
<b>Moderada</b>	10 a 15	15,99	4,99
<b>Nula a pequena</b>	< 10	273,86	85,48

Os valores estimados de perda de solos por erosão laminar na BHRA, demonstram que aproximadamente 86% de toda a área ocorrem com intensidade nula a pequena (Tabela 14). Esta classe de intensidade erosiva está relacionada com terrenos planos, associados a presença de floresta ombrófila, floresta sucessional, pastagem praticamente toda área urbana presente na BHRA. Essa classes de estimativa de erosão Intersecta todas as classes de solos, sendo que praticamente todo os gleissolos a intersectam.

As classes de erosão moderada e média totalizam cerca de 10 % da área total da bacia com maioria da sua ocorrência em uso sob pastagem e pouca interseção com Floresta sucessional inicial, Áreas alteradas e Cultura temporária + cultura permanente. Estas classes de EPS ocorrem em praticamente todas as classes de solos (com exceção dos gleissolos) com declividade aproximadamente entre 2 a 5%.

As classes que variam de forte a muito forte perfazem um total de 1,38% de toda a área da BHRA e estão associadas ao uso de culturas temporárias, e praticamente todas as áreas alteradas. Referente à associação com a declividade, essas classes de uso estão associadas com todas as classes acima de 1,8% de declividade.

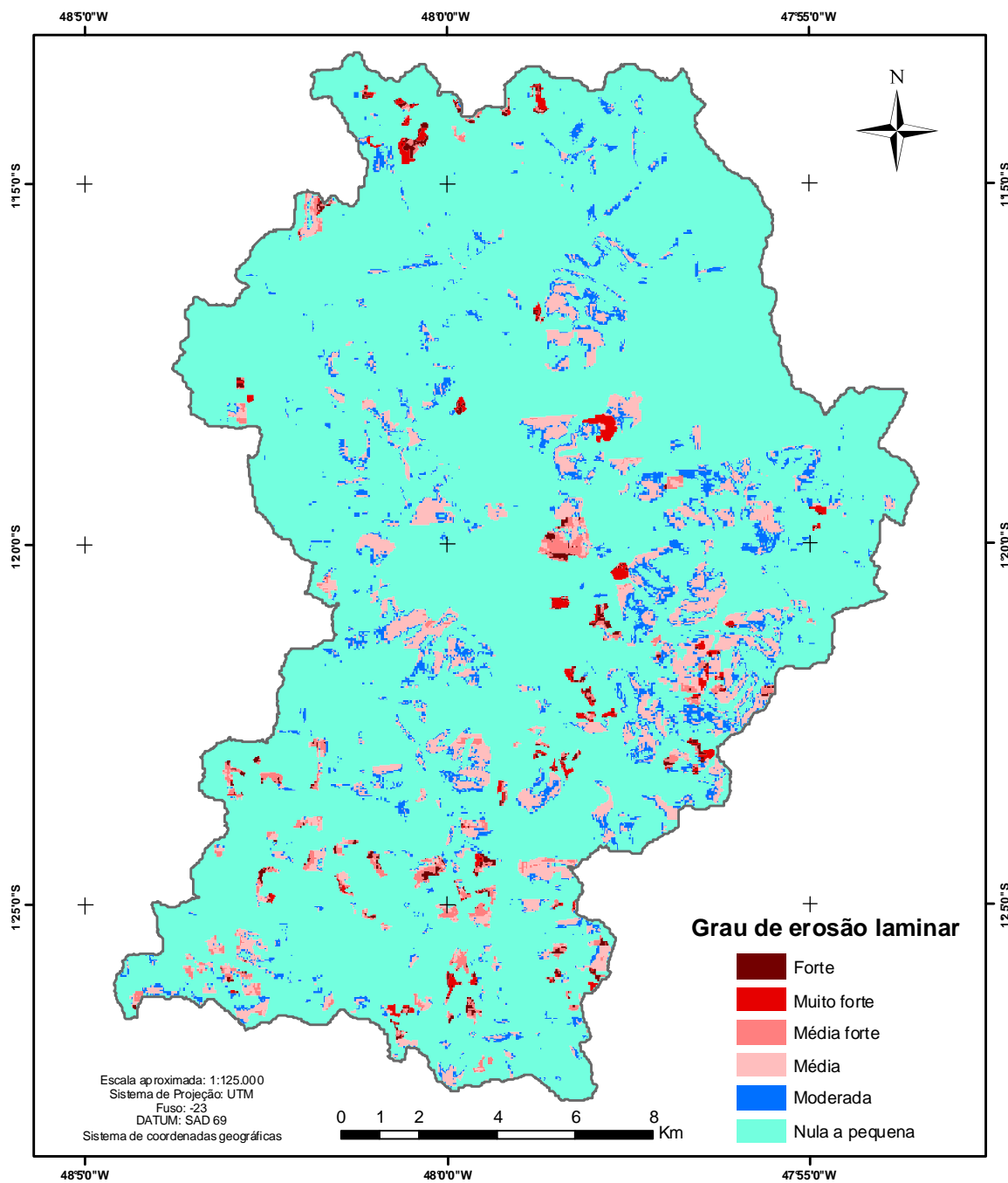


Figura 32 - Estimativa de perda de solos (EPS) por erosão laminar na BHRA.

Os resultados demonstram que a influência do fator C foi decisiva na perda de solos estimado na BHRA. Possivelmente a pastagem tenha sido a classe de uso que mais contribuiu para os resultados alcançados. Nos estudos com aplicação da EUPS, a literatura apresenta valores distintos de C para a pastagem. As opiniões sobre a relação da pastagem e perda de

solos são bastante heterogêneas. A verdade é que o fator C da EUPS pode influenciar diferentemente a quantidade de perda de solos em função da espécie vegetal utilizada, do manejo adotado, do grau de degradação e pastoreio da pastagem. Primavesi (1990) considera que pastagens permanentes sobre solos arenosos (a maioria da classe de solos da BHRA, tem horizonte superficial arenoso) podem ter a mesma intensidade de erosão que culturas agrícolas mal manejadas [caso fosse considerada essa hipótese, o valor do fator C adotado para a pastagem, saltaria de 0,025 para 0,31605, ou seja 12.642 vezes maior que o valor atual, e aumentaria as classes de níveis de erosão de forte a muito forte]. Primavesi (1990) reitera quanto ao manejo de pastagens, que quanto mais extensiva for a prática de manejo, mais serio será os problemas com a erosão.

No entanto, resultados obtidos por Inácio et al. (2007), através de chuva simulada, visando comparar a perda de solos em ecossistema de pastagem com solo descoberto de vegetação em vários níveis de declividade, obteve para a classe de declividade de 0 a 9%, valores de perda de solos de 3,7 t.ha<sup>-1</sup> para solo descoberto e 0,48 t.ha<sup>-1</sup> para a cobertura com pastagem, ou seja, o ecossistema de pastagem teve 7,7 vezes menor perda de solos que o solo sem vegetação. No entanto, qualquer resultado experimental de perda de solos envolvendo comparações de cobertura com pastagem (com finalidade de extrapolar os valores para condições normais de plantio) deve ser rigorosamente analisado, devido que na maioria desses experimentos, as condições da pastagem diferem muito das condições de campo de vários agroecossistemas de pastagens degradadas, caso muito comum na Amazônia brasileira. Além do que, ocorrem variações nas de perdas de solos em função da espécie de gramínea utilizada como forrageira.

Uma prática de manejo adotada nas pastagens, que contribui para a degradação dos solos, favorecendo a erosão, é o uso do fogo (sem controle) para “renovação” das pastagens em função do controle de ervas daninhas.

No caso do Apeú, possivelmente o valor C considerado para a classe de pastagem, tenha sido subestimado, uma vez que nos trabalhos de campo, foi verificado que grande parte da massa de solo perdido, que vem causando assoreamento dos recursos hídricos da Bacia, provém de áreas de pastagem com localização bem próximas dos rios (fig. 33).



Figura 33 - Situação de assoreamento do rio Apeú a 3 km da nascente em época de maior cheia (março). Neste trecho, os sedimentos advindos de área de pastagem próxima, estão causando o "estrangulamento" do prolongamento do rio a seu curso normal.

Farinasso (2006) aplicando a EUPS com uso de SIG em grande área do alto Parnaíba obteve resultados de perdas de solos na ordem de 0 a  $10 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  ano em aproximadamente 71% da área, que possui declividade de 0 a 3% em 76,5% de sua extensão. Essa provável semelhança de resultados com o obtido na BHRA demonstra que mesmo com os outros fatores da EUPS de K, C e R das diferentes áreas apresentarem-se distintos, o peso do componente topográfico foi o responsável pela similaridade.

Os valores estimados para o potencial natural de perdas de solos para a BHRA, variaram de  $0,00 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  a  $1.850 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , totalizando em toda a bacia, perda anual em torno de 135.066.836 toneladas, com um valor anual médio de  $379 \text{ t.ha}^{-1}$ .

Os valores obtidos para o PNE demonstra que a maior parte da bacia hidrográfica do rio Apeú, com área de aproximadamente de  $273,86 \text{ km}^2$ , representa cerca de 85,48% de toda a área da BHRA (figura 34).



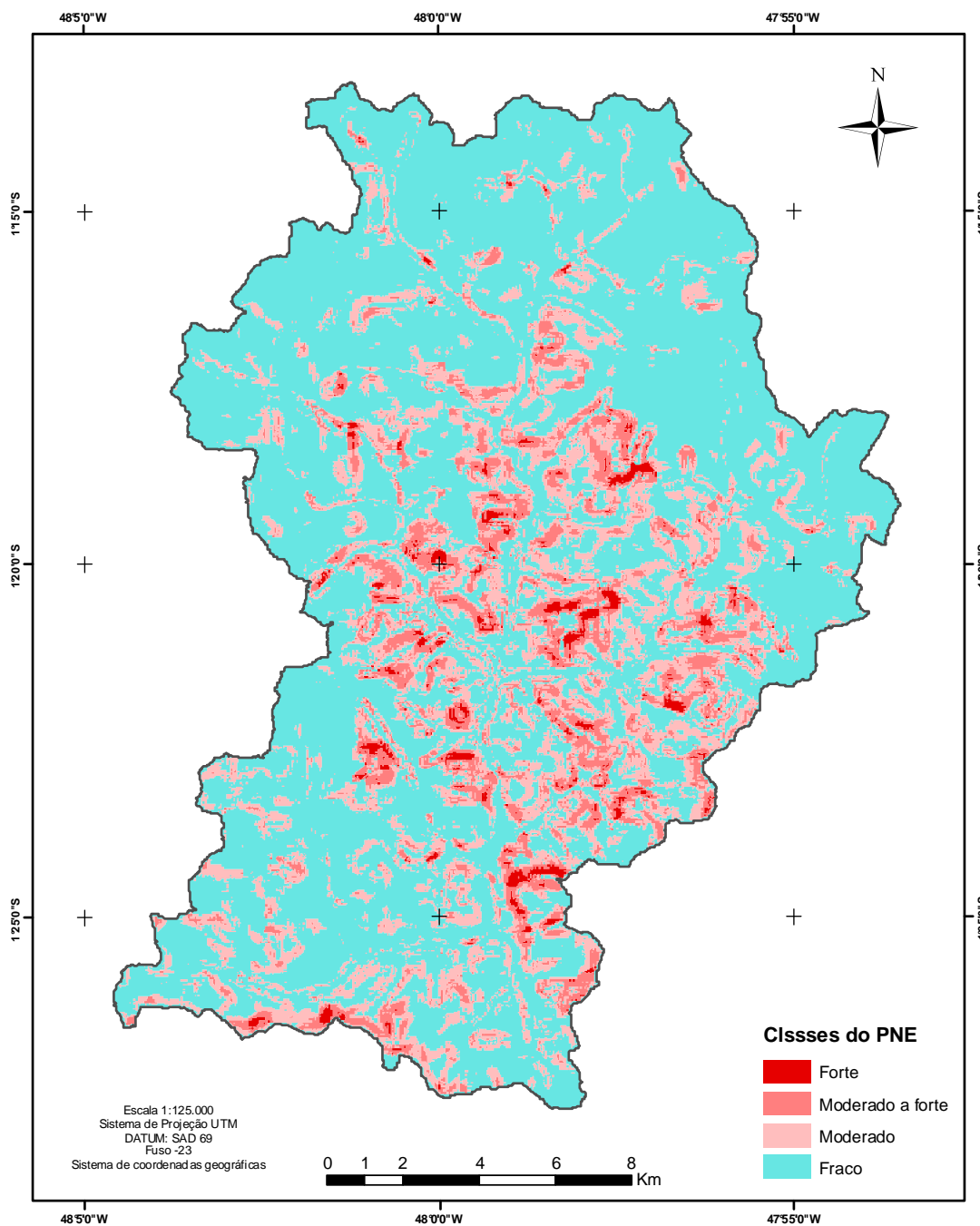


Figura 34 - Classes do Potencial Natural de Erosão (PNE) da BHRA.

Perdas moderadas variaram de 10 a 15 t.ha.ano<sup>-1</sup>, e representam aproximadamente 5% (cerca de 16 km<sup>2</sup>) de toda área da bacia. Perdas que vão de forte a moderado, equivalem somadas a somente 2,10% de toda a BHRA, estando associadas com solos com maior erodibilidade em áreas com classes de relevo suave ondulado a ondulado.

O mapa do PNE (figura 34) mostrou que valores mais altos de perda de solos estão concentrados mais ao centro da bacia. De uma maneira geral, os resultados obtidos para o PNE (Tabela 15) reflete a influencia da declividade com algumas variações em função da distribuição da ocorrência de diferentes classes de solos pela área. Essa espacialização mostra a influencia do fator combinado LS, mesmo em áreas onde a erosividade é representada por menores índices.

Tabela 15 - Quantificação do PNE na BHRA.

<b>Grau de erosão</b>	<b>A (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem</b>
<b>Forte</b>	120 A 200	2,08	0,65
<b>Moderado a forte</b>	50 a 120	4,63	1,45
<b>Moderada</b>	10 a 15	15,99	4,99
<b>Fraco</b>	< 10	273,86	85,48

Esses valores mostram a importância dos ecossistemas que recobrem e protegem o solo contra os efeitos da erosão hídrica. Considerando todo o solo que seria perdido em t/ano na BHRA, caso não houvesse nenhuma proteção vegetativa na sua superfície, em comparação a estimativa de perdas de solos em sua situação real de uso, verificou-se que a diferença de perda seria de aproximadamente 42 vezes maior.

Considerando os limites médios de tolerância de perdas de solo calculado por Vieira e Vieira (1990) para solos com ocorrência na Amazônia legal, constata-se que as maiorias dos solos da BHRA, representada pelas classes dos argissolos, estão na proximidade do limiar de sua tolerância.

O Fator K, pode ter tido seus valores subestimados, principalmente em relação a classes dos argissolos, que pela sua característica de possuir B textural (alta relação textural com o horizonte A), tenha contribuído para o do aumento da água percolada pela superfície do solo que não conseguiu infiltrar-se pelo horizonte B (muito comum em elevados eventos de chuvas ocorrentes no nordeste paraense), favorecendo a erosão laminar. Esta resistência a infiltração da água pelo horizonte B dos argissolos ficou demonstrado nos resultados de resistividade realizado por Bandejas (2008) - figura 13.

Os valores baixos de Estimativa de erosão (A) e Potencial natural de erosão (PNE) para a BHRA tiveram grande influência dos baixos valores encontrados para o fator topográfico (LS), que teve média de 1,21.

Silva et al. (2005) definiu bem a contribuição dos valores LS na estimativa de perdas de solos em relevo plano, quando relata que:

No mapa, optou-se por mostrar separadamente a classe  $<1$  por se tratar de uma classe onde o papel do relevo não é, ao menos matematicamente, acelerador, mas sim amenizador do processo erosivo. Isto porque quando são aplicados valores entre 0 e 0,99 para o fator LS da EUPS os resultados, tanto para o PNE quanto para a EPS, tendem a diminuir. Quando se aplica valor exatamente igual a 1 a participação do fator LS é nula (elemento neutro de multiplicação). Porém, quando valores maiores que 1 são aplicados, verifica-se que o valor resultante é ampliado, mostrando a participação do relevo cada vez maior na aceleração do processo de perda de solo em função do aumento do valor de LS. A classe  $<1$  ocorreu em aproximadamente 3,7% da área e, conforme explicado, indica locais onde provavelmente ocorra uma maior tendência de deposição de parte do solo que foi removido em outras áreas, do que remoção de solo propriamente dito. Não ocorreu nenhum pixel cujo valor de LS fosse exatamente 1.

## 5 – CONCLUSÕES

A integração das imagens da série Landsat, do radar SAR-SIVAM e as de alta resolução espacial da Digital Globe (Google earth), propiciaram um eficaz detalhamento dos ecossistemas presentes na área, fornecendo informações da dinâmica de uso da bacia.

Este estudo revelou que o mapeamento da estimativa de perda de solos por processos erosivos, através da EUPS integrada ao SIG, constitui um método acessível, capaz de fornecer informações rápidas na diferenciação dos locais com menor e maior níveis crítico em relação à erosão laminar.

Algumas classes relacionadas ao fator K, em função da metodologia adotada tenham contribuído para a subestimação da estima dos valores de erosão laminar.

Os índices de proteção do solo contra erosão laminar atribuídos aos fatores CP devem ser mais bem estudados na Amazônia, principalmente em relação aos ecossistemas de pastagem degradada sobre argissolos, a fim de melhorar a precisão das estimativas de perda de solos.

É necessário mais pesquisas com parcelas experimentais de perdas de solos na Amazônia, para a definição de índices dos fatores da EUPS mais condizentes com as características edafo-climáticas e de uso do solo atuantes na região.

A aplicação das ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto se mostraram eficazes na manipulação e análises dos diversos dados que compõem a EUPS.

Os valores do fator R para a BHRA se mostraram elevados em relação à maioria dos estudos com aplicação da EUPS desenvolvidos a nível nacional. Ao contrário do fator declividade, o fator R contribuiu para a elevação da estimativa de perda de solos em toda a área da BHRA.

Devido ao predomínio do relevo plano, e aos fatores matemáticos intrínsecos a classe de valores 0 a 0,99 ( $\approx 50\%$  da área) do fator topográfico (LS) tendendo a diminuir a taxa erosiva, os valores de EPS e PNE tiveram os seus valores diminuídos.

Os eventos de enchentes ocorrentes no rio Apeú são ocasionados por diversos fatores, no qual a estrutura geométrica da bacia tem baixa contribuição. Nesse sentido, faz-se necessário calcular os índices morfométricos das de sub-bacias, para melhor definir os pontos da BHRA que possuem maior tendência a eventos de enchentes.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ACKERMANN, F.L. A depredação dos solos da Região Bragantina e na Amazônia. Universidade Federal do Pará, Belém, Pará. 1966.

ANA. Hidroweb: Sistema de informações hidrológicas. Acesso em 05 de JULHO de 2008 em <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=1080&TipoReg=7&MostraCon=false&CriaArq=false&TipoArq=1&SerieHist=true>.

ARAÚJO, E. P. Aplicação de dados SRTM à modelagem da erosão em microbacias por geoprocessamento. São José dos Campos. INPE. 2006. 88p. Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto).

ASSAD, E. D, SANO, E. E. (eds.), *Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura*, 2 ed., rev. e ampl., capítulo 1, Brasília, DF, Brasil, EMBRAPA

B. Rabus et al. / ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 57 (2003) 241–262

BANDEIRA, Í. C. DE N. Neotectônica e estruturação dos sistemas hidrogeológicos da região de Castanhal/Pa. UFPa. 2008. 144 p. (Dissertação de Mestrado em Geologia e Geoquímica).

BARBOSA, R. I., & FEARNSIDE, P. M.. Erosão do solo na amazônia: estudo de caso na região do Apiaú, Roraima, Brasil. *Acta Amazonica* 30(4): , pp. 601 -613. (2000).

BARRETTO, A. G. O. P. História e geografia da pesquisa brasileira em erosão do solo. Piracicaba: USP/ESALQ, 2007. (Dissertação de Mestrado).

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 4 ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 1990.

Brasil. Mapa geológico. In: Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam Folha SA.22 Belém; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1974. (Levantamento de recursos naturais, 5)

Brasil. Mapa geológico. In: Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam Folha SA.23 São Luis; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1973. (Levantamento de recursos naturais, 3)

BURSZTYN, M. & PERSEGONA, M. A grande transformação ambiental: uma cronologia da dialética homem-natureza. Rio de Janeiro: Garamond, 2008. 407p.

C. C. (2001). Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. INPE, São José dos Campos.

CÂMARA, G., MEDEIROS, J. S., 1998. "Princípios Básicos em Geoprocessamento". In

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M. V (Ed.). Introdução a ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001.  
<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/> (03 jul. 2001).

CANTÓN, Y., SOLÉ-BENET, A., ASENSIO, C., CHAMIZO, S., & PUIGDEFÁBREGAS, J. (3 de December de 2008). Aggregate stability in range sandy loam soils Relationships with runoff and erosion. *Catena* .

CANTÓN, Y., SOLÉ-BENET, A., ASENSIO, C., CHAMIZO, S., & PUIGDEFÁBREGAS, J. Aggregate stability in range sandy loam soils Relationships with runoff and erosion. *Catena*. 3 de December de 2008.

CARVALHO, G. M., FILHO, M. V., & MEDEIROS, J. S. Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na identificação da erosão dos solos na bacia do rio aracoiaba - ce. IN: Anais Do Vii Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto . SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, SÃO PAULO.: INPE. (1993).

CASTRO, A. G. Técnicas de sensoriamento remoto e sistemas geográficos de informações no estudo integrado de bacias hidrográficas. São José dos Campos: INPE, 1992. 145p. (Dissertação de mestrado).

CASTRO, J. F. M; VIADANA, J. G. A relevância da cartografia nos estudos de bacias hidrográficas: o exemplo da bacia do rio Corumbataí. Geografia, v. 27, n. 3, p. 157- 169, 2002.

CAVALIERI, A.; HAMADA, E.; ROCHA, J. V.; LOMBARDI NETO, F. Aplicação de Sistema de Informações Geográficas em Estudos de Degradação do Solo. In: Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 91-92.

CETEC, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Diagnóstico ambiental do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte – Minas Gerais, 1983. (Série Publicações Técnicas).

CHOW, V. T . Hydrology and its development. In: CHOW, V. T. (Ed.), Handbook of applied hydrology: A compendium of water-resources technology New York, E.U.A: McGraw-Hill.1964. 1563P.

CHRISTOFOLETTI, A. (9 de 1969). *Notícia Geomorfologica* , 18 , 35-64.

CNRH. *Conjunto de normas legais* (5a. Edição ed.). Brasília, Distrito Federal: MMA. 2008.

CNRH. *Conjunto de normas legais*. Brasília, Distrito Federal: MMA. (2008). 442 p. (5a. Edição).

CREPANI, E., MEDEIROS, J. S., HERNANDEZ FILHO, P., FLORENZANO, T. G., DUARTE, V., & BARBOSA, C. C. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. INPE, São José dos Campos. 2001.

DAVIS, F. W. & SIMONETT, D. S. GIS And Remote Sensing. In D. J. Maguire, M. F. Goodchild, & D. W. Rhind, *Geographical Information Systems Principles and Applications*. New York, Longman Scientific and Technical, E.U.A: John Wiley and Sons. 1991. 447 p.

DIAMOND, J. M, RAPOSO, A. & MAIA, W. D.. Colapso como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso. Rio de Janeiro: Record, 2007. 685 p.

DOS SANTOS, P. R., CLOVIS, G., & DE OLIVIRA, L. C. (2006). Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. *Revista Brasileira de Cartografia* (58/01), pp. 101-107.

DOS SANTOS, P. R., CLOVIS, G., & DE OLIVIRA, L. C.. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. *Revista Brasileira de Cartografia* (58/01). 2006. pp. 101-107.

DUCK, ROBERT W., JOHN S. ROWAN, AND ALAN WERRITTY. *Sediment Dynamics and the Hydromorphology of Fluvial Systems*. IAHS publication, 306. Wallingford: IAHS Press, 2006.

FARINASSO, M. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminarem grandes áreas por meio da eups – equação univer-sal de perdas de solos utilizando novas metodologias em sig para os cálculos dos seus fatores na região do alto parnaíba – pi-ma. *Revista Brasileira de Geomorfologia* - Ano 7, nº 2.2006.



FAO. (2008). Acesso em 05 de JULHO de 2008, disponível em [www.fao.org](http://www.fao.org):  
[Http://www.fao.org/docrep/t1765e/t1765e05.htm](http://www.fao.org/docrep/t1765e/t1765e05.htm)

FEARNSIDE, P. M. A previsão de perdas de terra através de erosão do solo sob vários usos de terra na área de colonização da Rodovia Transamazônica. ACTA AMAZONICA 10(3) : 505-511. 1980.

FERNANDES, E. N. Sistema inteligente de apoio ao processo de avaliação de impactos ambientais de atividades agropecuárias. Viçosa: UFV, 1997. 122p. ( Tese de Doutorado).

FERNANDES, L. C. Estudo multi-temporal do uso, ocupação e perda de solos em projetos de assentamentos em Rondônia. Rio Claro: UNESP, 2008. 132 p. ( Tese de Doutorado).

FUJIHARA, A. K. Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento. Piracicaba: ESAQ/USP. 2002. 118p.

GROHMANN, F. Estrutura. In: MONIZ, A.C. (Ed.). Elementos de pedologia. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1972. p.101-122.

INÁCIO, EUZELINA DOS S. B. ET AL. Quantificação da erosão em pastagem com diferentes declives na microbacia do Ribeirão Salomea. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.11, n.4, p.355–360, 2007.

IBGE. Banco de dados de recurso naturais (tema geologia). Rio de Janeiro, 2003.

IBGE. Banco de dados de recurso naturais (tema geomorfologia). Rio de Janeiro, 2003.

IBGE. Manual Técnico de Pedologia Rio de Janeiro: IBGE. 2007. 316 p. (Manuais Técnicos em Geociências n. 4)

IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. São Paulo, IBGE. 1992. 92p. (Manuais Técnicos em Geociências n.1)

KHAN, S., GOEL, D., & GULSHAN. Micro-Watershed Management Using Geographic Information System (GIS) & Remote Sensing (RS) In Mewat Region Of Haryana. In V. P. Singh, & R. N. Yadava (Eds.), *Watershed Mangement*. New Delhi: Allied Publ. . (2003).

KRONEN, MECHTHILD. A erosão do solo de 1952 a 1985 e seu controle no Paraná. Londrina:IAPAR, 1990. (Boletim técnico, 30).

LAL, R. Soil Erosion in the Tropics. Principles and Management. McGraw-Hill, NewYork. 1990.

LILLESAND, T. M., KIEFER, R. M & CHIPMAN, J. W. Remote sensing and image interpretation. 5.ed. Wiley-INDIA, 2007. 820p.

LIMA, M. I. C. Análise de Drenagem e seu Significado Geológico / Geomorfológico. Belém: 2006. 3ª. Edição.1 CD-ROM.

LIMA, M. I. C. Introdução à Interpretação radargeológica. Rio de Janeiro: IBGE/DRNEA, 1995. 124P.

LOMBARDI N. F. & MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. *Bragantia*, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992.

LOPES, O.M.N.; RODRIGUES, T.E.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.C. de. Determinação de perdas de solos, água e nutrientes em Latossolo Amarelo, textura argilosa do Nordeste Paraense. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 36p. (Embrapa Amazônia Oriental.

LOUREIRO, R. L. Vegetação do Estado do Pará. In: Zoneamento Ecológico-econômico do Estado do Pará. Pará rural. Belém. 2009. (no prelo).

- LU, D.; LI, G.; VALLADARES, G. e BATISTELLA, M. Mapping soil erosion risk in rondonia, brazilian amazonia: Using rusle, remote sensing and gis. *Land Degradation & Development*, 15: 499–512 (2004)
- MAGUIRE, D. J.. An overview and definition of gis. In D. J. Maguire, M. F. Goodchild, & D. W. Rhind, *Geographical Information Systems Principles and Applications*. New York, Longman Scientific and Technical, E.U.A: John Wiley and Sons. 1991. 447 p.
- MARTORANO, L. G. ; PEREIRA, L. C. ; CESAR, E. ; PEREIRA, I. C. . Estudos Climáticos Do Estado Do Pará Classificação Climática (Koppen) E Deficiência Hídrica (Thornthwaite, Mather). Belém-Pa: Sudam, 1993 (Boletim).
- MEIRELES, J. Filho. O livro de ouro da Amazônia. Rio de Janeiro: Ediouro, 2007. 448 p.
- MENDONÇA, I. F. C. de. Adequação do uso agrícola e estimativa da degradação ambiental das terras da microbacia hidrográfica do riacho Una, Sapé-PB. Campinas. UNICAMP. 2005. 158p. (Tese Doutorado)
- MERGULHÃO, F. G. *Manual de Aerofotogrametria*. Belém: Serviço de Documentação e Informação. FCAP. 1992
- MIRIA I.C., LOMBARDI N. F. (1997) Razão de perdas de solo e fator C para sistemas de manejo da cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 21: 263-270.
- MORISAWA, M. *Streams: their Dynamics and Morphology*. McGraw-Hill Book Co. New York. 1968. 174 p.
- NOGUEIRA, F.P. Uso agrícola sustentado das terras do município de Vera Cruz, SP: proposta metodológica. Rio Claro, 2000. 84p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

OLIVEIRA, A.M.M.; PINTO, S.A.F. & LOMBARDI NETO, F. Caracterização de indicadores da erosão de solos em bacias hidrográficas com o suporte de geotecnologias e modelo preditivo. *Estudos Geográficos*, 5: 63-86, 2007.

PRADO, J. P. B. ; NOBREGA, M. T. . Determinação de perdas de solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da equação universal de perdas de solo (EUPS). *Acta Scientiarum. Technology*, Maringá-PR, v. 27, n. 01, p. 33-42, 2005.

PINHEIRO, E. DA S. Comparação entre dados altimétricos shuttle radar topography mission, cartas topográficas e gps: numa área com relevo escarpado. *Revista Brasileira de Cartografia* (58/01), p. 9. (2006).

PINTO, S. DOS A. F. Utilização De Técnicas De Sensoriamento Remoto Para A Caracterização De Erosão Do Solo No Sw Do Estado De São Paulo. INPE. São José dos Campos – SP.1982. 103p. (Dissertação de Mestrado).

RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A.; BAMLER, R. The shuttle radar topography mission - a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *Journal Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS)*. 53 – pp. 241 – 262. 2003.

RESENDE, M. ; ALMEIDA, J.R. DE. Modelos de predição de perda de solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo. *Informe Agropecuário*, Ano 11 – nº 128, Agosto de 1985, Belo Horizonte – MG.

RHIND, D. W. (1990). Global databases and GIS. In: Taylor, Francis, & A. Miles (Eds.), *The Association for Geographic Information Yearbook* (pp. 23-218). London.

ROCHA, C. H. B., 2000, *Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar*, Juiz de Fora – MG, Ed. do Autor.

RODRIGUEZ, E., MORRIS, C. S., BELZ, J. E., CHAPIN, E. C., MARTIN, J. M., DAFFER, W. and HENSLEY, S. An assessment of the SRTM topographic products, Technical Report JPL D-31639, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, pp. 143. 2005.

RODRÍGUEZ, E; MORRIS, C.S.; BELZ, J.E.; CHAPIN, E.C.; MARTIN, J.M.; DAFFER, W. & HENSLEY, S. An Assessment of the SRTM Topographic Products. Jet Propulsion Laboratory Document D-31639.

Roose, E. (1996). Land husbandry - Components and strategy. *FAO Soils Bulletins* , 70.

ROTH, A.; KNÖPFLE, W., STRUNZ, G., LEHNER, M., REINARTZ, P. Towards a global elevation product: combination of multi-source digital elevation models. Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications, Symposium sur la théorie, les traitements et les applications des données Géospaciales, Ottawa 2002.

SANTOS, O. C.de O. Análise do uso do solo e dos recursos hídricos na microbacia do igarapé Apeú, nordeste do Estado do Pará.– UFRJ. 2006. 2070 p. Tese (Doutorado em Geografia)

SCKERMANN, F. L. A depredação dos Solos da Região Bragantina e na Amazônia. Belém: Universidade Federal do Pará. 1966. 57p.

SCOPEL, I. (1993). Geração de mapas de erosão potencial com auxílio do Sistema Geográfico de Informação (SGI) na bacia piloto de Campo do Tenete - Pr. *VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, (p. 3). Curitiba.

SILVA, A. M. e EDMAR S. H. Estimativa do fator "c" da eups para cobertura mortada resíduos vegetais de origem urbana para as condições de são carlos (Sp, Brasil). *INCI*, dic. 2001, vol.26, no.12, p.615-618. ISSN 0378-1844.

- SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B. Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas. São Carlos: Editora Rima, 2003.
- SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEAUX, P.; CURI, N. & LIMA, J.M. Relação entre Parâmetros de Chuva e Perdas de Solo e Determinação da Erodibilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro em Goiânia (GO). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 21:131-137, 1997.
- SIMÕES, S.J.C.; Coiado; E.M. (2001). Métodos de Estimativa da Produção de Sedimentos em Pequenas Bacias Hidrográficas, in: Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas. Org. por De PAIVA, J.B.D.; De PAIVA, E.M.C.D., Porto Alegre: ABRH, 2001.
- SINGH, VIJAY P. *Watershed Management*. Proceedings of the International Conference on Water and Environment (WE-2003) : December 15 - 18, 2003, Bhopal, India / ed. by Vijay P. Singh ., [7]. New Delhi: Allied Publ, 2003. ian by Adriana Ionescu-Pârâu].
- SRHU/MMA. (2008). *Água: Manual de uso. Vamos cuidar de nossas águas. Implementando o Plano Nacional de Recursos Hídricos*. (2a. ed.). Brasília, DF: MMA.
- STRAHLER, A. N. Qualitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: V. T. ChoW (Ed.), *Handbook of applied hydrology: A compendium of water-resources technology* New York, E.U.A: McGraw-Hill. 1563p. (1964).
- VALENTE, M. V. et al. Zoneamento agroecológico das terras do município de Castanhal, Estado do Pará. Belém, EMBRAPA. Amazônia Oriental. 2001a. p. 27 (EMBRAPA/ Amazônia Oriental, documento 119).
- \_\_\_\_\_. Solos e Aptidão Agrícola das Terras do Município de Ínhangapi, Estado do Pará. Belém, Embrapa Amazônia Oriental, 2001b. (EMBRAPA/ Amazônia Oriental, documento 125).

- \_\_\_\_\_. Caracterização e Avaliação da Potencialidade dos Solo do município de Santa Izabel do Pará, Estado do Pará. Belém, EMBRAPA. Amazônia Oriental. 2001c. EMBRAPA/ Amazônia Oriental, documento 100).
- VALENTI, E. F. D. Modelagem dinâmica de perda de solos: O caso do alto curso da bacia hidrográfica do rio descoberto – DF/GO. Brasília. UNB. 2008. 113p. (Tese de Doutorado).
- Valeriano. Modelos digitais de elevação de microbacias elaborados com krigagem. São José dos Campos: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-9364-RPQ/736).. 2002. 54p.
- VALERIANO, M. DE M.; Picini, A. G. Geoprocessamento De Informações Agroclimatológicas. INPE. São José dos Campos. 2003. 133p.
- VALERIANO, M. M.; ABDON, M. M. Aplicação de dados SRTM a estudos do Pantanal. Revista Brasileira de Cartografia, v.1, n.59,, 2007.
- VALERIANO, M. M; KUPLICH. T.M.; STORINO. Modelling small watersheds in Brazilian Amazon with shuttle radar topographic mission-90m data. Computers & Geosciences, 32 1169-1181. 2006.
- VALERIANO, M. M.; ABDON, M. M. Aplicação de dados SRTM a estudos do Pantanal. Revista Brasileira de Cartografia, v.1, n.59. 2007.
- VALÉRIO FILHO, M. Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas ao estudo integrado de Bacias Hidrográficas. In: FERREIRA, M.E. & CRUZ, M.C.P. (Coordenadores), Solos Altamente Suscetíveis à Erosão. Jaboticabal: Faculdade Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP - Jaboticabal e Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1994.

VASCONCELOS, C. E.; NOVO, E. M. L. M. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí - pa. Acta Amazônica, v. 34, n. 3, p. 3-14, 2004.

VIEIRA, M. N. F.; VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C T.; CHAVES, R. S. Levantamento e conservação do solo. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação.1996.320 p.

VIEIRA, M. N. F. e VIEIRA, L. S. Tolerância de perdas de terras para alguns solos amazônicos. B.FCAP. BELÉM (19): 69-77, dez.1990

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfallerosion losses: a guide to conservation planning. Science and Education Administration United States Department of Agriculture, Supersedes Agriculture Handbook, 1978, n. 282, 58 p.

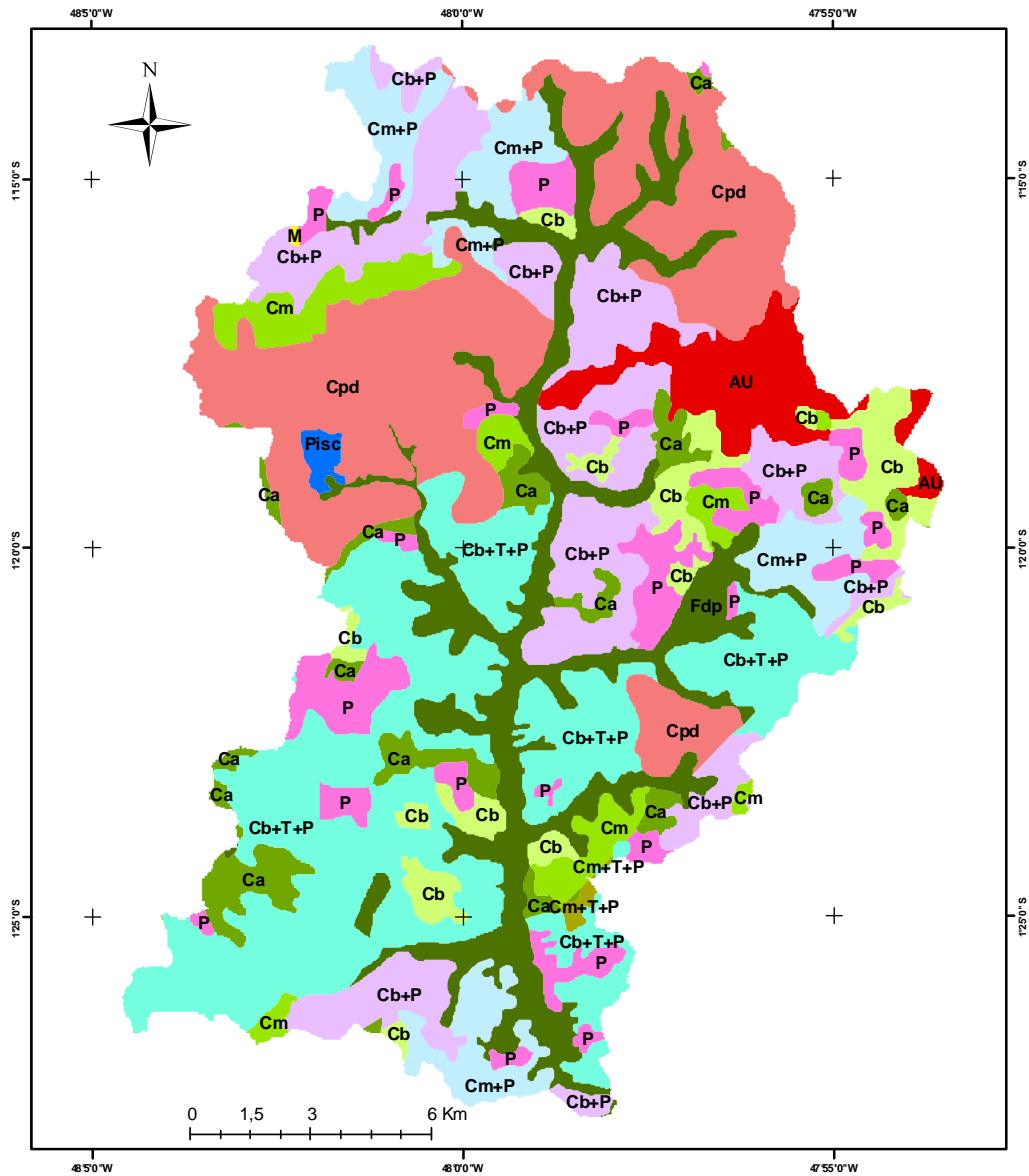
WISCHMEIER. W.H. & SMITH. D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Am. Geoph. Union. Washington. v.39. n.2. p.285-291, 1958.

ZACHAR, D. Soil Erosion. Bratislava (Czechoslovakia): Elsevier, Developments in Soil Science, 1982, n. 10, 547 p.














ZAVOIANU, ION. *Morphometry of Drainage Basins*. Developments in water science, 20. Amsterdam: Elsevier, 1985. 238 p.



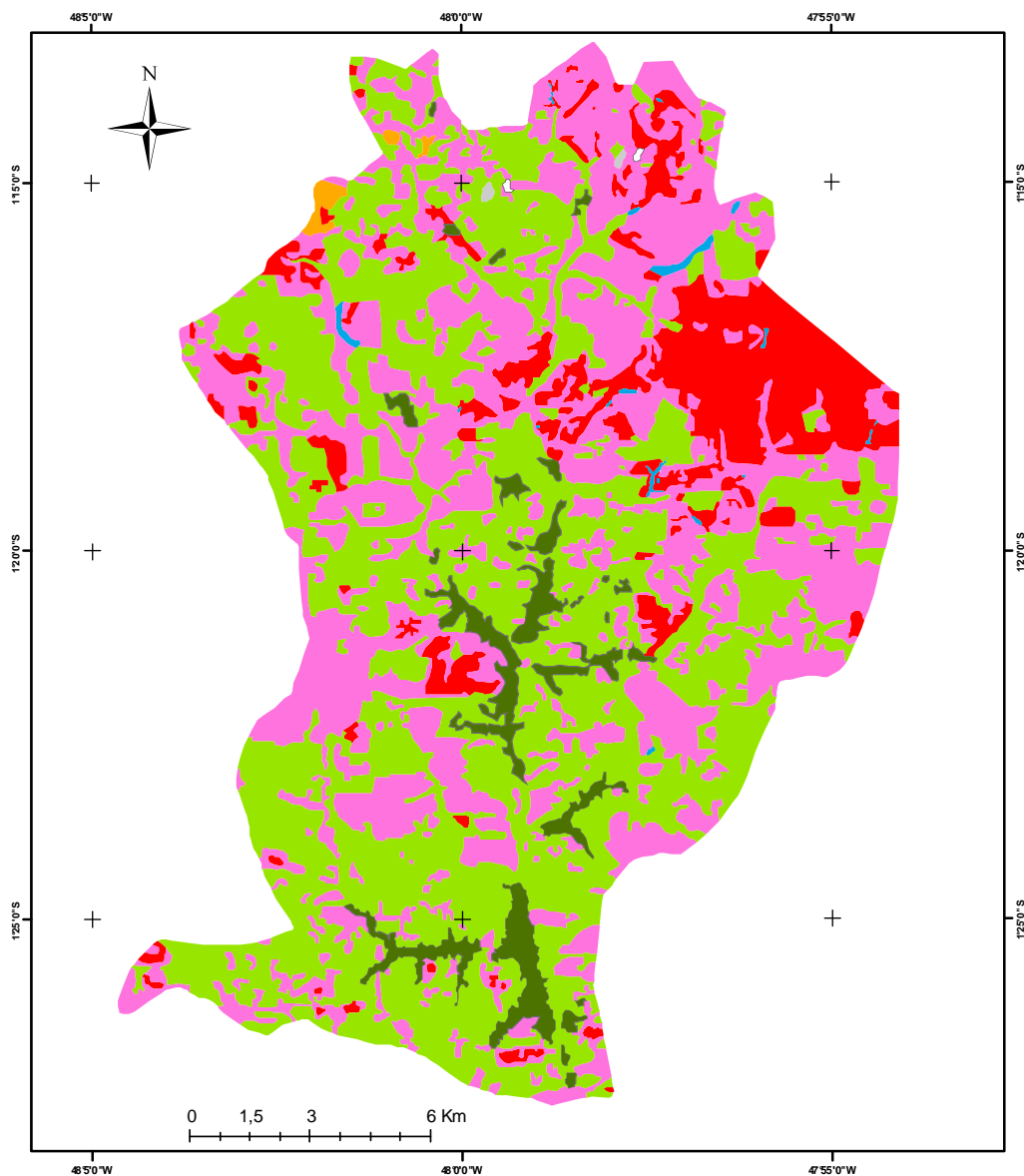
ANEXOS



**Legenda**

- |  |  |
|--|--|
|  Capoeira Alta                                  |  Cultura do Dendê                             |
|  Capoeira Baixa                                 |  Floresta Ombrófila Densa de Planície Aluvial |
|  Capoeira Baixa + Cultura Temporária + Pastagem |  Macega                                       |
|  Capoeira Baixa + Pastagem                      |  Pastagem                                     |
|  Capoeira Média                                 |  Piscicultura                                 |
|  Capoeira Média + Cultura Temporária + Pastagem |  Área Urbana                                  |
|  Capoeira Média + Pastagem                      |  |

Escala aproximada 1:250000  
 Projeção UTM: ZONA 23  
 Datum: SAD 69  
 Sistema de coordenadas geográficas



**Legenda**

- |   |   |
|---|---|
|  Capoeira            |  Pastagem        |
|  Exploração de areia |  Solo exposto    |
|  Floresta aluvial    |  Sombra de nuvem |
|  Nuvem               |  Água            |

Escala aproximada 1:250000  
 Projeção UTM: ZONA 23  
 Datum: SAD 69  
 Sistema de coordenadas geográficas

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)