

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA DO CÓRREGO ÁGUA BRANCA,  
AÇAILÂNDIA – MA.**

Mestrando: Raifran Abidimar de CASTRO.  
Orientadora: Profª Drª Odete Cardoso de Oliveira SANTOS.

Belém  
2009

RAIFRAN ABIDIMAR DE CASTRO

**FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA DO CÓRREGO ÁGUA BRANCA,  
AÇAILÂNDIA – MA.**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Odete Cardoso de Oliveira SANTOS.

Belém  
2009

RAIFRAN ABIDIMAR DE CASTRO

**FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA DO CÓRREGO ÁGUA BRANCA,  
AÇAILÂNDIA – MA.**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovado em:

---

Profª Drª Odete Cardoso de Oliveira SANTOS.  
Orientadora

---

Prof. Dr. Gilberto de Miranda Rocha  
Membro Examinador

---

Dr. Adriano Venturieri  
Examinador Externo

Belém  
2009

## Dedicatória

A **Deus** que sempre tem iluminado meu caminho.  
A minha **família** que sempre me deu a  
segurança para navegar em mares até então impensáveis.

## **Agradecimentos**

A Deus que sempre me ajuda a suportar e a superar as barreiras e as dificuldades da vida e que sempre me surpreende com bênçãos divinas.

A minha família em especial a minha mãe, a meu pai (in memoriam) e a meus irmãos que sempre me dão a força que preciso para navegar em mares até então impensáveis.

A minha orientadora Professora Odete, que aceitou me orientar e seguir junto comigo nesta jornada.

A Prefeitura Municipal de Açailândia, em especial a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, pela disponibilidade de tempo que me foi cedida para a realização deste mestrado.

Aos companheiros do curso de mestrado, em especial os da linha de pesquisa de Gestão dos Recursos Naturais e Meio Ambiente, pela troca de experiências e conhecimentos.

A Universidade Federal do Pará, através do Programa de Pós Graduação em Geografia, pela possibilidade de iniciar esta jornada pela busca do conhecimento.

A Marlene, a professora Márcia e ao professor Bordalo, pelo acolhimento, pelas palavras de incentivo e pela ajudas nos momentos que precisei.

A todos os amigos de Açailândia que me incentivaram e me ajudaram a continuar nos instantes que o cansaço se tornou grande.

Ao Prof. Dr. Gilberto de Miranda Rocha e ao Dr. Adriano Venturieri pela participação na banca da apresentação dessa dissertação.

*Onde o rio chegar,  
todos os animais que ali  
se movem poderão viver. Haverá  
peixes em quantidade, pois ali desembocam  
as águas que trazem saúde; e haverá vida onde  
chegar o rio. Nas margens junto ao rio, de ambos os lados,  
crescerá toda espécie de árvores frutíferas; suas folhas  
não murcharão e seus frutos jamais se acabarão:  
cada mês darão novos frutos, pois as águas que  
banham as árvores saem do santuário.  
Seus frutos servirão de alimento e  
suas folhas serão remédio.*

## Resumo

Os projetos de governos que objetivam a disseminação e redistribuição espacial de atividades econômicas, em especial a indústria, têm impulsionado a degradação ambiental em todo o mundo, e mais recentemente na região Amazônica, destacando-se a parte oeste maranhense, onde a construção das rodovias BR 010 e BR 222, e das ferrovias Carajás (EFC) e Norte-Sul (EFNS) tornaram esta área propícia a implantação de grandes projetos industriais e agropecuários. A bacia do Córrego Água Branca (258 km<sup>2</sup>), abrange os territórios da cidade de Açailândia – MA (186,5 km<sup>2</sup> - 72%), Cidelândia (5 km<sup>2</sup> - 2%), Imperatriz (1,5 km<sup>2</sup> - 0,5%) e São Francisco do Brejão (65 km<sup>2</sup> - 25,5%). A área da bacia do córrego Água Branca apresenta-se degradada com graves prejuízos sócio-ambientais. O estudo da fragilidade ambiental fornece ferramentas que indicam possibilidades de utilização do solo suprindo as necessidades das populações locais de maneira sustentável, evitando a degradação do meio ambiente. O objetivo desta pesquisa é Identificar as áreas de maior e menor fragilidade ambiental da micro bacia do Córrego Água Branca, tendo como finalidade observar a situação real do ambiente em estudo, buscando promover a adequação dos usos às suas diversas características. Realizou-se o levantamento dos mapas temáticos de Geologia, de Pedologia, Geomorfologia, declividade, hipsiométrico e de uso e cobertura do solo nos anos de 1988, 1999 e 2008. Utilizando-se a metodologia proposta por ROSS (1994) e o software ArcGis 9.2 obteve-se as Fragilidades Potencial (cruzamento entre pedologia e geomorfologia) e Emergente (cruzamento entre a Potencial e os tipos de uso e cobertura) ambas classificadas em muito fraca, fraca, média, forte e muito forte. O córrego Água Branca nasce no município de São Francisco do Brejão numa área de altitude de 370m próximo da fronteira com o município de Cidelândia, com uma área de 258 Km<sup>2</sup> e corresponde a uma hierarquia fluvial de 3<sup>a</sup> grandeza. Apresenta 19 cursos d'água que somam um comprimento total de 123,4 Km, com uma densidade de cursos d'água de 0,07 Km<sup>2</sup> e uma densidade de drenagem de 0,47 Km/Km<sup>2</sup>, com a distribuição dos principais afluentes localizando-se principalmente na margem direita. A geomorfologia caracteriza-se por relevo Plano com formas tabulares e vertentes suavemente inclinadas (122 Km<sup>2</sup>); Relevo Suave Ondulado com colinas de topo convexo e vertentes de declividade suave (95 Km<sup>2</sup>); e Relevo Ondulado com morros com topos geralmente conservados apresentando altas declividades e em alguns casos vertentes escarpadas (41 Km<sup>2</sup>). Após a análise das imagens de satélite Landsat 5 – TM, datas 16/08/1988, 14/07/1999 e 07/08/2008 identificaram-se as seguintes classes de cobertura/uso do solo e suas respectivas áreas em 2008: agrovila (2,6 Km<sup>2</sup>); capoeira (48,8 Km<sup>2</sup>); capoeira permeada por pastagem (15,7 Km<sup>2</sup>); pastagem (166,7 Km<sup>2</sup>); núcleo urbano (4,6 Km<sup>2</sup>); povoado (2,9 Km<sup>2</sup>); silvicultura (15,8 Km<sup>2</sup>); e solo exposto (0,9 Km<sup>2</sup>). Os tipos de solos são Latossolo Vermelho Amarelo (113 Km<sup>2</sup>) e Argissolo Vermelho Amarelo (145 Km<sup>2</sup>). Segundo a classificação de Thornthwaite a área da bacia corresponde à seguinte tipologia climática C2 r A' a' e as chuvas estão concentradas entre os meses de novembro a abril. Sobre a fragilidade emergente destacam-se os seguintes dados: Muito fraca (8,1% da área da bacia), fraca (24,4%), média (16%), forte (42,2%) e muito forte (9,3%). Há 10 áreas com represamento do curso principal do córrego. Foram mapeadas 16 áreas com processos erosivos acelerados. Espera-se que esta pesquisa venha contribuir para a conscientização da população local e para a implementação de ações que resultem na melhoria da qualidade do ambiente do qual fazemos parte.

## Abstract

The government projects that aim to spread and redistribution of economic activities, especially industry, are driving environmental degradation around the world, and more recently in the Amazon region, especially the western part of Maranhão, where the construction of highways BR 010 and BR 222, and the Carajas Railroad (EFC) and North-South (EFNS) has made this area for the deployment of large industrial and agricultural projects. The basin of the White Water Creek (258 km<sup>2</sup>), covering the territories of city of Açailândia - MA (186.5 km<sup>2</sup> - 72%), Cidelândia (5 km<sup>2</sup> - 2%), Emperess (1.5 km<sup>2</sup> - 0.5%) and São Francisco Brejão (65 km<sup>2</sup> - 25.5%). The catchment area for the stream White Water presents degraded with serious social and environmental damage. The study of environmental fragility provides tools that indicate possibilities for land use providing for the needs of local communities in a sustainable way, avoiding the degradation of the environment. The research aims to identify areas of greater and lesser environmental fragility of the micro-basin of White Water Creek, with the purpose to observe the real situation of the environment under study, seeking to promote the appropriate uses of its various features. The survey is a survey of thematic maps of geology, of Pedology, Geomorphology, slope, and hipsiométrico use and land cover in the years 1988, 1999 and 2008. Using the methodology proposed by Ross (1994) and the software ArcGIS 9.2 we obtained the potential fragility (cross between pedology and geomorphology) and Emerging (junction between the potential and the types of land cover), both classified as very weak, weak, average, strong and very strong. The Água Branca was born in São Francisco do Brejão an area of 370m above sea level near the border with the city of cidelandia, with an area of 258 square kilometers and is a fluvial hierarchy of 3rd magnitude. It features 19 water courses totaling a total length of 123.4 km, with a density of streams of 0.07 square kilometers and a drainage density of 0.47 km / km<sup>2</sup>, with the distribution of the main tributaries locating mainly on the right. The geomorphology is characterized by relief plan with tabular and slopes gently sloping (122 km<sup>2</sup>), with gently undulating terrain of hills and slopes convex top of gentle slope (95 km<sup>2</sup>) and with strong topographic hills with tops generally kept showing steep slopes and in some cases steep slopes (41 km<sup>2</sup>). After reviewing the images from Landsat 5 - TM, dates 16/08/1988, 14/07/1999 and 07/08/2008 identified the following classes of cover / land use and their respective areas in 2008: agrovila (2.6 km<sup>2</sup>), poultry (48.8 km<sup>2</sup>), poultry pervaded by pasture (15.7 km<sup>2</sup>), pasture (166.7 km<sup>2</sup>), the urban center (4.6 km<sup>2</sup>), village (2.9 km<sup>2</sup>), forestry (15.8 km<sup>2</sup>), and exposed soil (0.9 km<sup>2</sup>). Soil types are Typic Yellow (113 km<sup>2</sup>) and Typic (145 km<sup>2</sup>). According to the classification of Thornthwaite watershed area corresponds to the following typology climate C2 r A 'to' and the rains are concentrated between the months of November and April. About fragility emerging emphasis on the following data: Very poor (8.1% of the basin area), poor (24.4%), medium (16%), strong (42.2%) and very strong (9.3%). There are 10 areas with the damming of the main course of the stream. Mapped 16 areas with erosion accelerated. It is hoped that this research will contribute to the awareness of local people and to implement actions that result in improving the quality of the environment to which we belong.



Figura 28 - Fragilidade Potencial	51
Figura 29 - Fragilidade Emergente da Bacia do Córrego Água Branca	53
Figura 30 - Formação de processos erosivos em estrada vicinal	54
Figura 31- Assoreamento do Córrego Água Branca	55
Figura 32 - Área de Fragilidade Emergente Muito Fraca	56
Figura 33 - Tanques para criação de peixes	56
Figura 34 - Uso de draga para ampliação/escavação de tanques	57
Figura 35 - Mapa de localização das áreas com represamento	59
Figura 36 - Remoção de solo provocando assoreamento em lago formado por represamento (área número 02)	60
Figura 37 - Mapa de localização das áreas com processos erosivos	61
Figura 38 - Rede de ravinas formada em talude exposto nas proximidades da Ferrovia Carajás	62
Figura 39 - Erosão na lateral da BR 010	62
Figura 40 - Erosão na lateral da MA 125	63

<b>Lista de tabelas</b>	<b>Pg.</b>
Tabela 01 – Fragilidade das classes de declividade	18
Tabela 02 – Classes de fragilidade ou erodibilidade dos solos	18
Tabela 03 – Classes de proteção dos usos e coberturas dos solos	19
Tabela 04 – Número de canais por hierarquia fluvial	25
Tabela 05 – Distribuição dos principais afluentes	25
Tabela 06 - Caracterização dos Alto, Médio e Baixo cursos	27
Tabela 07 - Tipos de cobertura e uso/1988	39
Tabela 08 – Tipos de cobertura e uso/1999	41
Tabela 09 – Tipos de cobertura e uso/2008	43
Tabela 10 - Principais características das classes de Fragilidade Potencial	49
Tabela 11 - Áreas e porcentagem das classes de Fragilidade Potencial	50
Tabela 12 - Principais características das classes de Fragilidade Emergente	52
Tabela 13 - Áreas e porcentagem das classes de Fragilidade Emergente	54
Tabela 14 - Áreas das APP de acordo com o tipo de uso e cobertura	58

## **Lista de abreviaturas e siglas**

APP – Área de Preservação Permanente  
CELMAR – Indústria de Celulose do Maranhão  
CESI – Centro de Estudos Superiores de Imperatriz  
CPRM – Serviço Geológico Brasileiro  
CONAMA – Conselho Nacional e Meio Ambiente  
CVRD – Companhia VALE do Rio Doce  
DSG – Diretoria de Serviços Geográficos do Exército  
EFC – Estrada de Ferro Carajás  
EFNS – Estrada de Ferro Norte/Sul  
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Produção Agropecuária  
FERGUMAR – Ferro Gusa do Maranhão  
FNS – Fundação Nacional de Saúde  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
MDE – Modelo Digital de Elevação  
PDPA – Plano Diretor Participativo de Açailândia  
PERH – Política Estadual de Recursos Hídricos  
PGC – Projeto Grande Carajás  
PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos  
SAVAM – Sistema de Áreas de Valor Ambiental e Cultural de Açailândia  
SGIRH – Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos  
SIG – Sistema de Informações Geográficas  
SIMASA – Siderúrgica do Maranhão S/A  
SNGRH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos  
SRTM – Shuttle Radar Topographic Mission  
UEMA – Universidade Estadual do Maranhão  
ZEE – Zoneamento Ecológico Econômico

## SUMÁRIO

Dedicatória

Agradecimentos

Epígrafe

RESUMO

ABSTRACT

Lista de ilustrações

Lista de tabelas

Lista de siglas e abreviaturas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. Justificativa	04
2.1. Objetivos	06
2.1.1. Geral	06
2.1.2. Específicos	06
3. A bacia hidrográfica como unidade de planejamento	06
4. Ocupação, uso do solo e a qualidade ambiental	08
5. O uso do geoprocessamento no estudo de bacias hidrográficas	12
6. Estudo da fragilidade ambiental	13
7. Métodos e técnicas	16
7.1. Descrição da Metodologia	16
7.2. Material e técnicas	19
7.2.1. Delimitação da bacia	19
7.2.2. Hierarquia Fluvial	20
7.2.3. Geologia	20
7.2.4. Geomorfologia	20
7.2.5. Mapeamento de solos	21
7.2.6. Declividade e hipsimetria	21
7.2.7. Dados climáticos	21
7.2.8. Modificação multitemporal de uso e cobertura	21
7.2.9. Fragilidade Ambiental	22
8. Resultados	23

8.1. Geologia	23
8.2. Hierarquia Fluvial	25
8.3. Geomorfologia	29
8.4. Hipsometria e Declividade	32
8.5. Dados climáticos	35
8.6. Solos	36
8.7. Uso do solo – 1988, 1999 e 2008	39
8.8. Fragilidade Potencial	49
8.9. Fragilidade Emergente	52
9. Considerações Finais e recomendações	63

## REFERÊNCIAS

## 1. Introdução

A problemática ambiental encontra-se entre os temas de maior destaque nas instituições de pesquisa e na mídia em geral. Leff (2007, p. 191) destaca que: “A crise ambiental é a crise do nosso tempo.” O mesmo autor, ainda, menciona o fato de que a resolução desta “crise” pauta-se numa busca pelo melhor conhecimento das ações realizadas pelo homem sobre a natureza, o que colaboraria para a alteração da mesma. A maior dificuldade encontra-se no paradoxo consumo versus preservação da natureza, pois o crescimento populacional e a ampliação do padrão de vida em praticamente todo o mundo dificultam a possibilidade de uma equidade entre estes dois parâmetros, sendo que se observa a ampliação do consumo e do desperdício impulsionados pelas leis do “desenvolvimento econômico”.

Para Couto (2007, p.16): “O custo de manter esse modelo torna-se cada vez mais evidente, através das conseqüências danosas originadas pelos desequilíbrios causados nos sistemas ambientais, e que atualmente representam uma ameaça potencial a existência da própria humanidade.”

Neste contexto os danos causados pelo desequilíbrio ambiental têm sido atribuídos ao crescimento desordenado das cidades, ao desmatamento, à destruição da vegetação ciliar, à deterioração dos cursos d'água, e ao mau uso das terras agrícolas, que aceleram a erosão provocando o assoreamento dos canais (Dill, 2007, p. 06). Sendo assim, os estudos e os planejamentos ambientais apresentam-se como instrumentos que possibilitam uma avaliação da degradação ambiental bem como sua redução.

Ross (2005, p. 14) destaca que: “Todas as modificações inseridas pelo homem no ambiente natural alteram o equilíbrio de uma natureza que não é estática, mas que apresenta quase sempre um dinamismo harmonioso em evolução estável e contínua, quando não afetada pelos homens”. Desse modo é necessário o conhecimento do ambiente físico, dos contextos histórico-culturais e das atividades econômicas encontradas em determinadas áreas para que estas inter-relações sejam as diretrizes das melhorias sócio-ambientais.

Contudo os projetos de governos que objetivam a disseminação e redistribuição espacial de atividades econômicas, em especial a indústria, têm impulsionado a degradação ambiental em todo o mundo, e mais recentemente na região Amazônica, destacando-se a parte oeste maranhense, onde a construção das

rodovias BR 010 e BR 222, e das ferrovias Carajás e Norte-Sul tornaram esta área propícia a implantação de grandes projetos industriais e agropecuários. Nas proximidades da coordenada entre os paralelos 04° 52' 00" e 05° 08' 00" sul e os meridianos 47° 24' 00" e 47° 36' 00" oeste, têm-se a bacia do Córrego Água Branca (258 km<sup>2</sup>), abrangendo territórios dos municípios de Açailândia – MA (186,5 km<sup>2</sup> - 72%), Cidelândia (5 km<sup>2</sup> - 2%), Imperatriz (1,5 km<sup>2</sup> - 0,5%) e São Francisco do Brejão (65 km<sup>2</sup> - 25,5%) (Figura 01), que necessita de estudos que analisem sua fragilidade ambiental.

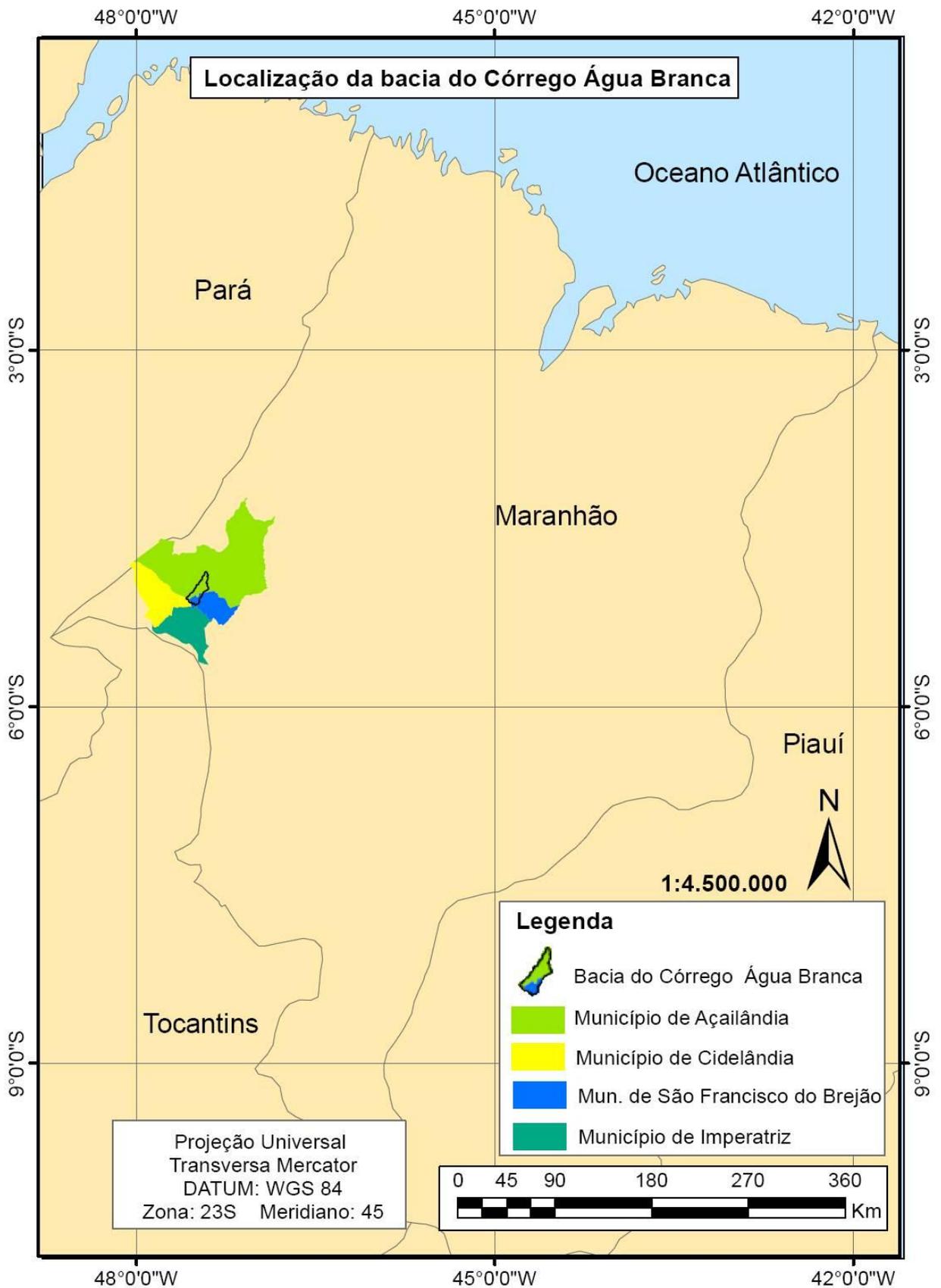


Figura 01 - Localização da área de estudo – Bacia do Córrego Água Branca.

## 2. Justificativa

Segundo Mota (1998, p. 17) a história da cidade de Açailândia iniciou exatamente no dia 19 de julho de 1958, quando os índios Cutia e Cocranum, a procura de água para a equipe de trabalho, que estava acampada no lugar denominado Trecho Seco, encontraram a cabeceira de um riacho, o qual no dia seguinte serviria para fixar o acampamento dos trabalhadores da construção da rodovia Belém-Brasília (BR 010).

Segundo Marçal (2000, p. 09) a construção das rodovias BR 222 e BR 010 (Belém-Brasília) e da Ferrovia Estrada de Ferro Carajás (EFC) impulsionou o surgimento e o crescimento desta cidade

Com a criação do Programa Grande Carajás (PGC) na década de 1980, Açailândia passa a ser considerado o maior pólo madeireiro da área, contando com 54 madeireiras, além de pequenas serrarias. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 1987, Açailândia era responsável por 255 madeireiras do Maranhão, com volume superior cinco vezes ao produzido em Imperatriz. Com o funcionamento dessas madeireiras, ocorreram várias transformações que alteraram a paisagem da cidade e do município (Carneiro, 1997, p. 125). Esse programa estimulou a industrialização de Açailândia.

A ferrovia da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e as indústrias a ela associadas foram responsáveis por atrair um número elevado de pessoas que viam na região, uma perspectiva de conseguir emprego e habitação. Para Ab'Saber (2006, p. 46):

“A Ferrovia Carajás – Ponta da Madeira, com seus 890 km de extensão e construída com grande rapidez (1981 – 1983), propiciou todo um ciclo de apossamento de terras florestadas na região por ela cruzada. O traçado da moderna estrada de ferro, construída para ser um corredor de escoamento de minério de ferro de Carajás, foi previamente conhecido por governantes, políticos e representantes de ferozes oligarquias regionais. Por esta razão houve uma imediata supressão da cobertura vegetal primária desde Pequiá até Buriticupu, num tempo em que desmatar era considerado “benfeitoria” na Amazônia.”

A bacia do córrego Água Branca destaca-se por que na área da mesma predomina a agropecuária e, nas suas proximidades têm-se cinco siderúrgicas que foram atraídas para a região pela Companhia Vale do Rio Doce e pelo Programa Grande Carajás. As guserias transformam o minério de ferro vindo da Serra dos Carajás localizada no Estado do Pará. Estas atividades fizeram com que a

população dos bairros localizados nesta área aumentasse de 847 pessoas em 1970 para 1264 em 1980, chegando a 5256 em 1995 (PDPA, 2006). As siderúrgicas iniciaram suas atividades, no ano de 1988, com as instalações da Viena Siderúrgica e da Vale do Pindaré. Em 1993 se instalaram a SIMASA e a Gusa Nordeste, seguidas da FERGUMAR no ano de 1997, que juntas somam 13 alto-fornos para a produção de ferro gusa em lingotes, do tipo aciaria, para exportação que promoveram, além da grande migração urbana, os problemas sócio-ambientais. Em 2004 a produção dessas siderúrgicas alcançou um total de 1.600.000 toneladas, consumindo mais de 3.500.000 toneladas de carvão. Entre as origens deste carvão encontram-se reflorestamentos de *eucalyptu sp*, do babaçu (*Orbignya phalerata*, Mart), resíduos de serrarias e principalmente do desmatamento irregular (PDPA, 2006).

Alguns dos problemas socioambientais observáveis nesta bacia já foram estudados por Marçal et. al. (2001, p. 630), por Castro et. al. (2006, p. 05-07); idem (2007, p. 04-08), sendo que dentre eles podem-se destacar: a grande evolução do desmatamento entre as décadas de 1980 e início da década de 1990; a aceleração do crescimento de processos erosivos retilíneos (ravinas e voçorocas) a partir da abertura das rodovias e ferrovias, como observado por Castro (2006, p. 12) onde foram mapeados 43 áreas com processos erosivos acelerados somente na área urbana da cidade de Açailândia, sendo que deste total, 03 localizam-se às margens do córrego Água Branca; e da expansão da agropecuária extensiva, causando a formação de ravinas em grandes áreas e a perda de vegetação das matas ciliares; poluição do solo e da água por resíduos industriais.

Diante do apresentado, observa-se que a área de abrangência da bacia do córrego Água Branca está degradada com prejuízos sócio-ambientais graves com tendências de aceleração destes prejuízos. Por isto esta pesquisa justifica-se pelo fato do estudo da fragilidade ambiental fornecer ferramentas que indicam possibilidades de utilização do solo suprindo as necessidades das populações locais evitando a degradação do meio ambiente.

## **2.1. Objetivos:**

### **2.1.1. Geral**

- Identificar as áreas de maior e menor fragilidade ambiental da micro bacia do Córrego Água Branca.

### **2.1.2. Específicos**

- Determinar as características físicas da bacia do córrego Água Branca, referentes à Geologia, pedologia, geomorfologia, declividade, hipsometria, drenagem, e de uso e cobertura do solo;
- Identificar as características da evolução no uso e cobertura do solo nos anos de 1988, 1999 e 2008, destacando as principais transformações na paisagem da bacia e a atual situação das áreas de preservação permanente;
- Obter informações para subsidiar as diretrizes necessárias para a gestão ambiental da bacia.

## **3. A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento.**

Na busca por um conhecimento mais completo e confiável do ambiente, um dos subtemas em destaque são os recortes/unidades territoriais de planejamento a serem utilizados que dêem mais possibilidades de estudo. Assim, Becker e Egler (1996, p. 32) definem que a unidade de planejamento é uma entidade geográfica que contém atributos ambientais, que permitem diferenciá-la de suas vizinhas, ao mesmo tempo em que possui vínculos dinâmicos que a articulam à complexa rede integrada por outras unidades territoriais. Nesta perspectiva, a utilização da bacia de drenagem como unidade de referência para o desenvolvimento de atividades vinculadas ao Planejamento Ambiental, constitui-se uma das iniciativas tomadas pelo homem na busca do gerenciamento do meio ambiente.

A questão conceitual sobre bacias hidrográficas já foi estudada por diversos autores dentre estes se destacam BERTONI E LOMBARDI NETO (1990), ROCHA (1991) e SANTOS (2005). De acordo com Silveira (1997, p. 40) uma bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz

convergir os escoamentos para um único ponto de saída, sendo que esta é constituída de um conjunto de vertentes e de uma rede de drenagem que confluem em um único leito principal. Complementando as conceituações anteriores Ross (1998) afirma que bacia pode ser considerada uma unidade hidrogeomorfológica da paisagem com seus canais fluviais, saídas e divisores que acabam por constituir um importante geoecossistema.

De acordo com Guerra & Cunha (1996, p. 82) a bacia hidrográfica de qualquer hierarquia representa uma excelente unidade de gestão dos elementos naturais e sociais porque, sob o ponto de vista do auto-ajuste, as bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas, uma vez que mudanças significativas em qualquer dessas unidades, podem gerar alterações, efeitos e ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída (descarga, cargas sólidas e dissolvidas).

Ab'Saber (1987 apud CARVALHO, 2007, p. 24) destaca que o uso dos recursos naturais, sua preservação e a recuperação de ecossistemas, por uma visão sistêmica e integrada, na qual a bacia hidrográfica é uma unidade bastante importante e característica, ou seja, uma unidade biogeofísica bem determinada, dados seus contornos e delimitações relativamente precisos e seus mecanismos de funcionamento que dependem de subsistemas impulsionados por fatores climatológicos (radiação solar, vento, precipitação), na qual se desenvolvem atividades econômicas e sociais.

Sabe-se que a bacia hidrográfica tem sido adotada internacionalmente como unidade físico-territorial básica para o planejamento e a gestão de recursos naturais, principalmente hídricos, sendo inclusive adotada como parâmetro importante para a aprovação de projetos que visam o financiamento de políticas públicas relacionadas à conservação/recuperação e cursos d'água em todo o Brasil, quando estes são disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente do Brasil e de outros países.

Segundo Santos (2006, p 33): “A bacia hidrográfica desempenha uma excelente unidade integradora da dinâmica ambiental, propícia a um planejamento baseado na racionalidade ambiental” Sabe-se da grande importância que se tem dado ao conhecimento e análise de todos os elementos que constituem e interagem em uma bacia hidrográfica.

Para Carvalho (2007, p. 28) destaca que nos estudos de bacia hidrográficas o solo, a vegetação e a água são elementos imprescindíveis, pois o conhecimento das relações existentes entre si e com outros, permite que se possa perceber como os mesmos podem intervir na dinâmica de uma bacia hidrográfica e conseqüentemente contribuir para intensificar ou reduzir o processo de degradação ambiental

Dill (2007, p. 15) afirma que nas bacias hidrográficas os problemas ambientais são sistêmicos, o que significa que estão intimamente interligados e interdependentes. Sendo assim não se pode querer solucionar problemas de qualidade de água, erosão e assoreamento sem considerar a ocupação territorial da bacia hidrográfica, o crescimento das cidades e de suas populações e as políticas propostas para a área, principalmente quando se trata de uma bacia que já sofreu grande intervenção antrópica, sendo necessária a inclusão de trabalhos de manejo que vislumbrem a ações que possibilitem a amenização/solução destes problemas.

#### **4. Ocupação, uso do solo e a qualidade ambiental**

Para Fendrich et. al. (1997, p. 46) as principais agressões causadas pelo homem decorrem da retirada da cobertura vegetal, da agricultura sem manuseio adequado, das áreas de pastagem com altas densidades de animais, da abertura de estradas sem execução de obras de drenagem, ou da execução de obras de loteamentos com a inobservância de práticas de conservação do solo e de controle de erosão.

Sobre as alterações provocadas no solo, Almeida & Tertuliano (1999, p. 42) dizem que sob condições onde a cobertura vegetal ainda está presente, os restos vegetais que são transferidos ao solo podem influir sobre fatores diversos como armazenamento de água e a temperatura do solo. Há também alterações na atividade escavadora da fauna edáfica, que são também importantes, visto que as substancias químicas liberadas podem ser uma importante fonte de nutrientes, sendo eficientes, portanto, do ponto de vista energético.

Almeida & Tertuliano (1999, p 42) se referem a excessiva acumulação de gado que causa compactação do solo diminuindo assim a capacidade de infiltração de águas pluviais. A perda da fertilidade do solo por lixiviação reduzindo a capacidade de armazenamento hídrico do solo, provocando o surgimento de processos erosivos, com a perda do solo arável e o aparecimento de voçorocas, como conseqüência o assoreamento de rios.

Outra temática relacionada com o estudo da qualidade ambiental é o levantamento de conflitos de uso.

Segundo Rocha (1991, p. 32) os conflitos de uso da terra ocorrem quando culturas agrícolas ou pastagens desenvolvidas em áreas apropriadas para tal uso, porém com declividade média acima de 10 ou 15 %, sem tratos conservacionistas e estes podem ser determinados de acordo com classes de Uso da terra e classes de capacidade de uso do solo. Segundo Rocha (1991, p. 09) é considerado conflito de uso em função das classes de uso do solo quando:

“Em função das classes de uso da terra, é conflito quando: em microbacias com vocação para a agricultura empregam-se queimadas e práticas agrícolas em áreas declivosas; em microbacias com vocação para pecuária empregam-se queimadas e outros usos inadequados; em microbacias com vocação para pecuária e reflorestamento empregam-se queimadas, agricultura em áreas planas ou declivosas e pedreiras; em microbacias com vocação para florestas naturais e reflorestamento haja qualquer outra forma de ocupação.” (ROCHA, 1991, p. 09)

De acordo com Carvalho (2007, p. 43) tanto a agricultura como a pecuária, são atividades econômicas que necessitam de grandes áreas, onde o desmatamento é a primeira consequência negativa para o ambiente, deixando o solo exposto à lixiviação e favorecendo o carreamento de sedimentos para os rios e lagos. O aumento do uso de fertilizantes desequilibra o conteúdo de nutriente do solo e facilitando a contaminação química do ambiente.

A construção de estradas em áreas rurais pode ocasionar riscos, pois as mesmas permitirão um fluxo maior de automóveis, em muitos casos até veículos de transporte de carga pesada. As estradas não pavimentadas que não possuem manutenção constante podem acarretar no surgimento de ravinações, que podem contribuir para o deslocamento de sedimentos e outras substâncias, para dentro do canal fluvial, provocando sua contaminação, assoreamento, aumentando a área de enchentes no período chuvoso (CARVALHO, 2007, p. 74).

Para Ross & Del Prete (1998, p. 40) os corpos d' água acabam de uma forma ou de outra servindo como receptáculos temporários ou finais de uma grande variedade e quantidade de poluentes, principalmente a partir de fontes não naturais e de atividades humanas. Toda atividade desenvolvida numa determinada bacia é refletida na qualidade de suas águas, causando alterações em suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Como rios são sistemas de drenagem e de transporte

com intensa comunicação com os ecossistemas terrestres, as bacias adjacentes também sofrem os impactos, assim como a população residente na bacia e em bacias adjacentes.

Dentre as principais temáticas relacionadas à degradação ambiental em bacias hidrográficas causadas por atividades econômicas que não estão pautadas em práticas conservacionistas e de ordenamento territorial/ambiental, encontram-se os estudos sobre vegetação de mata ciliar e ripária, e sobre a ocorrência e/ou crescimento de processos erosivos.

Segundo Mata (2006, p.11) a presença da vegetação junto aos corpos d'água, desempenha importantes funções hidrológicas, como: a proteção da zona ripária; a filtragem de sedimentos e nutrientes, bem como a penetração de produtos químicos nos cursos d'água; o controle da erosão nas ribanceiras. Ainda destaca que a importância da preservação ou restauração das florestas ao longo dos rios e ao redor dos lagos e reservatórios, fundamenta-se no amplo aspecto de benefícios que este tipo de vegetação traz ao ecossistema, exercendo função protetora sobre os recursos naturais abióticos e bióticos.

Sobre a definição de áreas de proteção relacionadas às matas ciliares, a resolução do CONAMA n. 303 de 20 de março de 2002, dispõe sobre parâmetros, definições e limites das Áreas de Preservação Permanente (APP), considerando estas como instrumentos de relevante interesse ambiental, visto que integram os preceitos da sustentabilidade, que é objetivo tanto das presentes como das futuras gerações.

Como instrumento regulador dos usos aplicados em um território, o conjunto de leis que vão das esferas federais às municipais, as quais tratam das condicionantes ambientais, agem delimitando os tipos de uso que podem ser aplicados em cada ambiente. Quando integralmente aplicadas, atuam sobre variadas interfaces do meio de forma específica e integrada, ora protegendo a fauna, as formações vegetacionais, ora protegendo a qualidade do solo, da água e do ar (MIARA, 2006, p. 26).

A Lei número 9.433, de 8 de janeiro de 1997 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) e prevê no seu Art. 1º que a Bacia Hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de

atuação do SNGRH. Segundo Santos (2006, p. 38): “Para que a Lei nº 9.433 funcione, realmente, é necessário que as leis de políticas estaduais de recursos hídricos, que normatizam o gerenciamento das várias bacias hidrográficas estaduais, sejam executadas.”

No Estado do Maranhão a gestão dos recursos hídricos é baseada na Lei número 7.052 de 22 de dezembro de 1997, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e institui o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos (SGIRH).

Deve-se mencionar que a preservação e/ou uso adequado da vegetação de uma bacia perpassa pela questão das erosões, pois segundo Marçal (2003, p.61) a cobertura vegetal pode reduzir a quantidade de energia que chega ao solo durante uma chuva, e com isso, minimizar os impactos das gotas, diminuindo a formação de crostas no solo, reduzindo a erosão. A erosão causa quase sempre, uma série de problemas ambientais em nível local ou até mesmo em grandes áreas.

De acordo com GUERRA (1995, p. 20), os processos erosivos compreendem a seguinte evolução: erosão laminar (O escoamento superficial se distribui pelas encostas de forma dispersa, não se concentrando em canais); erosão em ravinas (são formadas quando a velocidade do fluxo de água aumenta na encosta, provavelmente para velocidades superiores a 30 cm/s, tornando o fluxo turbulento); erosão em voçorocas (são características erosivas relativamente permanentes nas encostas, possuindo paredes laterais íngremes e, em geral, fundo chato, ocorrendo fluxo de água em seu interior durante os eventos chuvosos e algumas vezes as voçorocas se aprofundam de tal forma que chegam a atingir o lençol freático).

Segundo Guerra (1995, p. 26), as voçorocas estão associadas a processos de erosão acelerada, e, portanto, com a instabilidade da paisagem. Os desmatamentos, o uso agrícola das terras, o alto nível de pastoreio e as queimadas são quase sempre os responsáveis diretos pelo surgimento de voçorocas, associados com o tipo de chuva e as propriedades do solo. Por isso, o uso de técnicas de mapeamento desta diversidade de atividades e sua correlação com os mapas que especializam os processos de degradação, e as características físicas de uma determinada área, têm sido amplamente utilizadas em pesquisas e no acompanhamento de fenômenos ambientais.

## **5. O uso do Geoprocessamento no estudo de bacias hidrográficas**

Para WEBER (1998, apud MIARA, 2006, p. 30) o Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um sistema computacional que reúne um conjunto de ferramentas para entrada, armazenamento, recuperação, transformação, análise e representação de dados da realidade para um propósito determinado, sendo que o princípio básico de seu funcionamento é o georreferenciamento.

Para GHEZZI (2003, p. 15) destaca que entre as principais aplicações do sensoriamento remoto na Geografia destacam-se os monitoramentos de uso da terra (rural e urbana); o monitoramento de processos geomorfológicos, e na avaliação de recursos hídricos permitindo estender informações pontuais para um contexto espacial mais amplo e fornecendo subsídios para uma distribuição racional de pontos de coletas de dados hidrológicos. Na área ambiental destaca-se o uso do sensoriamento remoto para o mapeamento de formas de relevo, construção de informações base para lançamento de novas informações e interpretação geomorfológica completa.

Segundo XAVIER-DA-SILVA (2004, p. 32) na pesquisa ambiental algumas proposições merecem destaque, que são: o fato de que todos os fenômenos são passíveis de serem localizados; ter uma extensão determinável; estar em constante alteração; e todo fenômeno apresenta relacionamentos, portanto nunca isolado. Afirmando que: é possível, a partir do uso do SIG, realizar a investigação detalhada do relacionamento entre entidades pertencentes a um ambiente

Para Câmara & Medeiros (1996, p.22) o Geoprocessamento pode ser definido como a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica através de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

O Geoprocessamento constitui-se, em nossos dias, uma base instrumental adequada para o gerenciamento dos recursos naturais e a análise do meio ambiente, nesse sentido representa um avanço em relação às técnicas convencionais de gerenciamento e controle ambiental, sobretudo no que se refere à integração de dados, e na sua capacidade de conjugar tecnologias (COUTO, 2007, p. 79).

Couto (2007, p.42) salienta que os Sistemas de Informações Geográficas são capazes de sobrepor vários mapas diferentes como, por exemplo, topografia, pedologia, hidrografia e outros, denominados comumente de camadas, podendo-se obter um mapa síntese do cruzamento desses, contribuindo para a avaliação de riscos, pois várias informações ao serem correlacionadas, proporcionam a mensuração das áreas de maior ou menor susceptibilidade ou fragilidade ambiental, colaborando para a identificação e classificação das áreas de riscos.

Tratando-se da temática de riscos, susceptibilidades e fragilidades ambientais o grande impasse está justamente na aplicação de ferramentas administrativas eficazes de planejamento/gestão que possibilitem uma verdadeira práxis quando se trata de sustentabilidade, ou seja, da adequação das necessidades de uso dos recursos naturais às suas reais potencialidades.

Para SANTOS (2005, p. 14) “O estudo das bacias hidrográficas procura fornecer subsídios para a elaboração de um inventário ambiental, que visa expor as condições ambientais as quais a bacia está submetida.” A partir disto pode-se apontar o grau de fragilidade ambiental da bacia em estudo.

## **6. Estudo da Fragilidade Ambiental**

Atualmente, os estudos das questões ambientais na Geografia têm sido estruturados numa vertente teórico-prática vislumbrando a interconexão entre ambiente e sociedade, enquadrando-se na visão sistêmica de análise. Para Botelho & Silva, 2004, p. 153 a bacia hidrográfica como célula básica de análise ambiental, permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem. A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental”.

Para Christofletti (1999, p.42) a aplicação da abordagem sistêmica aos estudos na Geografia serviu para melhor focalizar as pesquisas e para delinear com maior exatidão o setor de estudo desta ciência, além de propiciar oportunidade para reconsiderações críticas de muitos dos seus conceitos, e dentre eles destaca-se a paisagem.

Segundo Bertrand (1971, p. 02) a paisagem não é a simples adição de elementos disparatados, numa determinada porção do espaço, ela é o resultado da combinação dinâmica, portanto, de elementos físicos, biológicos e humanos que

reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável em perpétua evolução.

Outra concepção geográfica de como abordar os elementos da paisagem é o conceito de geossistema que depende da aplicação direta da teoria dos sistemas e do uso dos recursos tecnológicos (BERUTCHACHVILI & BERTRAND, 2007, p. 42). Os mesmos autores destacam que o geossistema considera o meio natural como um “conjunto” geográfico, dotado de uma estrutura e de um funcionamento próprio, assim a paisagem real e uniforme de estar respaldada em conceitos.

Almeida & Tertuliano (1999, p. 62) destacam que o equilíbrio dinâmico de cada sistema corresponde ao ajustamento de suas variáveis internas em relação às condições externas. Isso indica que as formas e seus atributos apresentam valores de acordo com as influências exercidas pelo ambiente, que controla a quantidade e a qualidade de matéria e energia a fluir pelo sistema. Para estes autores, quando o sistema funciona em condições de manter um equilíbrio estabilizado, há tendência para a distribuição equitativa da energia que vai caracterizar o surgimento de estados mais prováveis na organização dos sistemas.

De acordo com Tricart (1977, p. 36) o sistema, é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas relacionados ao meio ambiente, pois ele permite adotar uma atitude dialética entre a aplicação da análise individual e a necessidade contrária de uma visão de conjunto, capaz de subsidiar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente.

Tricart (1977, p. 17) analisa o ambiente sobre o prisma da Teoria Geral dos Sistemas e parte dos pressupostos de que na natureza as forças de energia e matéria se processam através de relações de equilíbrio dinâmico. Entretanto, esse equilíbrio é frequentemente alterado pelas intervenções do homem nos diversos componentes da natureza gerando estados de desequilíbrios temporários ou até permanentes. Os ambientes, quando estão em equilíbrio dinâmico são estáveis (a cobertura vegetal é suficientemente fechada para apresentar um efeito suficiente à contenção do desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese; dissecação moderada, sem incisão violenta dos cursos d'água, sem solapamentos vigorosos dos rios, e vertentes de lenta evolução e ausência de manifestações vulcânicas suscetíveis de desencadear paroxismos morfodinâmicos de aspectos mais ou menos catastróficos.

Quando, os ambientes estão em desequilíbrio são instáveis (caracterizados pela predominância da morfogênese na dinâmica do elemento natural, sendo que a origem destas explica-se pela geodinâmica interna, pela instabilidade climática com reflexos na cobertura vegetal, pela degradação antrópica, dentre outros, destacando que esta instabilidade pode ser subdividida de acordo com as modalidades observadas), além dos ambientes citados há também os meios intergrades, os quais asseguram a passagem gradual entre os meios estáveis e os instáveis, e se caracterizam pela interferência permanente de morfogênese e pedogênese, isto é, nesta situação verifica-se um balanço entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas (Tricart, 1977).

Segundo Ross (2005, p. 46) as contribuições de Tricart (1977) se contemplam quando propõe que a paisagem seja analisada pelo seu comportamento dinâmico, partindo da identificação das unidades de paisagem, que denomina de unidades Ecodinâmicas.

Para Rodrigues (2001, p. 75) a abordagem morfodinâmica possibilita a delimitação espacial de unidades cujos processos atuais podem ser semelhantes. Por isso, é possível classificar essas unidades quanto à sua estabilidade (formas e processos), singularidade e grau de recorrência (diversidade ambiental), fragilidade ou vulnerabilidade no que se refere às interferências/alterações antrópicas, entre outras discriminações úteis na esfera do planejamento e gestão territorial característicos.

Segundo Drew, 1994 apud Miara, 2006, p. 05, a intensidade das alterações depende primeiramente da tensão aplicada ao sistema pelo homem e, em segundo lugar, do grau de sensibilidade do próprio sistema. Ainda Drew afirma que efetivamente os sistemas se alterem, e que na escala do tempo, os sistemas naturais parecerem estáticos, porém, na realidade os sistemas oscilam em torno de uma situação média, um estado conhecido como equilíbrio dinâmico. Por isso a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes a ações a serem implementadas no espaço físico territorial (Sporl, 2001, p. 14).

A determinação das unidades Ecodinâmicas são importantes para o planejamento ambiental porque ter-se-á a distinção entre as Unidades Ecodinâmicas Estáveis e as Unidades Ecodinâmicas Instáveis. Segundo ROSS (1994) as

Unidades Ecodinâmicas Estáveis, apesar de estarem em equilíbrio dinâmico, apresentam Instabilidade Potencial qualitativamente previsível, face as suas características naturais e possível inserção antrópica. Desse modo vê-se que até as Unidades Ecodinâmicas Estáveis estão sujeitas a uma fragilidade ambiental. Portanto, o planejamento ambiental deverá considerar a fragilidade ambiental para a realização do Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) para que ocorra o desenvolvimento sustentável do meio ambiente.

O uso da análise empírica da fragilidade da bacia do Córrego Água Branca torna-se uma grande ferramenta para a elaboração/execução de projetos que visem à otimização o uso do solo desta, mas com critérios de preservação e de prevenção da degradação criteriosamente definidos para que não ocorram processos degenerativos que desencadeiem problemas ambientais e sociais que resultem na perda de qualidade ambiental e de vida local.

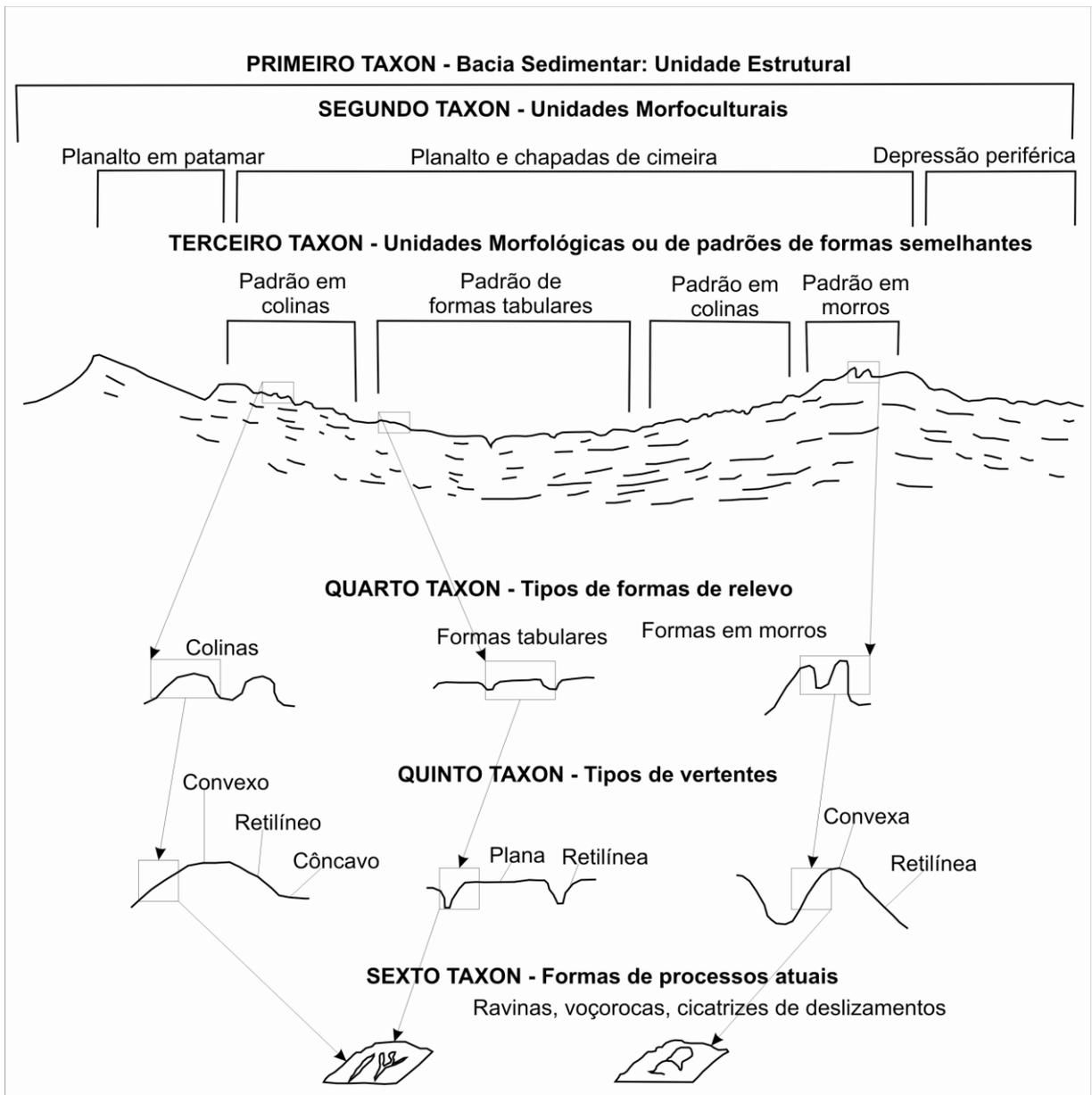
## **7. Métodos e técnicas**

### **7.1. Descrição da Metodologia**

Para a análise empírica da bacia do Córrego Água Branca utilizar-se-á a metodologia descrita por Ross (1994) que se baseia na compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural, e do meio socioeconômico, visando buscar a integração dos resultados obtidos. Esta metodologia fundamenta-se o conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1970) que são analisadas sob o prisma da Teoria de Sistemas.

Para Ross (1994, p 66) a análise empírica da fragilidade exige estudos básicos do relevo, do subsolo, do solo, uso da terra e do clima. Os estudos passam pelos levantamentos de campo, pelos serviços de gabinete, a partir dos quais gera-se produtos cartográficos temáticos. O mesmo autor destaca que a Carta Geomorfológica seja um dos produtos intermediários para a realização desta metodologia e que para escalas de análise pequenas tipo 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000 utiliza-se as informações dos Padrões de Formas (Figura 02).

Figura 02: Diagrama esquemático sobre a taxonomia do relevo.  
 Fonte: ROSS, J. L. S. (1992).



Para a declividade adotam-se as seguintes categorias hierárquicas:

Tabela 01: Fragilidades das classes de declividade.

Fonte: ROSS, J. L. S. (1994).

<b>Classes de Fragilidade</b>	<b>Classes de Declividade</b>
Muito Fraca	Até 6%
Fraca	De 6 a 12%
Média	De 12 a 20%
Forte	De 20 a 30%
Muito Forte	Acima de 30%

Sobre a variável solo Ross (1994, p. 67) destaca que devem ser consideradas as características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. O mesmo destaca ainda que a análise da proteção dos solos leva em consideração os tipos de uso e cobertura do solo.

Baseando-se em resultados de diversas pesquisas realizadas por diversos institutos e universidades, este mesmo autor (op. cit.) realizou o seguinte agrupamento dos tipos de solos (Tabela 02) e dos tipos de cobertura e uso dos solos (Tabela 03) e suas classes de fragilidades:

Tabela 02: Classes de Fragilidade ou erodibilidade dos solos.

Fonte: ROSS, J. L. S. (1994).

<b>Classes de Fragilidade</b>	<b>Tipos de solos</b>
1. Muito Fraca	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e vermelho amarelo, textura argilosa.
2. Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo textura média/argilosa .
3. Média	Latossolo Vermelho Amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Argissolos Vermelho Amarelo, textura média argilosa.
4. Forte	Argissolos Vermelho Amarelo, textura média/arenosa, Cambissolos.
5. Muito Forte	Argissolos com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas.

Tabela 03: Classes de Proteção dos Usos e cobertura do solo.  
 Fonte: ROSS, J. L. S. (1994).

Graus de Proteção	Tipos de uso e cobertura
1. Muito Alta	Florestas/Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.
2. Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (Mata secundária, Cerrado Denso, Capoeira Densa). Mata homogênia de Pinos densa. Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau.
3. Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
4. Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento.
5. Muito baixa a nula	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

## 7.2. Material e técnicas

### 7.2.1. Delimitação da Bacia

A delimitação da bacia do córrego Água Branca foi realizada com o uso de cartas planialtimétricas da Diretoria de Serviços Geográficos do Exército (DSG) de 1986, na escala de 1:250.000, das folhas Açailândia (SB.23-V-A) e Imperatriz (SB.23-V-C) considerando os divisores de água. Estas foram digitalizadas, georreferenciadas através do *software* ArcGis 9.2. Destaca-se que ocorreu a complementação dos dados através do uso de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) obtidas no site da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Produção Agropecuária) destacando-se que as mesmas são previamente tratadas para que não ocorram erros em relação à topografia da área, gerando um mapa na escala de 1:250.000.

### **7.2.2. Hierarquia Fluvial**

Para a determinação da hierarquia fluvial baseou-se nas cartas DSG (Diretoria de Serviços Geográficos do Exército) de 1986 na escala de 1:250.000 e na Carta Hidrológica Folhas Açailândia (SB.23-V-A) e Folhas Imperatriz (SB.23-V-C) na escala de 1:250.000, com confirmação realizadas a partir de imagens do satélite Landsat 5 TM de agosto de 2008 e imagens de alta resolução *QuikBird* de maio de 2005, com determinação de dados baseados nos métodos propostos por Christofolletti (1981).

Para a determinação da Densidade de Drenagem da bacia do córrego Água Branca utilizou-se a fórmula  $Dd = Lt / A$ , onde  $Dd$  = Densidade de Drenagem,  $Lt$  = Comprimento total dos rios e  $A$  = Área total da bacia (Christofolletti (1981)). Destaca-se que os comprimentos foram obtidos através do *software* ArcGis 9.2, gerando um mapa na escala de 1:250.000.

A partir dos dados acima se realizou a divisão em Alto, Médio e Baixo Curso utilizando também dados de hipsometria, declividade e geomorfologia. O Perfil Longitudinal do Córrego Água Branca foi gerado a partir de imagens SRTM no *software* Global Mapper 8.

### **7.2.3. Geologia**

Os dados da geologia da bacia foram retirados através das cartas geológicas da CPRM (Serviço Geológico do Brasil), Folhas Açailândia (SB.23-V-A) e Imperatriz (SB.23-V-C) na escala de 1:250.000, complementadas com análise de publicações sobre a área de Açailândia e da oeste do Maranhão, sendo que estes dados foram plotados e trabalhados no ArcGis 9.2, gerando um mapa na escala de 1:250.000.

### **7.2.4. Geomorfologia**

As características da geomorfologia foram obtidas de modo visual, complementado-se com a análise das cartas planialtimétricas e do Modelo Digital de Elevação do Terreno obtido através das imagens SRTM. Para a elaboração do mapa geomorfológico utilizou-se os *softwares* ArcGis 9.2 e o GlobalMapper 8.0, seguindo-se a classificação de Ross (1992) e Florenzano (2008), gerando um mapa na escala de 1:250.000.

### **7.2.5. Mapeamento de solos**

Foram utilizados os resultados de Mônica Marçal (2000) onde a mesma descreve as características dos solos da bacia do Rio Açailândia, sendo que o córrego Água Branca é um afluente do mesmo.

### **7.2.6. Declividade e Hipsometria**

O mapeamento da declividade e da hipsometria foi realizado utilizando-se as cartas DSG citadas, complementando-se com imagens SRTM através do software ArcGis 9.2. Ambas foram divididas em cinco classes (Declividade: de 0 – 6%, 6 – 12%, 12 – 20%, de 20 – 30% e acima de 30%; hipsometria: 170 – 218m, 218 – 266m, 266 – 314m, 314 – 362m, e 362 – 410m). Utilizou-se o intervalo de 48 metros para a hipsimetria para que a caracterização seguisse uma mesma medida de intervalos entre as cotas Destaca-se que as classes de declividade mencionadas baseiam-se na metodologia proposta por Ross (1994). Confeccionou-se assim um mapa na escala de 1:250.000.

### **7.2.7. Dados Climáticos**

Para a área da pesquisa não existem informações climatológicas, por isso a descrição climatológica está baseada em informações bibliográficas. Apesar de existir uma estação meteorológica a 07 quilômetros da área da bacia, localizada na Fazenda Itabaiana (pertencente a VALE – Companhia Vale do Rio Doce), situada a 05° 04' 57" S e 47° 34' 21"W, sob a orientação do Laboratório de Meteorologia do NUGEO/UEMA (Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão), nota-se que há um vazio de informações visto que estas estão incompletas inviabilizando qualquer estudo mais detalhado das informações desta estação que viesse auxiliar numa aproximação pluviométrica mais adequada da área da pesquisa, por isso apresentam-se apenas histogramas de precipitação correspondentes aos anos 2005 e 2008.

### **7.2.8. Mapas de modificação multitemporal de uso e cobertura**

O mapeamento multitemporal da cobertura e uso do solo da bacia ocorreu com o uso de imagens de satélite Landsat 5 – TM, Zona 23, Meridiano 45, órbitas/ponto 222/63 e 222/64 sendo que a escolha das datas das imagens seguiu o

critério da completa ausência de nuvens nas composições de bandas 3B, 4G e 5R, classificando-se e delimitando-se as coberturas e os usos para a escala de 1:100.000 através da interpretação visual das imagens, quantificando-as através no *software* ArcGis 9.2. Os tipos de uso e cobertura foram definidos segundo os conceitos definidos por IBGE (2004) que são: Núcleo Urbano: centro populacional permanente, altamente organizado, com função urbana. Pastagem: áreas destinadas ao pastoreio do gado, formadas mediante plantio de forragens perenes. Silvicultura: técnica ligada às condições biológicas que abrange ação imediata do florestal na mata, executando a implantação, composição, trato e cultivo de povoamentos florestais. Capoeira: vegetação secundária que surge após o desmatamento da vegetação nativa. Em alguns casos pode ser representada por vegetações com altura entre 3 e 6 metros. A definição dos limites e o mapeamento das Áreas de Preservação Permanente foram realizados utilizando o *software* ArcGis 9.2.

#### **7.2.9. Fragilidade Ambiental**

Concluída a etapa de elaboração de todo o material cartográfico das características físicas da bacia, realizou-se a classificação das classes de declividade (Tabela 01), tipos de solos e uso e cobertura de acordo com a fragilidade ambiental de cada uma, subdividindo-as em cinco classes que são: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta. Deve-se mencionar que os procedimentos e os subprodutos aqui citados seguem a metodologia de ROSS (1994). Realizou-se o cruzamento dos dados através da sobreposição dos mapas no ArcGis 9.2 e a análise destes dados em gabinete complementado-as com estudos em campo.

A Fragilidade Potencial da bacia do córrego Água Branca (Figura 29) foi obtida a partir da realização do cruzamento dos dados de solos e de declividade, sendo que a mesma foi classificada em cinco diferentes níveis que são: muito fraca, fraca, média, forte e muito forte. A Fragilidade Emergente é obtida através da soma das características naturais consideradas para obtenção da Fragilidade Potencial, tipos de solos e declividade, e as características da ação antrópica, neste caso os tipos de uso e cobertura realizados pelo ser humano.

## 8. Resultados

### 8.1. Geologia

A geologia da bacia é constituída por terrenos do Cretáceo Superior da Formação Itapecurú, do Terciário Inferior da Formação Ipixuna e do Terciário Superior do Grupo Barreiras, sendo que o primeiro enquadra-se no domínio das coberturas sedimentares mesozóicas e os dois últimos no domínio geológico das coberturas sedimentares cenozóicas (Figura 03).

A Formação Itapecurú apresenta arenitos de granulação média a grossa, arenitos com alguma matriz composta de areia fina e argila. A Formação Ipixuna apresenta seixos subarredondados e arredondados de quartzo, arenitos de granulação média a grossa com pequenos seixos de quartzo e bolas de argila imersos em matriz argilosa. O Grupo Barreiras é constituído de fragmentos de laterito ferruginoso e/ou aluminoso desorganizado, com arcabouço aberto suportado por matriz areno-argilosa e arenitos de granulação fina a média com matriz argilosa, desorganizado (DNPM/CPRM, 1990).

Sobre o ambiente de ocorrência destas formações DNPM/CPRM (2000) destacam: - Formação Itapecurú: Sistema fluvial *braided* com contribuição lacustre, ou lagunar e estuário apresentando depósitos eólicos; - Formação Ipixuna: Sistema fluvial meandrante-leques aluviais. Apresenta níveis de alteração supergênica. Algumas vezes ocorrem seixos de quartzo cimentados por óxidos de ferro. Subordinadamente sedimentos eólicos; - Grupo Barreiras: Sistemas fluvial-meandrante aluviais. Ocorrendo sedimentos que variam de finos a conglomeráticos, depositados por fluxos de detritos com lama. Apresenta alguns seixos compostos de fragmentos lateríticos.

Segundo Góes (1981, p. 53) analisando-se os três tipos de sedimentos conclui-se que: os sedimentos Ipixuna distinguem-se dos sedimentos Barreiras por sua homogeneidade litológica, por sua melhor seleção de areias, pela ausência de grânulos e seixos, pela riqueza em estruturas sedimentares e pela abundância de matriz caulínica e bancos de caulim; os sedimentos Ipixuna são similares aos sedimentos Itapecuru por conta de suas semelhanças litológicas, bem como por suas riquezas sedimentares primárias e abundância de matriz caulínica e ambos sustentam uma morfologia de platôs com cotas entre 100 e 300m.

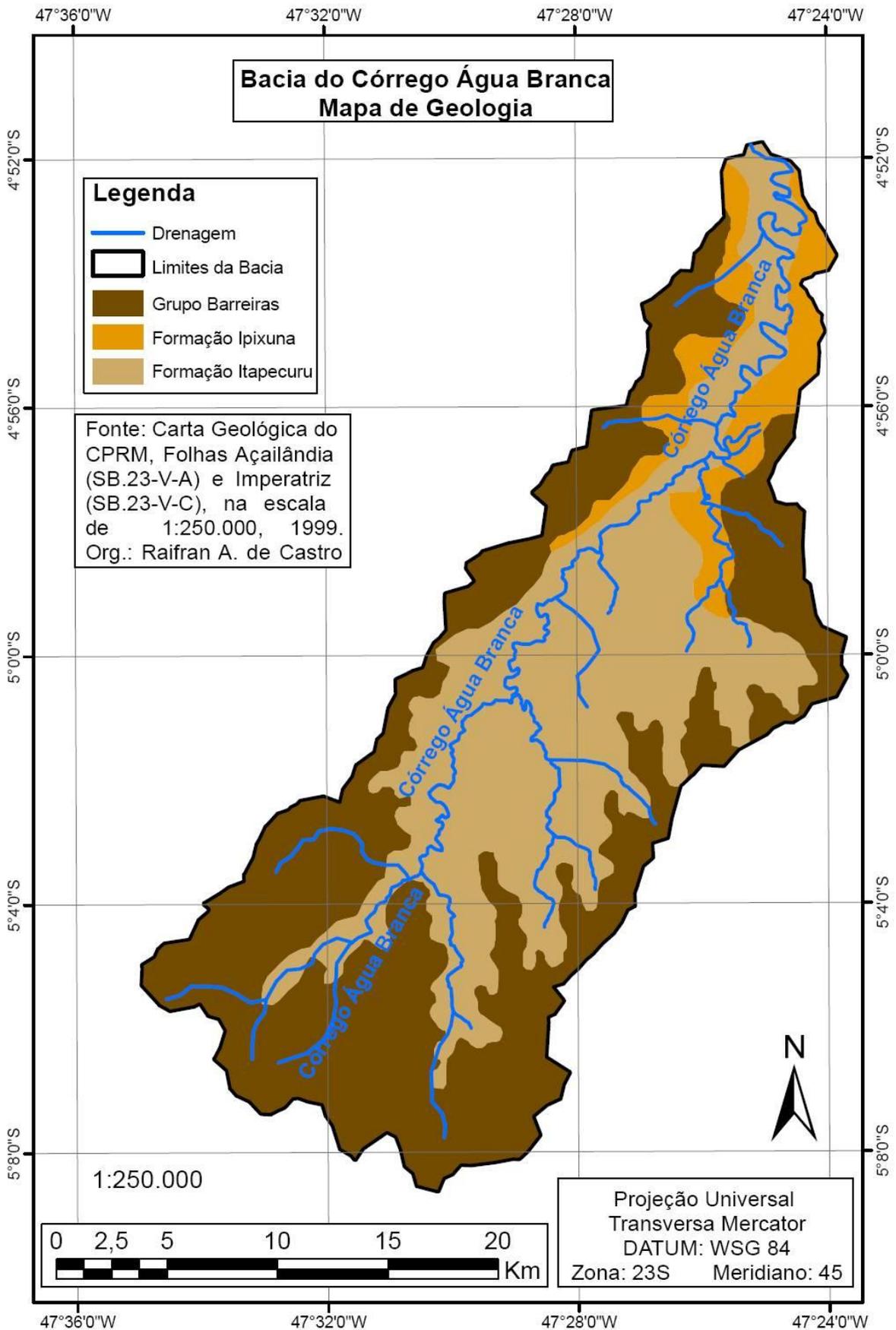


Figura 03 - Mapa de Geologia da Bacia do Córrego Água Branca.

## 8.2. Hierarquia Fluvial

O córrego Água Branca nasce no município de São Francisco do Brejão numa área de altitude de 370m próximo da fronteira com o município de Cidelândia. A bacia do córrego Água Branca com 258 Km<sup>2</sup>, corresponde a uma hierarquia fluvial de 3<sup>a</sup> grandeza (Tabela 04, Figura 04). Apresenta 24 cursos d'água que somam um comprimento total de 123,4 Km, com uma densidade de cursos d'água de 0,07 Km<sup>2</sup> e uma densidade de drenagem de 0,47 Km/Km<sup>2</sup>, com a distribuição dos principais afluentes localizando-se principalmente na margem direita (Tabela 05). Suas áreas de maior e menor altitudes localizam-se a 410 e 170 metros de altitude respectivamente, apresentando uma amplitude absoluta de 240 metros.

Tabela 04 - Número de Canais por hierarquia fluvial.  
Elaborado por: R. A. de Castro (2008).

Quantidade de canais	ORDEM		
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
	19	04	01

Tabela 05 - Distribuição dos principais afluentes.  
Elaborado por: R. A de Castro (2008).

Afluentes	Comprimento em Km
Afluente 01	5,4
Afluente 02	5,2
Afluente 03	5,3
Afluente 04	7,9
Afluente 05	9,4
Afluente 06	6,0

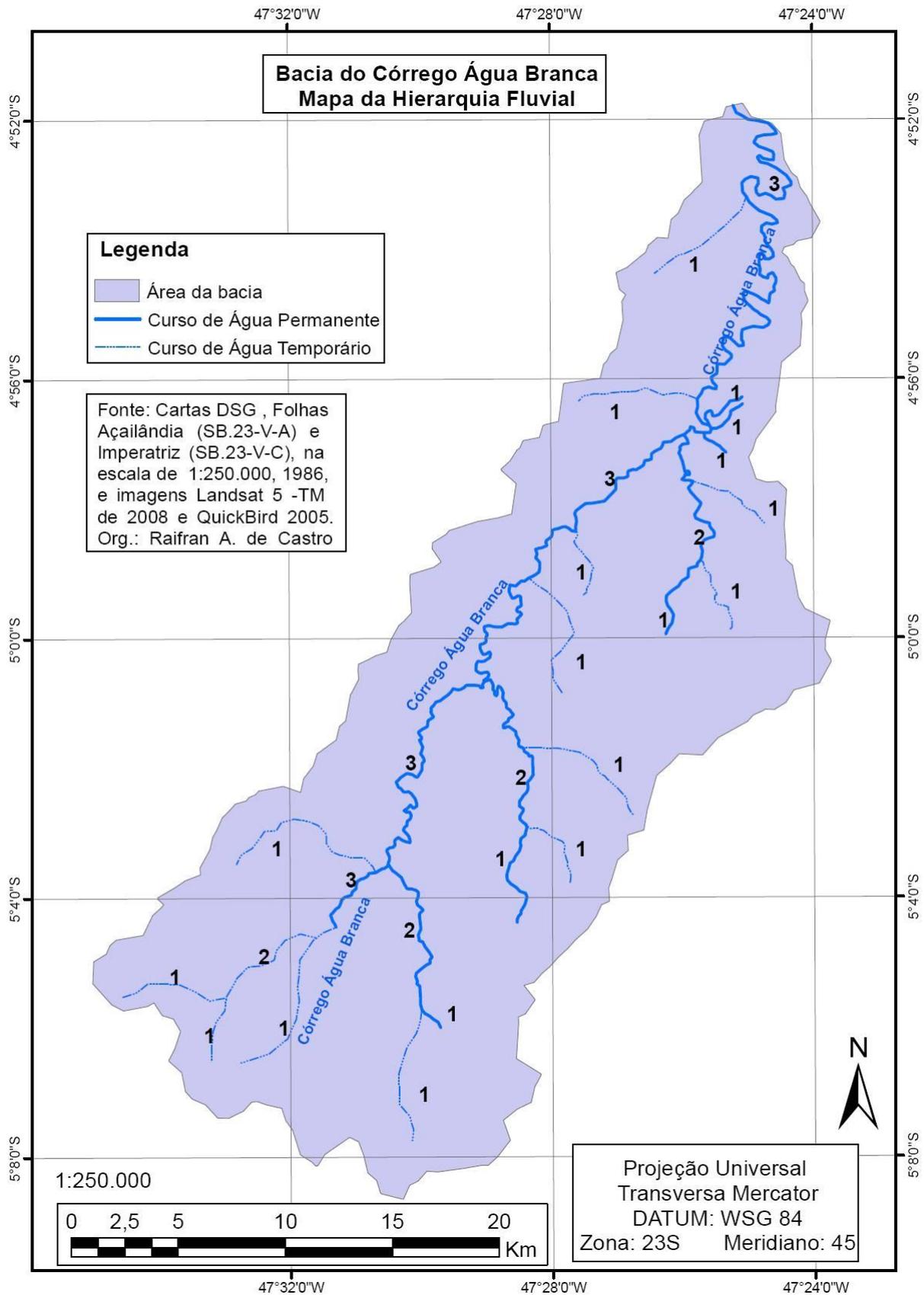


Figura 04 - Mapa da Hierarquia Fluvial da bacia do Córrego Água Branca.

As características de cada subdivisão do curso do Córrego Água Branca, de acordo com os dados de Hipsometria, Declividade, Drenagem e Geomorfologia, estão destacadas na Tabela 06 e na Figura 05, e a representação do perfil longitudinal do Córrego Água Branca na Figura 06.

Tabela 06 - Caracterização dos Alto, Médio e Baixo cursos da bacia do Córrego Água Branca.

<b>Curso</b>	<b>Características</b>
Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hipsometria elevada em sua grande maioria acima de 315m de altitude.</li> <li>• Apenas 08% deste curso apresentam declividades acima de 6%.</li> <li>• Relevo suave ondulado e ondulado com pequenas áreas apresentando relevo plano.</li> <li>• Maior concentração de cursos temporários (06) da bacia, e levemente meandrantas.</li> <li>• Cursos permanentes: 04.</li> </ul>
Médio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hipsometria sendo representada na maior parte deste curso por altitudes entre 265 e 315m.</li> <li>• Área com maior percentual de declividades acima de 12%, principalmente, a sudeste deste curso.</li> <li>• Predominância de relevo plano na região central, a leste apresenta relevo suave ondulado e a oeste suave ondulado permeado seguido de relevo ondulado nas maiores altitudes.</li> <li>• Altamente meandrante, influenciado pela geologia por ser uma área de fronteira entre as Formações Barreiras e Itapecurú.</li> <li>• 05 cursos d'água temporários e 01 permanente.</li> </ul>
Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hipsometria altitudes entre 170 e 220 m.</li> <li>• Apresenta declividade majoritariamente situada entre 0 e 6% (98% desta área).</li> <li>• Apresenta apenas relevo plano.</li> <li>• Maior concentração de cursos permanentes (Temporários 03 e Permanentes 04) sendo estes muito meandrantas.</li> </ul>

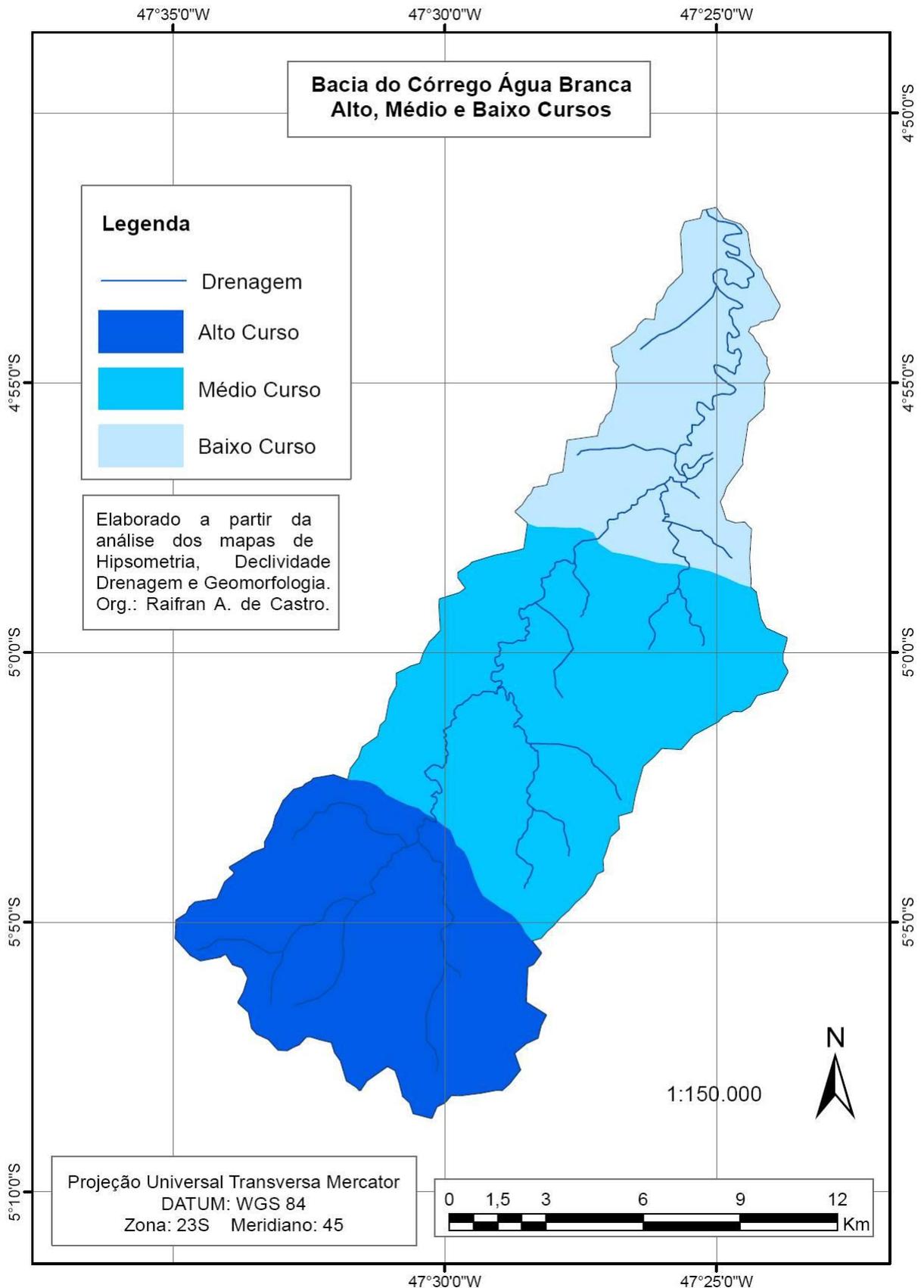


Figura 05 - Distribuição das áreas pertencentes aos alto, médio e baixo cursos.

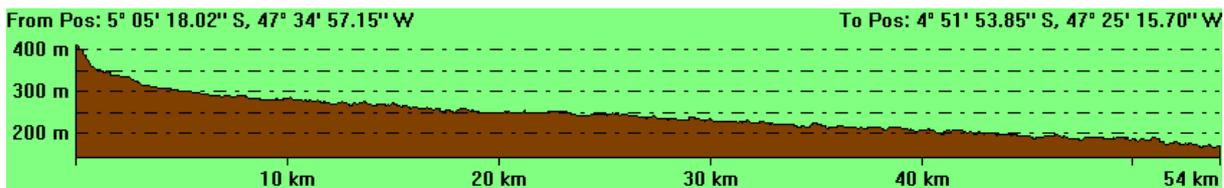


Figura 06 - Perfil Longitudinal do Córrego Água Branca.

Pela análise do perfil longitudinal do Córrego Água Branca, pode-se verificar que este se apresenta côncavo, com declividades maiores em direção a cabeceira. A partir de sua nascente, até aproximadamente 10 quilômetros, este apresenta um desnível de 100 m. A partir deste ponto, numa distância de aproximadamente 44 km, o mesmo apresenta um suave desnível até sua foz numa área com 140m de altitude.

### 8.3. Geomorfologia

A geomorfologia da bacia foi subdividida nas seguintes classes:

- Relevo Plano com formas tabulares e vertentes suavemente inclinadas (122 Km<sup>2</sup>, Figura 07);

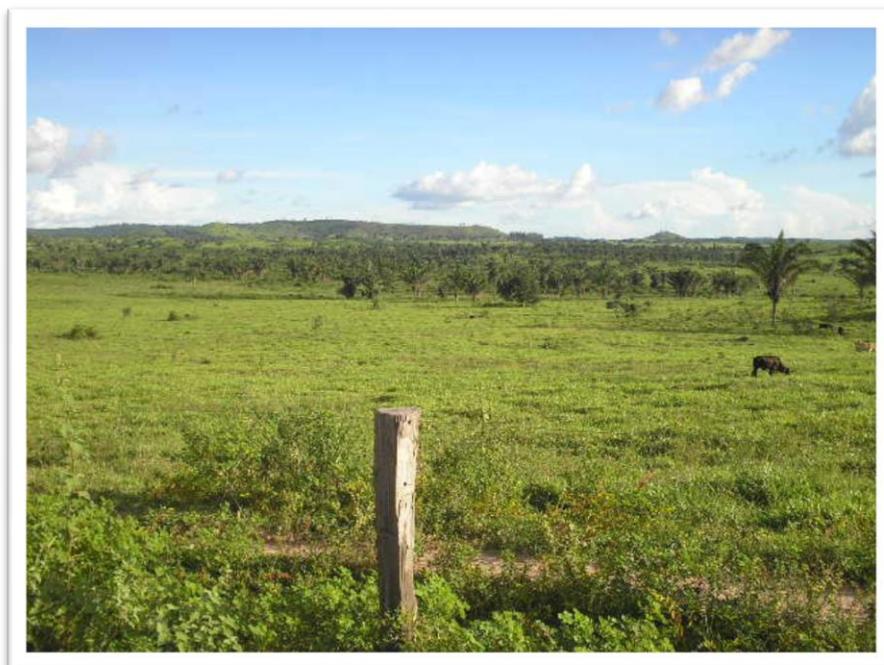


Figura 07 - Área de relevo plano às margens da “Estrada do Arroz”.  
Fonte: CASTRO, R. A. Maio de 2008.

- Relevo Suave Ondulado com colinas de topo convexo e vertentes de declividade suave (95 Km<sup>2</sup>, Figura 08);



Figura 08 - Área de Relevo Suave Ondulado.  
Nas proximidades do Distrito Industrial de Piquiá.  
Fonte: CASTRO, R. A. Maio de 2008.

- Relevo Ondulado: com morros com topos geralmente conservados apresentando altas declividades e em alguns casos vertentes escarpadas (41 Km<sup>2</sup>, Figura 09). Na Figura 10 tem-se a representação generalizada das formas do relevo que foram observadas na área da bacia.



Figura 09 - Área com Relevo Ondulado.  
Próxima ao Povoado União.  
Fonte: CASTRO, Raifran A. Maio de 2008.

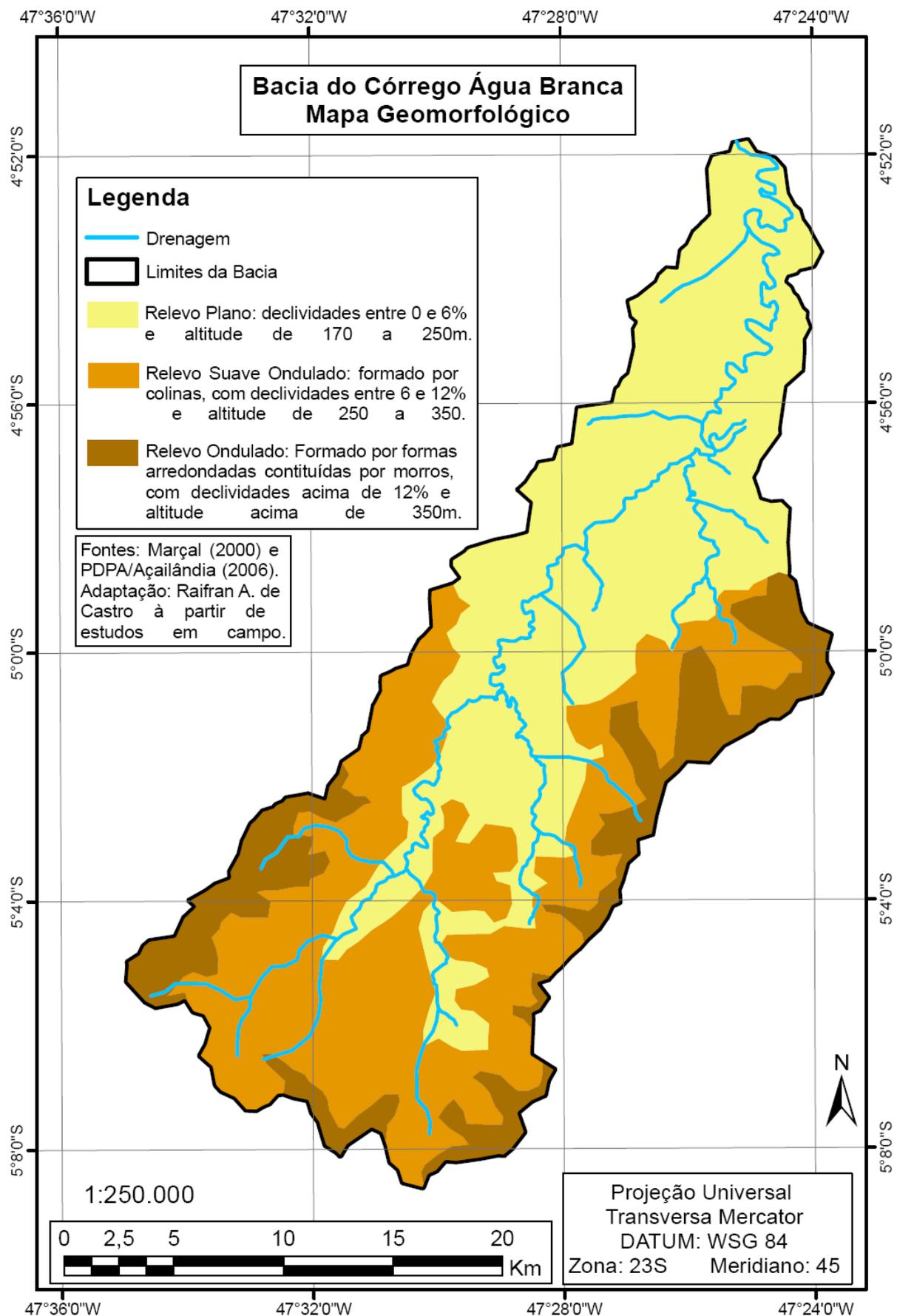


Figura 10 - Mapa Geomorfológico da bacia do Córrego Água Branca.

#### **8.4. Hipsometria e Declividade**

As altitudes da bacia do Córrego Água Branca variam entre 170 e 410m. Analisando o mapa hipsométrico (Figura 11) observa-se que há uma maior dissecação na área sudeste da bacia onde se localizam as áreas com declividades mais acidentadas.

Distinguem-se as seguintes classes de declividade na área da bacia: de 0% a 6% compreendem a 89,2 % da área da bacia o que corresponde a 229,2 Km<sup>2</sup>; 6,8% da superfície da bacia se enquadra nas declividades entre 6 e 12%, ou seja, 18,3 Km<sup>2</sup>; a declividade entre 12 e 20% existente na bacia corresponde a 8,3 Km<sup>2</sup>, portanto 3,1%; as declividade entre 20 a 30% compreendem 0,6% da bacia , ou seja, 1,5 Km<sup>2</sup>; 0,3% da bacia apresenta declividades acima de 30%, portanto 0,7 Km<sup>2</sup> (Figura 12).

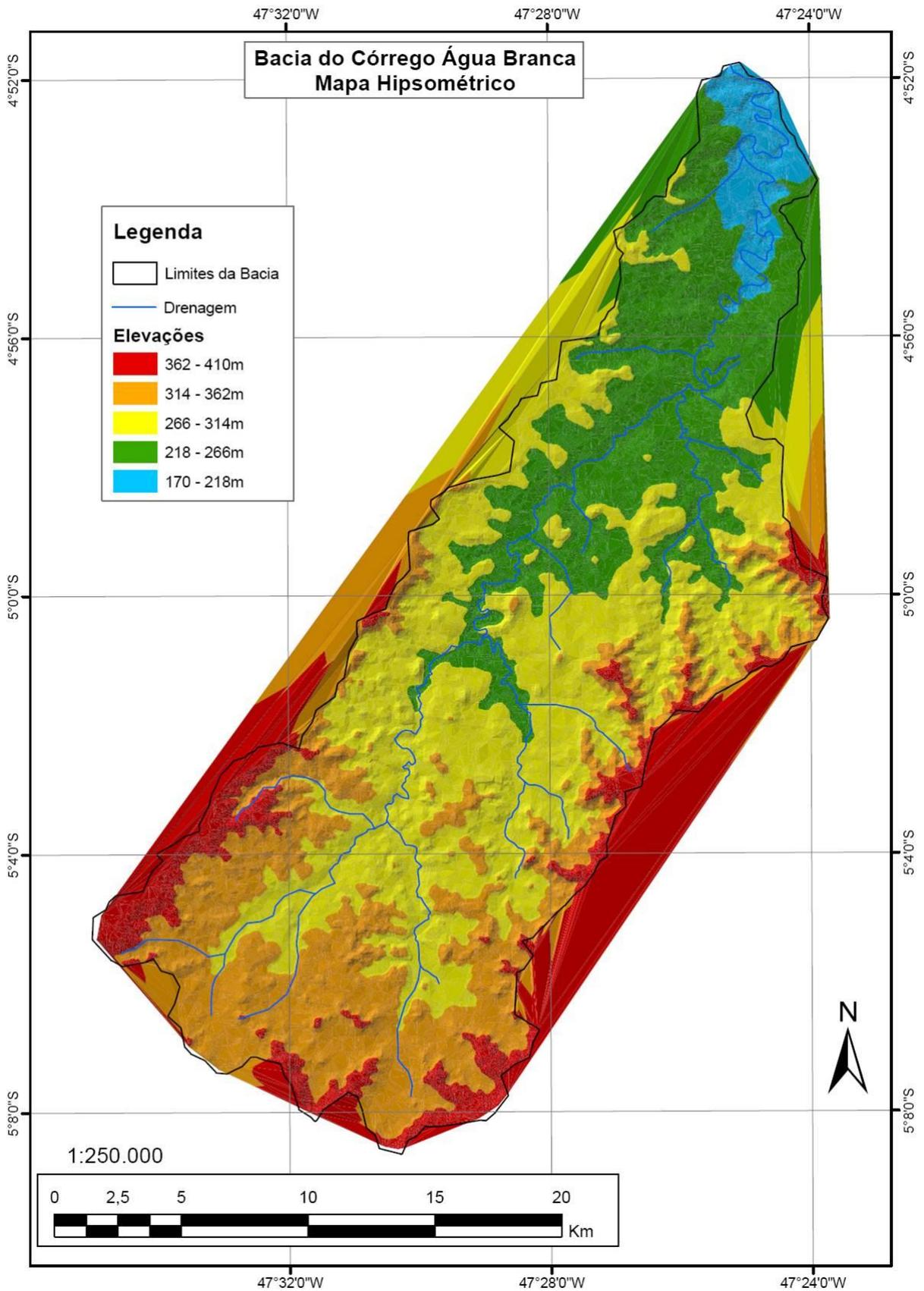


Figura 11- Mapa Hipsométrico da bacia do Córrego Água Branca.

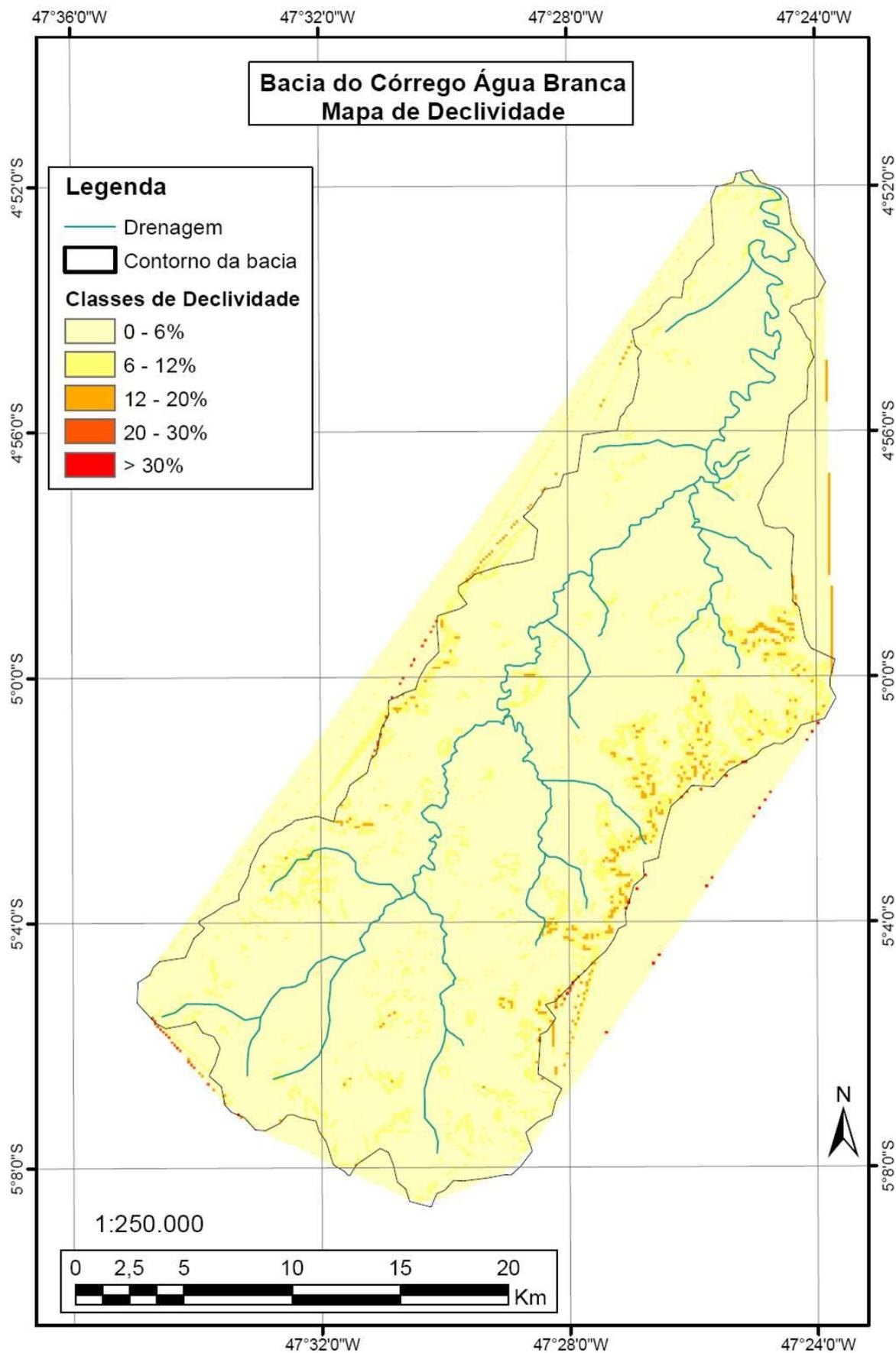


Figura 12 - Mapa de Declividade da bacia do Córrego Água Branca.

## 8.5. Dados climáticos

De acordo com os valores pluviométricos dos anos de 2005 e 2008, notou-se que o período chuvoso está concentrado de novembro a abril, havendo ainda uma variação das chuvas entre os meses, conforme observa-se nas Figuras 13 e 14.

Os meses menos chuvosos estão concentrados a partir de maio a outubro, destacando-se que no mês de julho estes são nulos, como pode-se observar nas Figuras 13 e 14.

De acordo com levantamentos realizados pela Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia (SUDAM/PHCA, 1984), segundo a classificação de Thornthwaite a área da bacia corresponde a seguinte tipologia climática **C2 r A' a'**, sendo que:

- **C2**: Clima Subúmido;
- **r**: Com pequena ou nenhuma deficiência de água
- **A'**: megatérmico, com índice de eficiência térmica maior que 1140 mm;
- **a'**: significa uma eficiência térmica de concentração no verão sempre inferior a 48% (a eficiência térmica é definida percentualmente baseado na relação entre a evapotranspiração potencial correspondente aos meses secos e a evapotranspiração potencial anual).

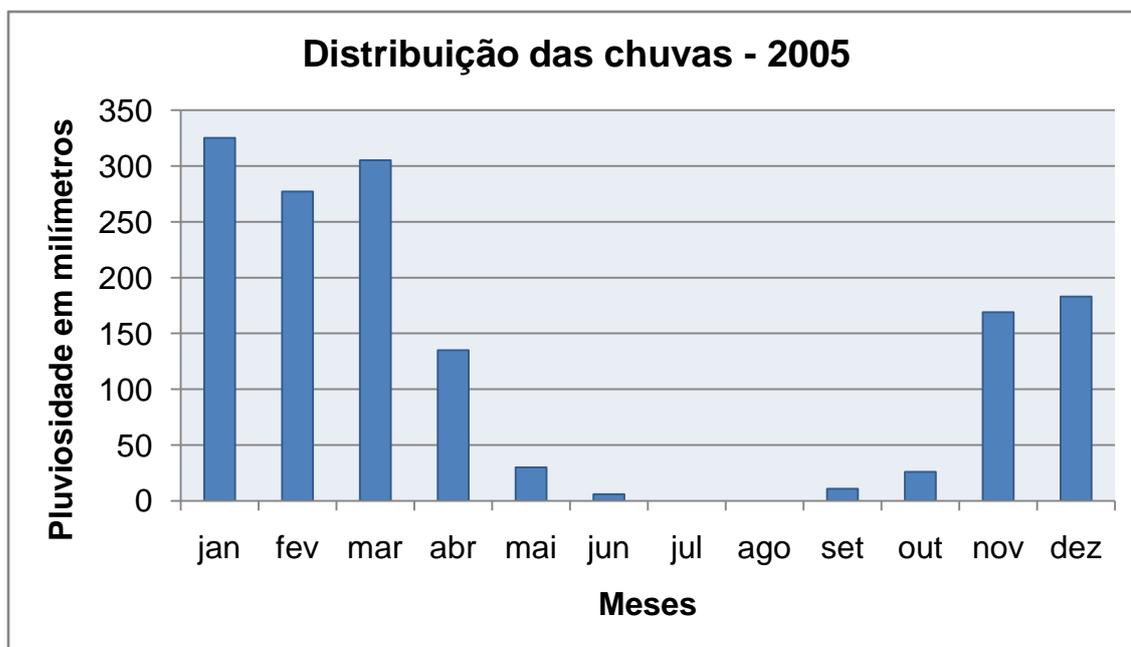


Figura 13 - Distribuição das chuvas, Fazenda Itabaiana, período janeiro a dezembro de 2005. Elaborado por CASTRO, R. A.

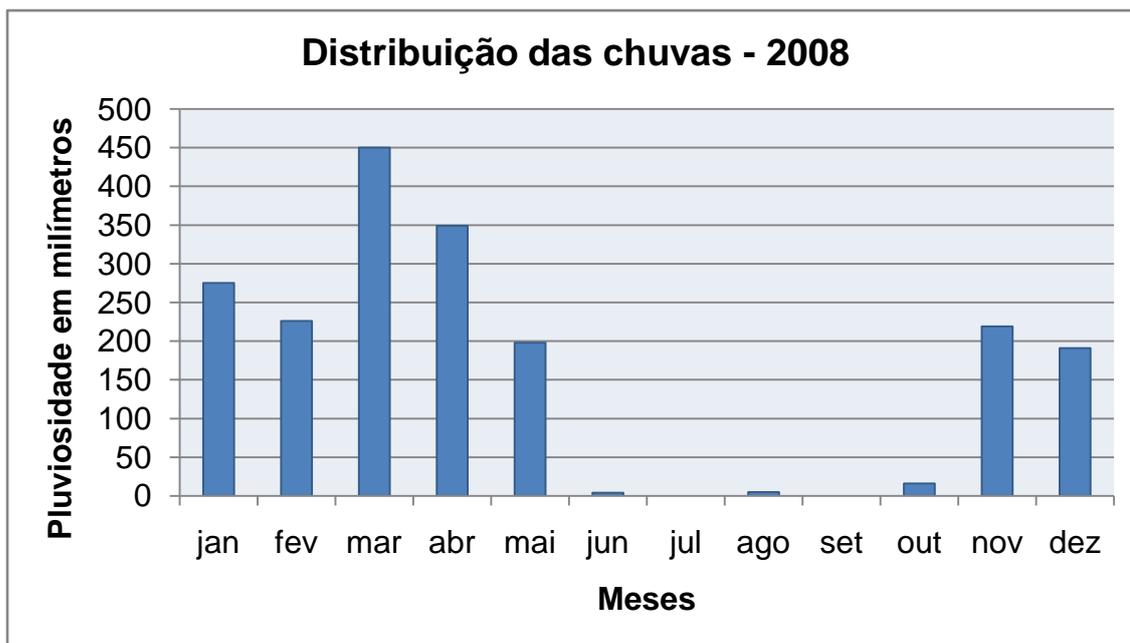


Figura 14 - Distribuição das chuvas, Fazenda Itabaiana, período janeiro a dezembro de 2008. Elaborado por CASTRO, R. A.

## 8.6. Solos

De acordo com os estudos relacionados à estrutura pedológica da área em que se encontra a bacia do córrego Água Branca realizados por Marçal (2000), conclui-se que estes são: Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho Amarelo (Figura 15).

O grupo dos Latossolos com 113 Km<sup>2</sup>, representando 44% da área, apresenta uma fração granulométrica mais arenosa, por outro lado, o grupo dos Argissolos com 145 Km<sup>2</sup>, representado 56% apresentam uma fração granulométrica mais argilosa (Figuras 16 e 17).

Os Latossolos apresentam maior porcentagem de areias grossa e fina principalmente nas áreas mais superficiais. Os Argissolos apresentam mais argila principalmente nas profundidades acima de 50 cm. Os teores de matéria orgânica variam de 2,83% nos Latossolos a 7,05 nos Argissolos com maior porcentagem de argila. Marçal (2000, p. 82) afirma ainda que os solos desta área são moderadamente ácidos, ou seja, possuem pH entre 5,5 e 6,5.

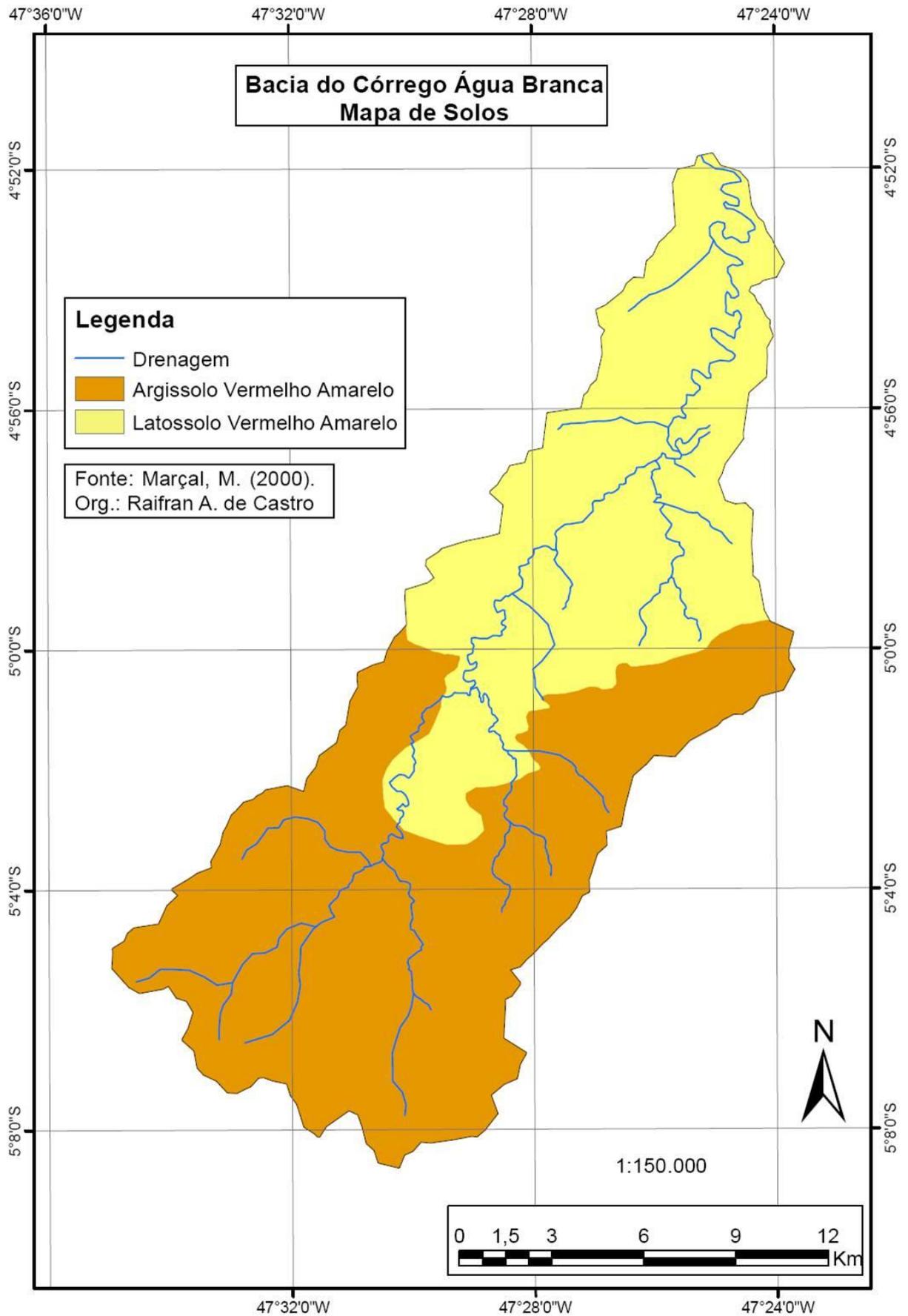


Figura 15 - Mapa de solos da bacia do córrego Água branca.

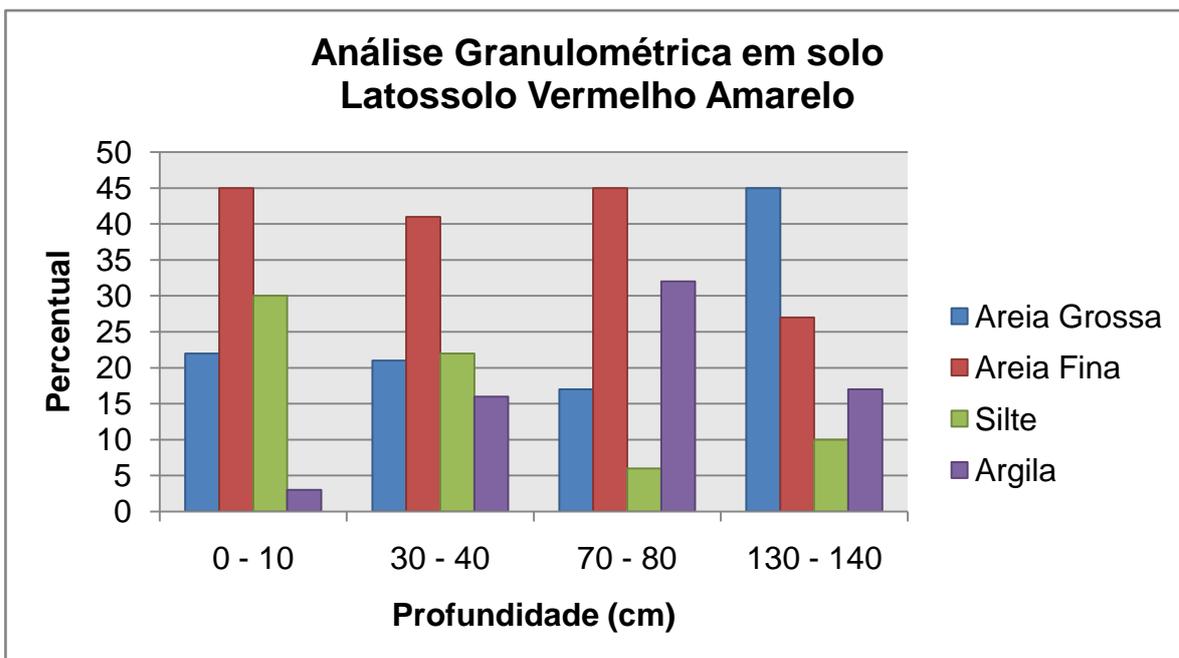


Figura 16: Teores de areias grossa e fina, silte a argila de Latossolo Vermelho Amarelo presente na área da bacia. Fonte: Marçal, M. dos S. (2000).

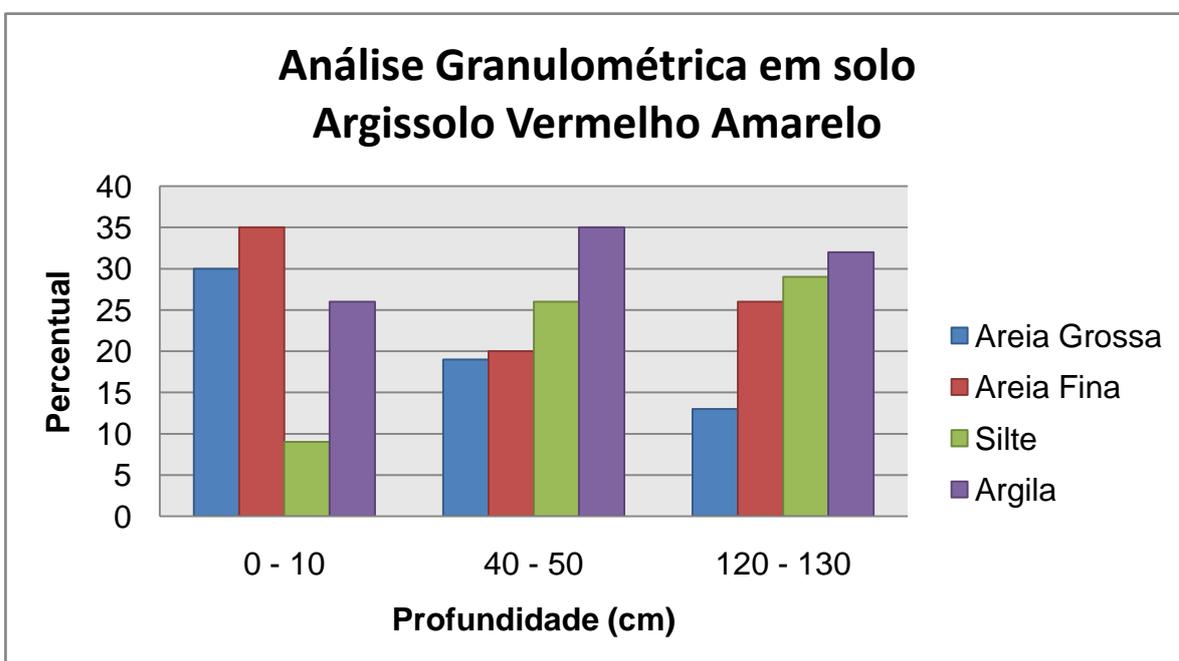


Figura 17: Teores de areias grossa e fina, silte a argila de Argissolo Vermelho Amarelo presente na área da bacia. Fonte: Marçal, M. dos S. (2000).

### 8.7. Uso do solo – 1988, 1999 e 2008

Os principais tipos de cobertura e uso na área da bacia do córrego Água Branca no período de agosto de 1988 podem ser observado a partir da Tabela 07 e da Figura 18, onde se destacam os seguintes dados:

- Há uma predominância de pastagens em toda a área da bacia, principalmente no trecho do baixo curso, pois a montante ainda ocorre o processo de ocupação para a atividade de pecuária extensiva;
- Observa-se uma boa porcentagem da área com capoeira entremeada por pastagens principalmente nas áreas de maior altitude;
- O núcleo urbano é representado por uma pequena porção do bairro Piquiá, às proximidades da foz do córrego;
- A porcentagem caracterizada como povoado são representados pelos povoados Trecho Seco e União, ambos nas proximidades da nascente do Água Branca;
- Destaca-se a localização de uma grande porcentagem de solo exposto nas áreas de menor altitude e com maior abrangência de pastagens.

Tabela 07 - Tipos de cobertura e uso da bacia do córrego Água Branca/1988.

<b>Classes de Uso</b>	<b>Área em Km<sup>2</sup></b>	<b>Porcentagem %</b>
Capoeira	66,4	25,73
Capoeira e pastagem	35,7	13,83
Núcleo Urbano	0,2	0,12
Pastagem	154,2	59,76
Povoado	0,4	0,15
Solo exposto	1,1	0,42

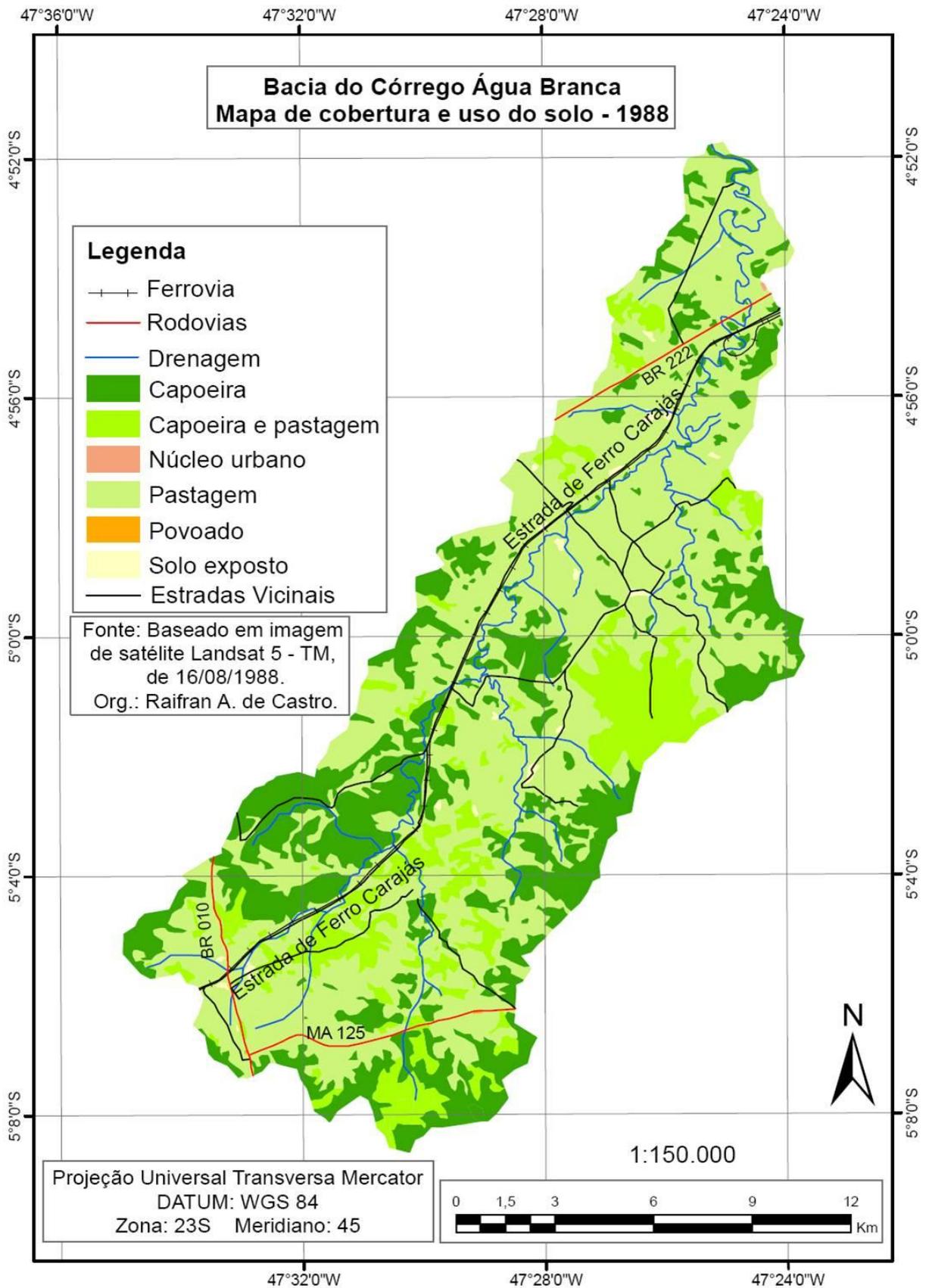


Figura 18 - Mapa de cobertura e uso do solo da bacia do Água Branca em 1988.

A partir dos dados apresentados na Tabela 08 e na Figura 19 sobre os dados de cobertura e uso no período de julho de 1999, podem-se observar as seguintes características:

- Destaca-se a inclusão das classes agrovila e silvicultura. A primeira caracteriza-se pela vila do assentamento João Palmeira. A Silvicultura representa a implantação de projetos de reflorestamento com o eucalipto (*Eucaliptus* sp.), concentrada nos domínios da propriedade da então CELMAR (Indústria de Celulose do Maranhão);
- Apresentam-se na área norte da bacia os bairros Vila Ildemar (de maior dimensão), o bairro Novo Horizonte, o bairro Plano da Serra (mais a jusante do anterior), além de um crescimento do bairro Pequiá na área de abrangência desta bacia;
- Há uma pequena redução da área de capoeira em áreas próximas ao núcleo de plantio de eucalipto, mas ainda assim ocorre uma ampliação desta permeando estes plantios, pois a mesma tem a função de proteger o curso do córrego;
- A porcentagem de solo exposto é reduzida onde agora se encontra pastagens;
- Os povoados, caracterizadas por ocupações espontâneas nas proximidades da BR 010, com mais de 30 km de distância das sedes municipais, apresentam pouco crescimento de área ocupada.

Tabela 08: Tipos de cobertura e uso da bacia do córrego Água Branca/1999.

<b>Classes de Uso</b>	<b>Área em Km<sup>2</sup></b>	<b>Porcentagem %</b>
Agrovila	1,2	0,46
Capoeira	64,3	24,92
Capoeira e pastagem	22,2	8,6
Núcleo Urbano	2,3	0,96
Pastagem	156,3	60,58
Povoado	1,4	0,54
Silvicultura	8,2	3,13
Solo exposto	2,1	0,81

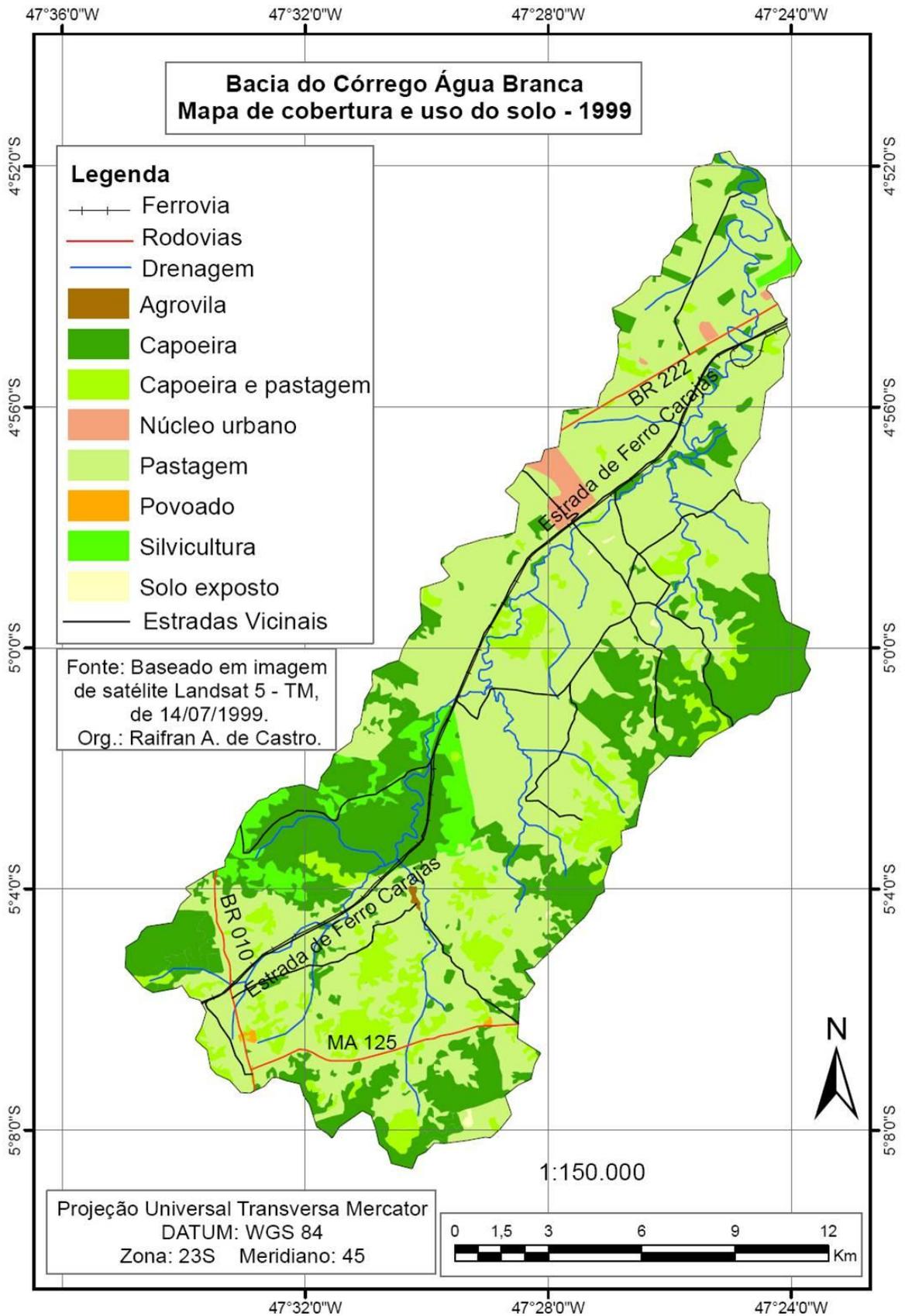


Figura 19: Mapa de cobertura e uso do solo na bacia do Água Branca em 1999.

Sobre os resultados da cobertura e do uso do solo da bacia no período de agosto de 2008 destacam-se os dados da Tabela 09 e da Figura 20.

Tabela 09 - Tipos de cobertura e uso da bacia do córrego Água Branca/2008.

<b>Classes de Uso</b>	<b>Área em Km<sup>2</sup></b>	<b>Porcentagem %</b>
Agrovia	2,6	1,4
Capoeira	48,8	18,91
Capoeira e pastagem	15,7	6,08
Núcleo Urbano	4,6	1,78
Pastagem	166,7	64,61
Povoado	2,9	1,12
Silvicultura	15,8	6,12
Solo exposto	0,9	0,34

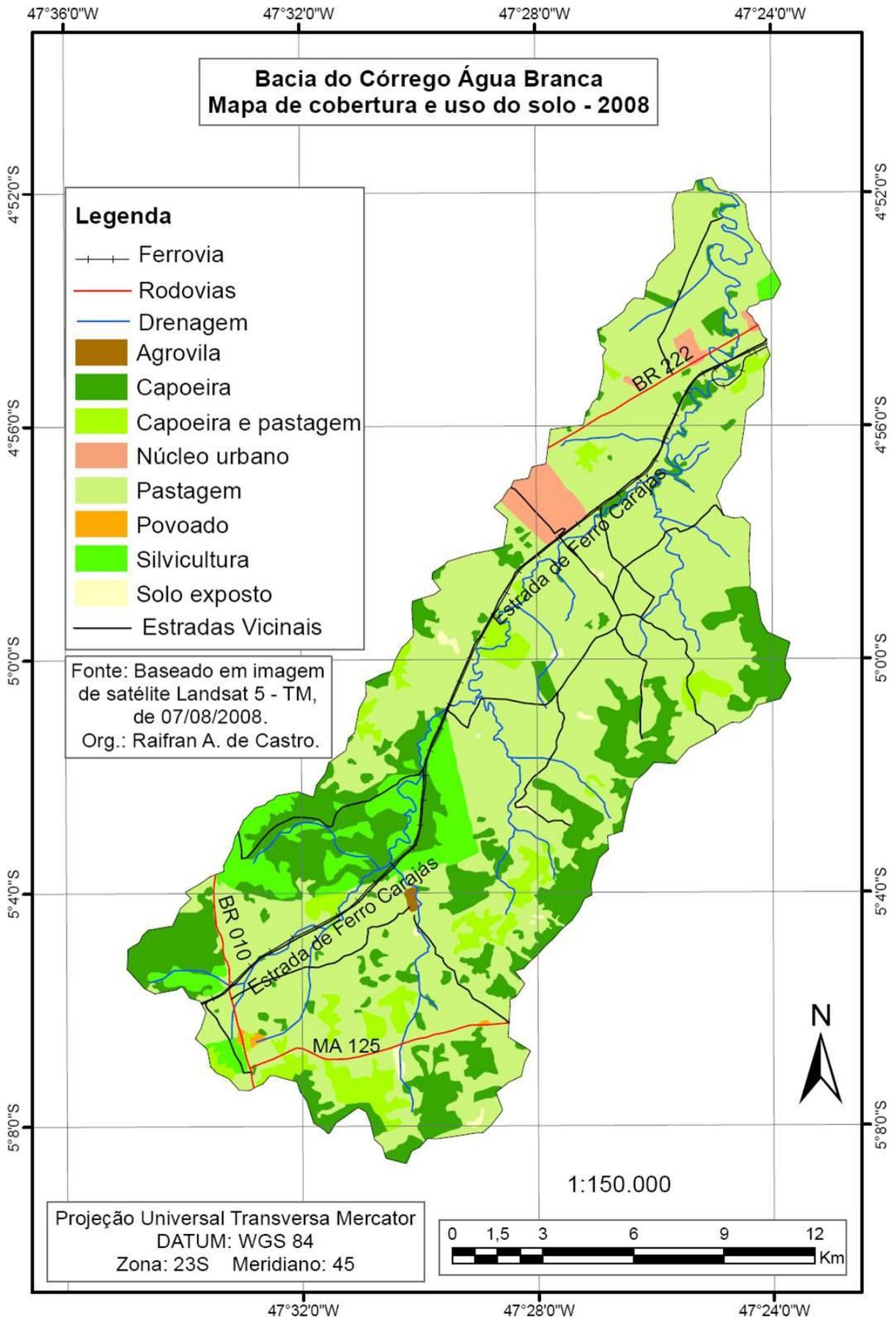


Figura 20 - Mapa de cobertura e uso do solo na bacia do Água Branca em 2008.

A partir da tabela e da figura anterior, complementando-se com as análises em campo têm-se os seguintes resultados para o período de agosto de 2008:

- Ocorre um crescimento significativo da porcentagem de área com pastagem (Figura 21), que caracterizada por gramíneas com alturas de medianas a rasteiras utilizadas para a pecuária extensiva, principalmente no sul da bacia, com a substituição de áreas de capoeira (Figura 22), que caracterizam-se pela presença de vegetação secundária de médio porte que se desenvolveu após todo o processo de desmatamento;



Figura 21- Pastagem. Às margens do cruzamento entre a “Estrada de Ferro Carajás” e a “Estrada do Arroz”.

Fonte: CASTRO, R. A. Maio/2009.

- Sobre o núcleo urbano, ocupação para fins residenciais, menciona-se o fato do rápido crescimento do bairro Vila Ildemar (Figura 23), e a implantação dos bairros Tropical e João Paulo II (Conjunto habitacional construído pela prefeitura através de convênio com o Governo Federal);



Figura 22 - Capoeira. Localizada próxima da sede do Assentamento João Palmeira.  
Fonte: CASTRO, R. A. Maio/2009.



Figura 23 - Núcleo Urbano – Praça da Vila Ildemar.  
Foto: CASTRO, R. A. Janeiro/2008.

- A área com plantio de eucalipto (Figura 24) amplia-se consideravelmente, praticamente dobrando, sendo este crescimento nas imediações da principal área de atuação da CELMAR, mas com a apresentação de plantios nas imediações das siderúrgicas, ao norte da bacia;



Figura 24 - Silvicultura – Retirada dos troncos para carbonização.

Fonte: CASTRO, R. A. Janeiro/2008.

- Agrovila – é a sede do assentamento de Reforma Agrária João Palmeira (Figura 25), onde foram construídas as moradias da grande maioria dos assentados, sendo que estas ficam próximas as áreas de plantio dos assentados e os povoados também apresentam crescimento significativo, principalmente o povoado União (Figura 26);



Figura 25 - Agrovila do Assentamento João Palmeira.  
(Cidade de São Francisco do Brejão).  
Fonte: CASTRO, R. A. Maio/2009.



Figura 26 - Povoado União as margens da MA 125.  
Fonte: CASTRO, R. A. Janeiro/2008.

- Apesar da porcentagem de solo exposto (Figura 27) se apresentar reduzida, se verifica que devido ao aumento das áreas reflorestadas as capoeiras sofreram uma redução.



Figura 27 - Solo exposto.

Fonte: CASTRO, R. A. Janeiro/2008.

### 8.8. Fragilidade Potencial

Os Latossolos caracterizam-se por serem solos profundos e bem drenados. Áreas com este tipo de solo, associado a declividades de 0 a 6%, foram classificadas como de Fragilidade Potencial Muito Fraca (Tabela 10). Este mesmo solo associado a declividades entre 06 e 12% foram enquadradas na classe denominada Fraca e áreas com este tipo de solo e declividades entre 12 e 20% como áreas com Média Fragilidade Potencial.

Tabela 10 - Principais características das classes de Fragilidade Potencial.

<b>Classes</b>	<b>Principais Características</b>
Muito Fraca	Latossolo Vermelho Amarelo com declividade até 6%;
Fraca	Latossolo Vermelho Amarelo com declividade entre 06 e 12%;
Média	Latossolo Vermelho Amarelo e com declividade entre 12 e 20%;
Forte	Argissolo Vermelho Amarelo com declividade entre 0 e 12%;
Muito Forte	Latossolo (Acima de 20%) e Argissolo Vermelho Amarelo com declividade acima de 12%.

Os Argissolos apresentam drenagem inferior, principalmente a partir de 40 cm de profundidade, o que amplia a possibilidade de ocorrência de processos erosivos, dado este confirmado por Marçal (2000). Portanto, áreas com este tipo de solo associado a declividades de 0 a 12% foram classificadas com Fragilidade Potencial Alta.

Quando a ocorrência deste solo está associada a declividades acima de 12% estas áreas foram nomeadas de áreas com Fragilidade Potencial Muito Alta. Esta última classe também enquadra as áreas com Latossolo e declividade acima de 12%.

Na tabela abaixo (Tabela 11) se apresentam a porcentagens de cada nível de Fragilidade Potencial encontrada na bacia.

Tabela 11: Áreas e porcentagem das classes de Fragilidade Potencial.

<b>Fragilidade Potencial</b>	<b>Área</b>	<b>%</b>
Muito Fraca	106,7	37
Fraca	11,9	4,2
Média	9,6	3,4
Forte	128,3	45,1
Muito Forte	28,5	10,3
<b>TOTAL</b>	<b>285</b>	<b>100</b>

Conforme pode ser observado na tabela acima, a classe de fragilidade com maior área de abrangência na bacia é a denominada de Fragilidade Forte (Figura 28). Esta classe representa 128,3 km<sup>2</sup> da área da bacia. Destaca-se também a área de abrangência da classe Muito Fraca com 106,7 km<sup>2</sup>. A maior ocorrência destas é justificada pela grande abrangência de áreas com menor declividade, ou seja, de 0 a 12% (96% da bacia) nos dois tipos de solos, destaca-se também que segundo Marçal (2000) e ROSS (1994) o Argissolo apresenta maior fragilidade, sendo o mesmo classificado como Forte nesta bacia. Estas duas classes destacam-se por suas áreas de abrangência estar em concordância com os dois tipos de solos.

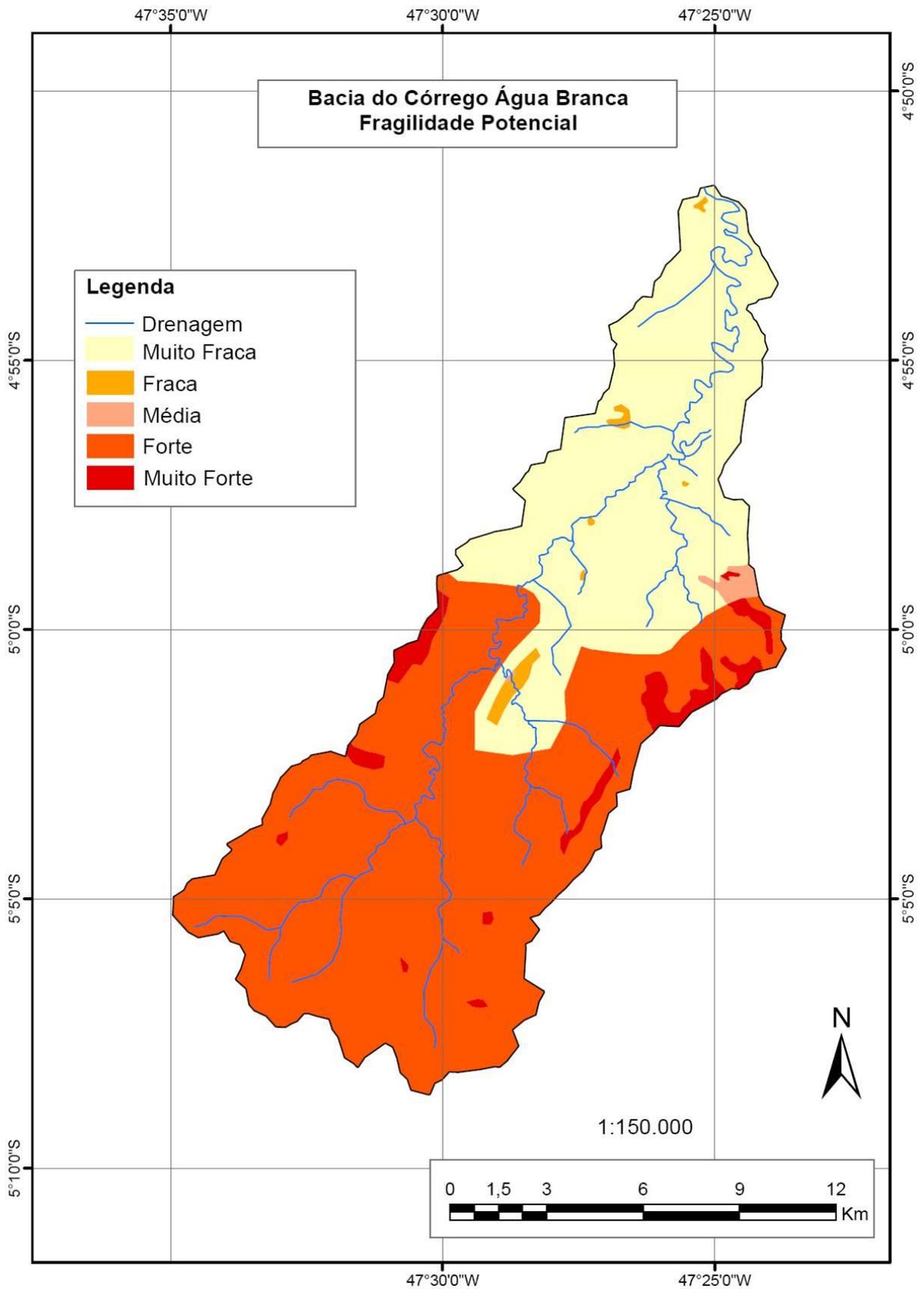


Figura 28 - Fragilidade Potencial da Bacia do Córrego Água Branca.

A classe de Fragilidade Potencial com tamanho de área médio entre as mapeadas nesta bacia é a Muito Forte que representa 28,5 Km<sup>2</sup> da área estudada, ou seja, 10,3%. Esta se caracteriza pela ocorrência de declividade acima de 20% em Latossolo e de acima de 12% em Argissolo. As classes de Fraca e Média Fragilidade Potencial têm menor área de abrangência tendo respectivamente 11,9 e 9,6 Km<sup>2</sup> o que correspondem a 4,2 e 3,4% da área. A classe Fraca caracteriza-se por apresentar Latossolo Vermelho Amarelo com declividade entre 6 e 12% e a classe Média por Latossolo Vermelho Amarelo e declividade entre 12 e 20%.

A distribuição das classes na área da bacia caracteriza-se por: Muito Fraca, ocorre no baixo curso da bacia; Forte, ocorre no alto curso; as classes Fraca e Muito Forte estão distribuídas de acordo com os tipos de solo, a primeira no Médio/Alto curso e segunda no Médio/Baixo curso; a classe Fragilidade Potencial Média ocorre principalmente numa área a leste da bacia onde ocorrem declividades acima de 20% em Latossolo.

### 8.9. Fragilidade Emergente

Conforme foi explicado no capítulo de uso do solo, notou-se que os núcleos urbanos presentes na área da bacia estão bem consolidados como é o caso da Vila Ildemar a noroeste da bacia, assim como as áreas rurais, todavia o uso sem planificação tem contribuído para que a fragilidade emergente se apresente diversificada na área da bacia, como está retratado na Tabela 12 e na Figura 29.

Tabela 12: Principais características das classes de Fragilidade Emergente.

<b>Classes</b>	<b>Principais Características</b>
Muito Fraca	Capoeira e Silvicultura com declividade entre 0 e 6 % em Latossolo
Fraca	Pastagem bem conservada com declividade entre 0 e 6% e silvicultura com declividade entre 6 e 20% ambos em Latossolo
Média	Capoeira, capoeira permeada por pastagem e pastagem com declividade até 12% em Latossolo; Capoeira com declividade de até 12% em Argissolo
Forte	Povoado; Capoeira com declividade acima de 12% em Latossolo e Argissolo; Pastagem e Capoeira permeada por pastagem, com declividade acima de 12% em Latossolo, e com declividade de 0 a 12% em Argissolo; Silvicultura com declividade acima de 20% em Latossolo, e entre 0 e 12% em Argissolo
Muito Forte	Solo Exposto, Agrovila e Núcleo Urbano; Pastagem, capoeira permeada por pastagem e Silvicultura, todas com declividade acima de 12% em Argissolo

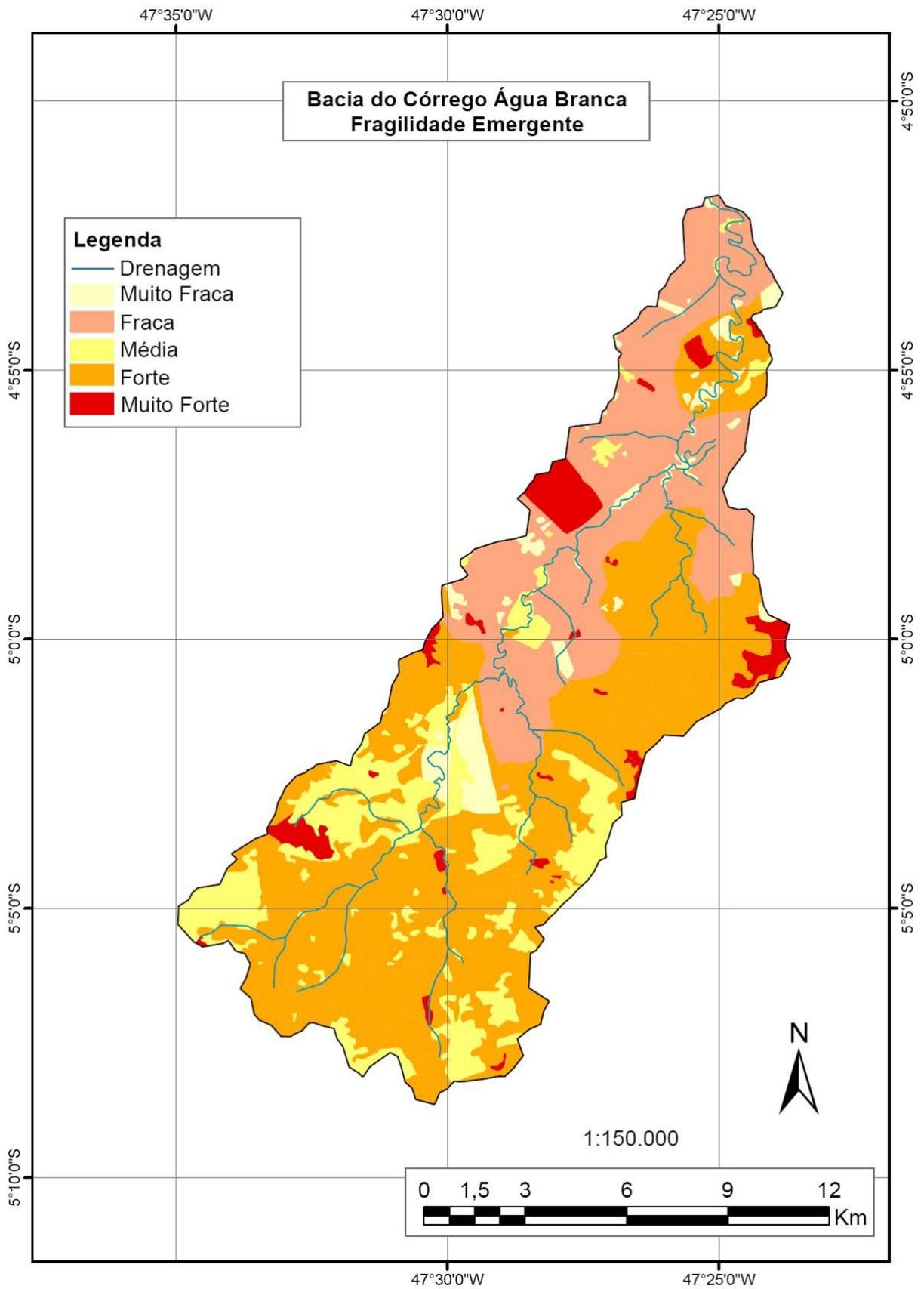


Figura 29 - Fragilidade Emergente da Bacia do Córrego Água Branca.

Apresentam-se na Tabela 13 as áreas e as porcentagens representativas de cada classe de Fragilidade Emergente na Bacia do Córrego Água Branca.

Tabela 13 - áreas e porcentagem das classes de Fragilidade Emergente.

<b>Fragilidade Emergente</b>	<b>Área</b>	<b>%</b>
Muito Fraca	23,6	8,1
Fraca	69,2	24,4
Média	45,4	16
Forte	118,5	42,2
Muito Forte	28,3	9,3
<b>TOTAL</b>	<b>285</b>	<b>100</b>

A classe de Fragilidade Emergente mais representativa da bacia em estudo é a Forte, com um total de 118,5 Km<sup>2</sup> o que corresponde a 42,2 % da bacia. Esta ocorre em toda a extensão, principalmente no alto/médio curso. Ocorre também uma área considerável no baixo curso, sendo que esta é caracterizada pela concentração de estradas de ferro, rodovia, estradas vicinais e com o curso do córrego densamente meandrante. O problema da concentração de diversas estradas vicinais ampliou a ocorrência da classe Forte. Como exemplo tem-se a estrada das Figuras 30 e 31, onde se pode observar a formação de processos erosivos e assoreamento do córrego.



Figura 30 - Formação de processos erosivos em estrada vicinal.  
Fonte: CASTRO, R. A. Janeiro/2009.



Figura 31- Assoreamento do Córrego Água Branca.  
Fonte: CASTRO, R. A. Janeiro/2009.

O baixo curso da bacia é representado em sua maior parte pela classe de Fragilidade Emergente Fraca com 69,2 Km<sup>2</sup> correspondendo a 24,4%. Esta classe ocorre também no médio curso, principalmente a Oeste desta área da bacia.

A ocorrência da classe Média distribui-se por toda a extensão da bacia. Mas destaca-se o fato de 85% desta concentrar-se no Alto Curso, mesmo que permeada por da classe Forte. Ao todo são 45,4 Km<sup>2</sup> de área, totalizando 16% da bacia do Córrego Água Branca. Destaca-se que esta classe é caracterizada por: capoeira e capoeira permeada por pastagem e pastagem com declividade até 12% em Latossolo; Capoeira com declividade de até 12% em Argissolo

As classes Muito Fraca e Muito Forte representam respectivamente 23,6 e 28,3 Km<sup>2</sup>. A classe Muito Fraca ocorre distribuída em diversas áreas da bacia, principalmente no baixo curso e com uma representação percentual de 8,1%, destacando-se que 63% do total desta classe (14,8 Km<sup>2</sup>) ocorre concentrada numa área de silvicultura com baixa declividade (Figura 32).



Figura 32 - Área de Fragilidade Emergente Muito Fraca.  
Fonte: CASTRO, R. A. Janeiro/2009.

A classe Muito Forte, com 9,3% da área, também ocorre em diversas áreas devido à distribuição dos núcleos urbanos, da agrovila, dos diversos pontos de terras com solo exposto. Destaca-se que nesta classe há uma área de criação de peixes as margens do Córrego Água Branca. Seus proprietários têm feito a ampliação do tamanho ou da quantidade destes, ações que causam o assoreamento do córrego e o surgimento de processos erosivos em suas margens (Figuras 33 e 34).



Figura 33 - Tanques para criação de peixes.  
Foto: CASTRO, Raifran A. Janeiro/2009.



Figura 34 - Uso de draga para ampliação/escavação de tanques.  
Fonte: CASTRO, R. A. Janeiro/2009.

Foram identificadas 10 áreas no curso do Córrego Água Branca que apresentam represamento (Figura 35).

As causas identificadas para o represamento foram: 1 - em três casos o objetivo é a obtenção de água para consumo doméstico e/ou para uso em hortas, sendo uma nas proximidades da Agrovila do Assentamento João Palmeira (Figura 36); 2 - represamento para construção/manutenção de rodovia (BR 010) sendo que em uma delas ocorre o uso do lago formado para piscicultura (área número 09); os quatro casos restantes envolvem a abertura de estradas vicinais.

Em alguns casos pode-se constatar o crescente assoreamento causado pela presença de processos erosivos e pela remoção de solo as margens dos lagos formados pelos represamentos (Figura 37).

Sobre a temática do assoreamento deve-se mencionar o fato de que grande parte do curso do Córrego Água Branca encontra-se com pouca proteção/cobertura vegetal e em alguns casos a cobertura existente é ineficaz na função de proteção do córrego (Por causa da escala as Áreas de Preservação Permanente não puderam ser representadas em mapa). Na Tabela 14 tem-se a distribuição dos percentuais das classes de uso e cobertura das Áreas de Preservação Permanente (APP) dos cursos d'água que compõem a bacia do córrego.

Tabela 14 - Áreas das APP de acordo com o tipo de uso e cobertura.

<b>Tipo de Uso e Cobertura</b>	<b>Área em APP em Km<sup>2</sup></b>
Agrovila	0,24
Capoeira	2,36
Capoeira e Pastagem	0,69
Pastagem	8,96
Povoado	0,03
Silvicultura	1,90
Solo exposto	0,14
<b>Area Total</b>	<b>14,32</b>

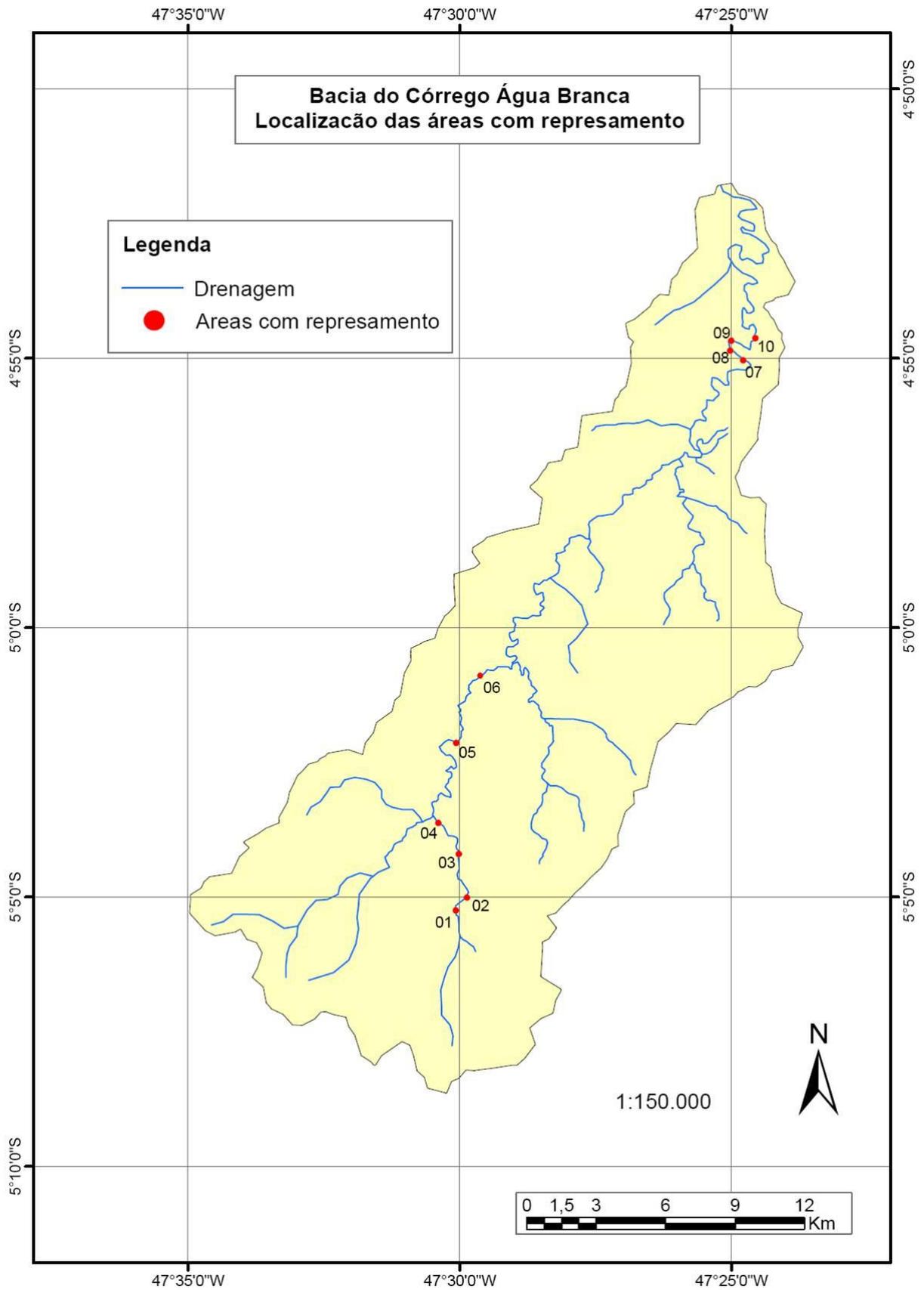


Figura 35 - Mapa de localização das áreas com represamento.



Figura 36 - Remoção de solo provocando assoreamento em lago formado por represamento (área número 02).  
Fonte: CASTRO, R. A. Janeiro/2009.

Sobre a ocorrência de processos erosivos foram mapeadas dezesseis áreas onde se pode observar a presença de diversos tamanhos e classificações e agentes impulsionadores de seus crescimentos.

Analisando-se o mapa de localização das áreas (Figura 38) observa-se que a grande maioria desta situa-se nas proximidades de estradas vicinais, rodovias ou da Estrada de Ferro Carajás. Portanto, os trabalhos de remoção de solo para a instalação destes tipos de vias de transporte são os principais causadores desta grande quantidade de áreas.

Dentre as áreas mapeadas devem-se destacar os casos ilustrados nas Figuras 39, 40 e 41. A primeira figura representa uma rede de ravinas formadas em talude exposto, sendo este proveniente de corte de colina para nivelamento do terreno para a construção da Ferrovia Carajás. Os dois casos seguintes são exemplos de áreas com processos erosivos em crescimento, sendo que as causas dos seus surgimentos estão relacionados cortes de morros para abertura de rodovias (BR 010 e MA 125, respectivamente).

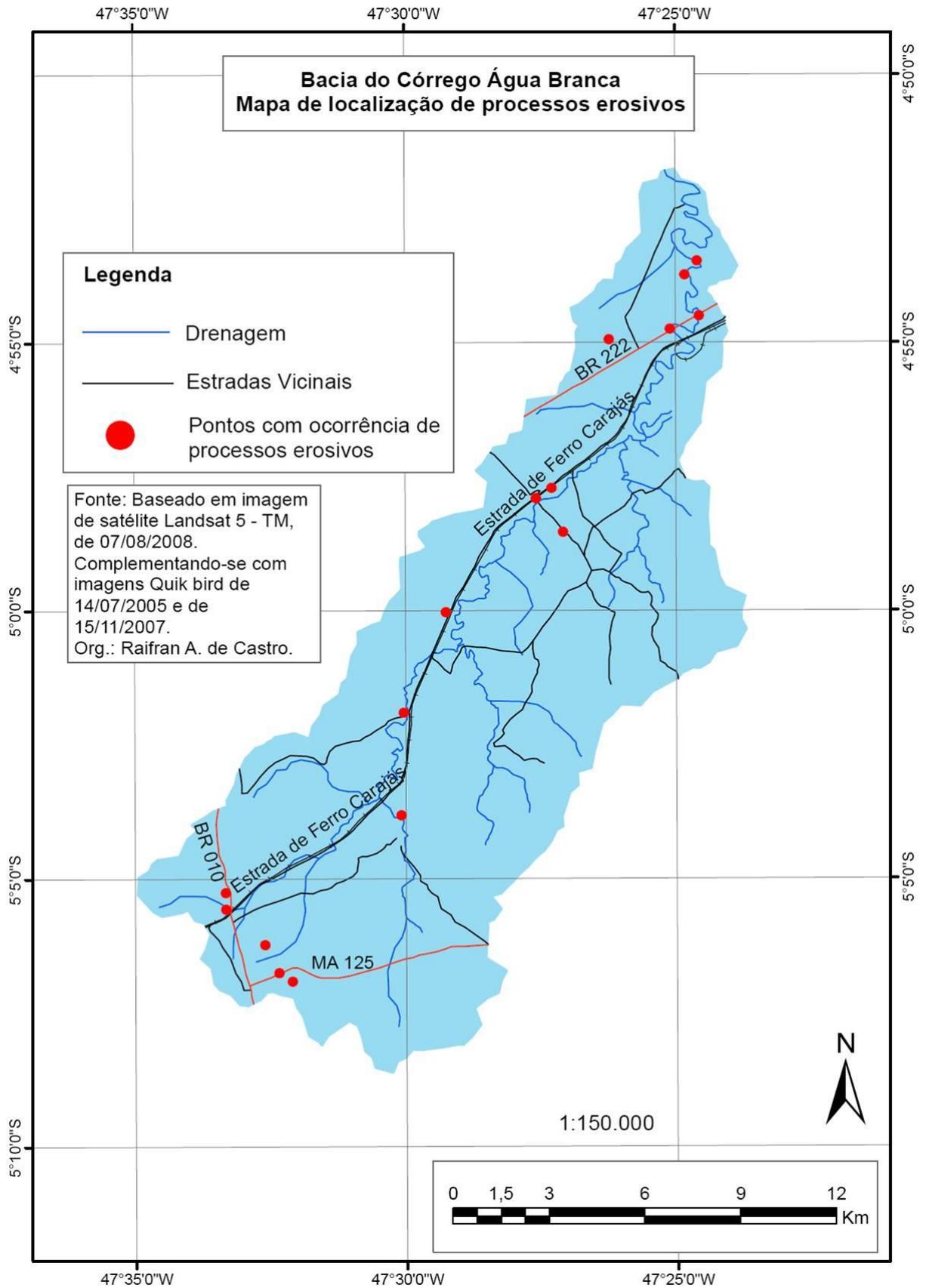


Figura 37 - Mapa de localização das áreas com processos erosivos.



Figura 38 - Rede de ravinas formada em talude exposto nas proximidades da Ferrovia Carajás.  
Fonte: CASTRO, R. A. Janeiro/2009.



Figura 39 - Erosão na lateral da BR 010.  
Fonte: CASTRO, R. A. Janeiro/2009.



Figura 40 - Erosão na lateral da MA 125.  
Fonte: CASTRO, R. A. Janeiro/2009.

## 9. Considerações Finais e recomendações

A bacia do Córrego Água Branca apresenta uma Fragilidade Potencial é caracterizada pela maior representação das classes Muito Fraca e Forte, 37% e 45,1% de cobertura da área respectivamente. Isto ocorre devido a presença de grandes áreas com declividades de até 6% em Latossolos e de até 12% em Argissolos.

A Fragilidade Emergente da área pesquisada tem a classe Forte com maior área de ocorrência, 42,5%, o que representa um total de 118,5 Km<sup>2</sup>. As áreas abrangidas por esta classe caracterizam-se por: Povoado; Capoeira com declividade acima de 12% em Latossolo e Argissolo; Pastagem e Capoeira permeada por pastagem, com declividade acima de 12% em Latossolo, e com declividade de 0 a 12% em Argissolo; Silvicultura com declividade acima de 20% em Latossolo, e entre 0 e 12% em Argissolo. Esta classe ocorre em toda a extensão da bacia, principalmente no alto/médio curso. Ocorre também uma área considerável no baixo curso, sendo que esta é caracterizada pela concentração de estradas de ferro, rodovia, estradas vicinais e com o curso do córrego densamente meandrante. O

problema da concentração de diversas estradas vicinais ampliou a ocorrência da classe Forte.

Destaca-se a identificação de 10 áreas do curso do Córrego Água Branca que apresentam represamento. Esta é uma grave característica pois a mesma altera o curso normal do córrego causando desequilíbrios principalmente por conta maior evaporação da água devido a sua maior exposição aos raios solares. Em alguns pontos destes represamentos são verdadeiros riscos à população, pois os mesmos foram realizados para a construção de rodovias e estradas vicinais, pois os cursos d'água correm sobre estas estradas, e estas não apresentam a devida segurança, principalmente nos períodos de chuvas, quando já foram registrados graves acidentes associados a deslizamentos, principalmente na BR 222. Deve-se mencionar também que as obras de reconstrução destas barragens, sejam elas na zona urbana ou rural, têm contribuído para o surgimento de extensas áreas do leito do córrego totalmente assoreadas.

O assoreamento acima citado é agravado pela praticamente inexistente cobertura de matas ciliares às margens do córrego. Segundo os dados apresentados tem-se apenas 2,26 Km<sup>2</sup> de matas ciliares cobertas por capoeira sendo que a área total é de 14,32 Km<sup>2</sup>.

Sobre a evolução dos usos e cobertura deste o ano de 1988 devem ser destacados os seguintes dados: a capoeira, classe que mais tem contribuído para a proteção do solo da bacia desde que sua cobertura original foi retirada, teve uma redução de 25,73% no ano de 1988 para 18,91% em 2008. Em contrapartida a classe Pastagem cresceu de 59,76% para 64,61% no mesmo período. Neste caso, diminui-se a quantidade de solo protegido de erosões pluviais e aumenta-se a área exposta ao pisoteio do gado e à formação de ravinas, podem evoluir para voçorocas caso não sejam realizados trabalhos de contenção destas. Deve-se mencionar o fato da ampliação da silvicultura de eucalipto que não existia ainda na primeira data do levantamento mais que em 2008 já representa 6,12% (15,8 km<sup>2</sup>) área da bacia o que neste caso é apenas um pequeno exemplo diante do grande crescimento que este tipo de atividade tem apresentado em toda a região oeste do Maranhão.

A inexistência de informações pluviométricas praticamente inviabiliza a realização de pesquisas precisas com relação as erosões provocadas pelas águas pois para se conhecer melhor a atuação das águas pluviais nos processos erosivos

são necessárias informações detalhadas sobre o comportamento das chuvas na área da bacia. Recomenda-se, portanto a instalação de pelo menos três estações climatológicas que deverão ser instaladas nos alto, médio e baixo cursos.

Destaca-se que a utilização da bacia hidrográfica como unidade territorial a ser gerenciada a partir de políticas públicas, apresenta-se como uma ação em que podem ser obtidos dados integrados da qualidade ambiental, conforme se demonstrou na presente pesquisa.

Sabe-se que a bacia do Córrego Água Branca, está inserida em um contexto espacial maior, à medida que se integra com outras bacias hidrográficas. No entanto, entende-se que a partir da preservação e utilização racional de pequenas áreas, como no caso desta bacia, podem-se extrapolar as ações de conservação e utilização adequada para extensões maiores, pois o gerenciamento e a adequação da forma de utilização para a preservação da mesma.

É evidente que esta pesquisa não deve ser usada como único referencial para as ações de controle ambiental a serem utilizadas para o correto manejo ambiental da bacia, na medida em que o gerenciamento ambiental de uma bacia hidrográfica implica em análises muito mais complexas e elaboradas. Neste sentido, cabe destacar que além dos dados produzidos pela pesquisa são necessárias outras pesquisas complementares que englobem outros focos de atuação na linha ambiental. Menciona-se, por exemplo, pesquisas que considerem os aspectos socioeconômicos, culturais e educacionais, visto que, estes apresentam relação com a intensidade de consumo, maior ou menor grau de consciência ambiental e mesmo a forma de intervenção no ambiente natural.

Espera-se que esta pesquisa venha contribuir para a conscientização da população local mostrando-as que só conseguiremos a melhoria da qualidade de vida se esta for acompanhada pela defesa e pela implementação de ações que resultem na melhoria da qualidade do ambiente ao qual fazemos parte.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, Aziz Nacib. Bases conceptuais e papel do conhecimento na previsão de impactos. In: AB'SABER, Aziz Nacib,; PLANTENBERG, Clarita Muller. **Previsão de impactos: o estudo de impacto ambiental no leste, oeste e sul, experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha.** 2ª Ed. 2ª reimp. São Paulo: EDUsp, 2006, p. 27 – 50.

AÇAILÂNDIA. **Plano Diretor Participativo de Açailândia: leitura Técnica e Comunitária**. Açailândia: Prefeitura Municipal de Açailândia, 2006.

ALMEIDA, Josimar R. de.; TERTULIANO, Marcos F. Diagnose dos sistemas ambientais: métodos e indicadores. In: CUNHA, Sandra B.; GUERRA, Antonio J. T. (Org). **Avaliação e Perícia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BECKER, Bertha K.; EGLER, Cláudio A. G. **Detalhamento da Metodologia para a execução do Zoneamento Ecológico Econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. LAGET/UFRJ, 1996.

BERTONI, José.; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.

BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. Revista RA'E GA, Curitiba, n. 08, p. 141 – 152, 2004. Editora da UFPR.

BERUTCHACHVILI, Nicolas.; BERTRAND, Georges. O Geossistema ou “Sistema Territorial Natural”. In: BERTRAND, Georges.; BERTRAND, Claude (Org.). **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Maringá: Ed. Massoni, 2007. P. 47 – 61.

BOTELHO, Rosangela G. M.; SILVA, Antonio Soares. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, Antonio C.; GUERRA, Antonio J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p. 153 – 192.

CÂMARA, Gilberto. MEDEIROS, José S. Geoprocessamento para projetos ambientais. São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Ambientais, 1996.

CARNEIRO, Monica. S. Do latifúndio agropecuário à empresa latifundiária carvoeira: a EFCarajás e a propriedade de terra no oeste maranhense.. In: **10 anos da Estrada de Ferro Carajás**. Editora UFPANA/NAEA, Belém, 1997, p. 223 – 250.

CASTRO, Raifran A. et. al. Erosões as margens da BR 222 na cidade de Açailândia – MA. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, VI, 2006, Goiânia, **Anais...**, Goiânia, UFG, 2006.

\_\_\_\_\_. Ação antrópica e degradação dos principais cursos d’água na zona urbana da cidade de Açailândia – MA. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, XII, 2007, Natal, **Anais...**, Natal, UFRN, 2007.

CARVALHO, Elisângela M. **Riscos ambientais em bacias hidrográficas: um estudo de caso da bacia do Córrego Fundo, Aquidauana/MS**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação/UFMS, 2007.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo, Edgard Blucher, 1999.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

COUTO, Odir F. V. **Geração de um índice de sustentabilidade ambiental para bacias hidrográficas em áreas urbanas através do emprego de técnicas integradas de geoprocessamento.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociência/UFRGS. 2007.

DILL, Paulo R. J. **Gestão Ambiental em bacias Hidrográficas.** Tese de Doutorado. Centro de Ciências Rurais/UFSM, Santa Maria, 2007.

BRASIL. DNPM. Programa de Levantamentos básicos do Brasil. Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais de Solos e de Vegetação para a área do Programa Grande Carajás. **Folha Açailândia SB.23-V-A**, escala 1:250.000.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. **Folha Imperatriz SB.23 -V-C**, escala de 1:250.000.

EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Produção de informação, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

FENDRICH, Roberto.; OBLANDEM, Nicolau L.; AISSE, Miguel M.; GARCIAS, Carlos M. **Drenagem e controle da erosão urbana.** 4 ed. Curitiba: Champagnat, 1997.

FLORENZANO, Teresa G. Sensoriamento remoto para Geomorfologia. In: FLORENZANO, Teresa G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008, p. 12 – 35.

GHEZZI, Alessandra O. **Avaliação e mapeamento da fragilidade ambiental da bacia do rio Xaxim, Baía de Antonina - PR, com o auxílio de geoprocessamento.** Dissertação de Mestrado, DSEA/UFPR, 2003.

GÓES, Alessandra M. Estudos sedimentológicos dos sedimentos Barreiras, Ipixuna e Iatapécurú no nordeste do Estado do Pará e noroeste do Estado do Maranhão. Belém, UFPA, Centro de Geociências, **Tese de mestrado**, NCGG, UFPA, 1981.

GUERRA, Antonio. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. G. T.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 17-55.

\_\_\_\_\_.; CUNHA, Sandra B. **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1996.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados municipais. Disponível em: [www.ibge.com.br](http://www.ibge.com.br), Acessado em: 12/04/2008.

\_\_\_\_\_. **Manual técnico de uso da terra.** Rio de Janeiro, 2004. 58 p.

LEFF, Enrique. **Epistemologia ambiental.** 4ª ed. São Paulo: Cortez, 2007.

MARÇAL, Mônica dos S. **Suscetibilidade à erosão dos solos no alto curso do Rio Açailândia – MA.** Tese de Doutorado. Departamento de Geografia/UFRJ. 2000.

MARÇAL, Mônica dos S. et. al. Análise Multitemporal do Município de Açailândia – MA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, X, Foz do Iguaçu, 2001, **Anais...**, Foz do Iguaçu: INPE, 2001. P. 631-638.

\_\_\_\_\_; GUERRA, Antonio J. T. Indicadores Ambientais relevantes para a análise da suscetibilidade à erosão dos solos em Açailândia (MA). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 04, n. 02, 2003. p. 01-16.

MATA, Alexandre P. **Legislação e uso atual do solo: o caso da microbacia do córrego São Lourenço – Nova Friburgo – RJ**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências/UFF.2006.

MIARA, Marcos A. **Análises têmporo-espaciais da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Cará-Cará, Ponta Grossa – PR**. Dissertação de Mestrado, CT/UFPR, 2006.

MOTA, Evangelista. **Açailândia: sua História**. Imperatriz: Ética, 1998.

ROCHA, Josefa S. M. **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. 2 ed. Santa Maria, UFSM, 1991.

RODRIGUES, Cleide. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos ambientais e geográficos. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 14, p. 69-77, 2001.

ROSS, Jurandyr L. S. Análise e síntese na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, n 09, FFLCH/USP, 1995.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. 8ª ed. São Paulo: Contexto, 2005.

\_\_\_\_\_. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n.8, USP – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, 1994.

\_\_\_\_\_; DEL PRETE, Marcos E. **Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: Bancoras do planejamento e gestão ambiental**. Revista do Departamento de geografia, n. 12, FFLCH/USP, São Paulo, 1998.

SANTOS, Odete C. O.; **Análise do uso do solo e dos recursos hídricos na microbacia do igarapé Apeú, nordeste do estado do Pará**. Tese de Doutorado. PPGG/UFRJ, 2006.

SANTOS, Rosangela F. **Planejamento Ambiental: Teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

SILVEIRA, Antonio L. L. *Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica*. In TUCCI, C. E. M., **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2ª Ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH, 1997.

SPORL, Christiane. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do rio Jaguari-mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. Dissertação de Mestrado, FFLCH-USP, 2001.

SUDAM/PHCA. Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia/ Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia. **Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira**. Belém. 1984 (Publicação 39), p. 71.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. FIBGE, Rio de Janeiro, 1977.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. Z AidAN, Ricardo T. Geoprocessamento aplicado ao zoneamento de áreas com necessidade de proteção: o caso do parque estadual do Ibitipoca – MG. In: XAVIER-DA-SILVA, Jorge; Z AidAN, Ricardo T. (Org.) **Geoprocessamento e análise ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p. 31 – 66.