



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS PPG-CIFA**

**ESTUDO BIOFÍSICO, TEMPORAL E ANÁLISE DA
VULNERABILIDADE NATURAL À EROÇÃO DOS SOLOS NO
MUNICÍPIO DE MANACAPURU, AMAZONAS.**

MARIA ANTÔNIA FALCÃO DE OLIVEIRA

Manaus

2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS PPG-CIFA

**ESTUDO BIOFÍSICO, TEMPORAL E ANÁLISE DA
VULNERABILIDADE NATURAL À EROÇÃO DOS SOLOS NO
MUNICÍPIO DE MANACAPURU, AMAZONAS.**

MARIA ANTÔNIA FALCÃO DE OLIVEIRA

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção de título de Mestre. Área de Concentração: Conservação da Natureza; Linha de pesquisa: Sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas.

Orientador: Lizit Alencar da Costa

Manaus

2012

Ficha Catalográfica

(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

O48e	<p>Oliveira, Maria Antônia Falcão de</p> <p>Estudo biofísico, temporal e análise da vulnerabilidade natural à erosão dos solos no município de Manacapuru, Amazonas / Maria Antônia Falcão de Oliveira. - Manaus: UFAM, 2012.</p> <p>112 f.; il. color.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) — Universidade Federal do Amazonas, 2012.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Lizit Alencar da Costa</p> <p>1. Sistema de Informações Geográficas 2. Sensoriamento Remoto 3. Geoprocessamento I. Costa, Lizit Alencar da (Orient.) II. Universidade Federal do Amazonas III. Título</p> <p>CDU 528.8(811.3)(043.3)</p>
------	---

MARIA ANTÔNIA FALCÃO DE OLIVEIRA

**ESTUDO BIOFÍSICO, TEMPORAL E ANÁLISE DA
VULNERABILIDADE NATURAL À EROSÃO DOS SOLOS NO
MUNICÍPIO DE MANACAPURU, AMAZONAS.**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção de título de Mestre. Área de Concentração: Conservação da Natureza; Linha de pesquisa: Sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas.

Aprovado em 30 de novembro de 2012.

BANCA EXAMINADORA

Lizit Alencar da Costa – Presidente/Orientador
Universidade Federal do Amazonas

Paulo Maurício Lima Alencastro Graça – Primeiro examinador
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Julio César Rodríguez Tello – Segundo examinador
Universidade Federal do Amazonas



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais e Ambientais - PPGCIFA



UFAM

PARECER

Defesa nº 124

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Amazonas, após arguir da mestranda **MARIA ANTÔNIA FALCÃO DE OLIVEIRA**, em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado “ESTUDO BIOFÍSICO, TEMPORAL E ANÁLISE DA VULNERABILIDADE NATURAL A EROÇÃO DOS SOLOS NO MUNICÍPIO DE MANACAPURU, AMAZONAS”, é de parecer favorável à APROVAÇÃO da mestranda a habilitando-a ao título de Mestre “*Magister Scientiae*” em Ciências Florestais e Ambientais, na área de concentração em **CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS (CIFA)**.

Dr. Lizit Alencar da Costa
Professor da Faculdade de Ciências Agrária da Universidade Federal do Amazonas
Presidente da banca examinadora

Dr. Paulo Maurício Lima de Alencastro Graça
Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Primeiro examinador

Dr. Julio César Rodríguez Tello
Professor da Faculdade de Ciências Agrária da Universidade Federal do Amazonas
Segundo examinador

Manaus, 30 de novembro de 2012.

Prof. Dr. Nabor da Silveira Pio
Coordenador, em exercício, do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais – PPG-CIFA



*À minha mãe Osvaldina e ao meu pai Antônio,
aos meus irmãos, sobrinhos e amigos que me
acompanharam, incentivaram e apoiaram na
realização deste trabalho, dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre iluminar meu caminho e não permitir jamais que eu seja vencido pelas dificuldades e pelo desânimo.

Aos meus pais Antônio e Osvaldina, pelo apoio, confiança, amor e exemplo de vida.

Ao professor Lizit Alencar pela orientação, colaboração, atenção e apoio.

Aos membros da banca examinadora, Paulo Maurício Graça, Lizit Costa e Julio Tello.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido por meio de bolsa de mestrado.

Ao SIPAM, em nome de Jorge Costa, pela oportunidade, confiança, compreensão e principalmente pela grande colaboração para realização deste trabalho.

A todos os professores que fizeram parte da minha história na UFAM.

Aos todos os colegas de curso, em especial Roberta Monique, Marcos Brainer, Elaine Ponciano, Telêmaco Jason (*in memoriam*) e principalmente à minha amiga Mônica pelo companheirismo e contribuição para realização deste trabalho.

Ao meu namorado Ronaldo Ivo, às minhas amigas, Gisele Correia, Noeli Moreira, e às amigas e companheiras do lar Júlia Valentim e Nayara Soto pelo carinho, apoio e incentivo.

Aos meus irmãos Miguel, Mário, Antônio, Vera, Ângela, Robert e Fábio, pela afetividade e união.

Aos meus sobrinhos Michel, Michael, Ítalo, Sayma, principalmente as crianças Ingra, João, Robert, Gustavo e Emmanuel por alegrarem meus finais de semana e torná-lo mais agradável.

A toda minha família, por torcer pelo meu sucesso.

Agradeço enfim, a todos que, de alguma maneira contribuíram para realização deste trabalho.

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo realizar um estudo biofísico, multitemporal e análise da vulnerabilidade natural à erosão dos solos no município de Manacapuru, utilizando ferramentas geotecnológicas. O procedimento metodológico consistiu em quatro fases. A primeira refere-se à estruturação e atualização da base cartográfica para caracterização dos aspectos biofísicos da área de estudo. A segunda fase consistiu na análise multitemporal das imagens de satélite buscando identificar as mudanças de uso e cobertura da terra referente aos anos 1997, 2003 e 2011. A terceira fase foi realizada a análise, cruzamento dos dados para gerar o mapa de vulnerabilidade à erosão natural dos solos. Na quarta e última a elaboração dos mapas temáticos. Utilizou-se o SPRING para manipulação da base de dados. Foi realizada uma classificação supervisionada utilizando o algoritmo de crescimento de regiões, *Bhattacharya*, no qual os parâmetros de entrada para definir os limiares de similaridade e área no processo de segmentação ficaram em 20 e 20, respectivamente. Sequencialmente, as imagens foram classificadas utilizando-se o algoritmo nos seguintes usos e cobertura da terra: Floresta, Floresta Secundária, Solo Exposto, Cultivos Agrícolas e Água. O mapa de vulnerabilidade à erosão dos solos foi obtido realizando o cruzamento dos mapas de geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação/uso da terra e intensidade pluviométrica, por meio de análise em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL). Neste contexto, este trabalho permitiu avaliar a vulnerabilidade à perda de solo das unidades de paisagem do Município de Manacapuru através de um SIG com bases cartográficas digitais disponibilizadas pelo Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM), e de dados pluviométricos obtidos através da Agência Nacional de Águas (ANA). Tal estudo foi realizado segundo a metodologia de CREPANI et al. (2001) para elaboração de Zoneamento Ecológico-Econômico, fundamentada no conceito de Ecodinâmica de TRICART (1977). Os principais resultados revelam que o município apresenta altitudes dominantes variando de 0 a 40 m, essas áreas equivalem a aproximadamente 70% do território, as faixas de declividade apresentam em sua dominância os relevos plano e suave ondulado (0 a 8%) correspondendo a 83,91%. Estima-se que as Áreas de Preservação Permanente deveriam representar 12,5% da área do município, sendo que as áreas de conflito representam 3,4% de uso indevido. O estudo temporal revelou que ocorreu um aumento da classe Solo Exposto, cerca de 5,6% no período de 1997 a 2011 e de acordo com histórico de ocupação, grande parte do aumento está localizado em áreas com facilidade de acesso. Em relação à vulnerabilidade dos solos, foram identificadas três classes de vulnerabilidade: Moderadamente estável, Medianamente estável e/ou vulnerável e Moderadamente vulnerável, correspondendo a 35,3%, 38,4% e 1% respectivamente, variando de 1,5 a 2,5 conforme a escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas. Tais resultados poderão servir como apoio nas mais diversas iniciativas de pesquisa, planejamento territorial, desenvolvimento econômico e preservação ambiental nesta região.

Palavras-chave: Sistema de Informações Geográficas; Análise Ambiental Municipal; Sensoriamento Remoto; Geoprocessamento.

ABSTRACT

This research aimed to conduct a biophysical analysis of multitemporal and natural vulnerability to soil erosion in the municipality of Manacapuru, using tools geotecnológicas. The methodological procedure consisted of four phases. The first refers to the structuring and updating the cartographic basis for characterization of the biophysical aspects of the study area. The second phase consisted of multitemporal analysis of satellite images Landsat Thematic Mapper in order to identify changes in land cover and land use for the years 1997, 2003 and 2011. The third phase analysis was performed, cross data to generate the map of vulnerability to natural erosion of soils. In the fourth and final preparation of thematic maps. SPRING is used for handling the database. Supervised classification was performed using the region growing algorithm, Bhattacharya, wherein the input parameters to set the thresholds of similarity and the area segmentation process, were in 20 and 20, respectively. Sequentially, the images were classified using the algorithm in the following uses and land cover: Forest, Secondary Forest, Bare Soil, Water and Crops. The map of vulnerability to soil erosion was obtained by performing the crossover maps of geology, geomorphology, pedology, vegetation / land use and rainfall intensity, through analysis in Spatial Language for Algebraic GIS (LEGAL). In this context, this study allowed us to assess the vulnerability to loss of soil landscape units of the municipality of Manacapuru through a GIS with digital cartographic databases provided by Amazon Protection System (SIPAM), and rainfall data obtained from the National Water Agency (ANA). This study was conducted according to the methodology CREPANI et al. (2001) for developing ecological zoning, based on the concept of ecodynamic TRICART (1977). The main results show that the dominant city has altitudes ranging from 0 to 40 m, these areas amount to about 70% of the territory, the slope levels present in their dominance underscores flat and undulated (0-8%) corresponding to 83.91%. It is estimated that the Permanent Preservation Areas should represent 12.5% of the municipal area, and the conflict areas represent 3.4% of misuse. The study revealed that there was a temporal increase in class Bare Soil, about 5.6% in the period 1997-2011 and according to historical occupation, much of the increase is located in areas with easy access. Concerning the vulnerability of soil were identified three classes of vulnerability Moderately stable Moderately stable and / or moderately weak and vulnerable, corresponding to 35.3%, 38.4% and 1% respectively, ranging 1.5 to 2.5 according to the scale of vulnerability of basic territorial unit. These results may serve as support in various research initiatives, territorial planning, economic development and environmental conservation in the region.

Key words: Geographic Information System; Municipal Environmental Analysis, Remote Sensing.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1. Localização da área de estudo: Município de Manacapuru.	23
Figura 2. Dados climatológicos - média do período entre 1961 e 1990.....	24
Figura 3. Hierarquia dos rios, método Strahler (1957).....	30
Figura 4. Fluxograma com etapas para obtenção das áreas de conflitos de uso da terra.	31
Figura 5. Fluxograma esquematizando a etapa do processamento digital para elaboração dos mapas de uso do solo e cobertura vegetal.....	32
Figura 6. Fluxograma das etapas para a elaboração do mapa de vulnerabilidade à erosão.....	38
Figura 7. Vulnerabilidade à Erosão segundo a Geomorfologia.....	46
Figura 8. Mapa Hipsométrico do município de Manacapuru.....	50
Figura 9. Mapa de declividade do município de Manacapuru.	52
Figura 10. Mapa de unidades geomorfológicas.....	55
Figura 11. Distribuição espacial – Formações geológicas na área do município de Manacapuru.	56
Figura 12. Hidrografia do município de Manacapuru.	58
Figura 13. Rede de drenagem do município de Manacapuru.....	60
Figura 14. Mapa de solos.....	64
Figura 15. Mapa de vegetação do município de Manacapuru.....	65
Figura 16. Mapa de uso do solo e cobertura vegetal do município de Manacapuru, ano de 2011.....	67
Figura 17. Unidades de Conservação do município de Manacapuru.	68
Figura 18. Imagem LANDSAT (2011) segmentação com similaridade 20 e área 20.....	72
Figura 19. Apresentação da evolução do Uso e Cobertura da Terra no município de Manacapuru.	76
Figura 20. Mapa de uso e cobertura do solo para o município de Manacapuru em 1997.....	77
Figura 21. Mapa de uso e cobertura do solo para o município de Manacapuru em 2003.....	78

Figura 22. Mapa de uso e cobertura do solo para o município de Manacapuru em 2011.....	78
Figura 23. Nível do rio cotas (cm) na estação de Manacapuru para o período estudado 1997, 2003 e 2011.	81
Figura 24. Mapa das áreas de preservação permanentes no município de Manacapuru com destaque das faixas de acordo com Código Florestal, Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. .	82
Figura 25. Distribuição espacial das classes de vulnerabilidade dos solos no município de Manacapuru.	86
Figura 26. Mapa de vulnerabilidade a erosão natural do município de Manacapuru.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Imagens do sensor TM, Landsat-5 utilizadas e respectivas datas.	26
Tabela 2. Dados pluviométricos para o município de Manacapuru.	26
Tabela 3. Classificação do coeficiente de concordância de <i>Kappa</i> para avaliação de exatidão da classificação, segundo Landis e Koch (1977).....	37
Tabela 4. Número de amostras para validação da classificação.....	37
Tabela 5. Atributos da categoria UTBS e o seu significado.....	40
Tabela 6. Valores de estabilidade/vulnerabilidade para as classes de geologia presentes na área de estudo	42
Tabela 7. Valores de vulnerabilidade/estabilidade para as associações de solos	43
Tabela 8. Valores de estabilidade/vulnerabilidade para as classes de vegetação/uso da terra .	47
Tabela 9. Classes altimétricas do relevo do município de Manacapuru.....	51
Tabela 10. Classes de declividade, segundo SBCS.	52
Tabela 11. Hidrografia do município de Manacapuru.....	59
Tabela 12. Distribuição da drenagem conforme hierarquização	61
Tabela 13. Categorias de Unidades de Conservação existente em Manacapuru.....	69

Tabela 14. Matriz de confusão da classificação supervisionada por regiões <i>Bhattacharya</i> imagem TM de 2011.	73
Tabela 15. Distribuição das classes temáticas no município de Manacapuru.	75
Tabela 16. Evolução do Uso e Cobertura da Terra para cada período.	76
Tabela 17. Quantificação das Áreas de Preservação Permanentes.	81
Tabela 18. Identificação em valores da ocorrência de conflito de uso do solo das Áreas de Preservação Permanentes em relação ao mapa de uso e cobertura da terra para os anos estudados.	83
Tabela 19. Valores de precipitação média mensal e anual, número de dias com chuva e valores de intensidade pluviométrica calculada para cada estação pluviométrica.	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Valores de Amplitude Altimétrica e Pesos atribuídos para cada unidade geomorfológica.	44
Quadro 2. Faixas de densidade de drenagem e pesos atribuídos.	45
Quadro 3. Faixas de Declividade e pesos de vulnerabilidade a erosão.	45
Quadro 4. Valores de vulnerabilidade/estabilidade das classes de intensidade pluviométrica (mm/mês).	48
Quadro 5. Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas.	49
Quadro 6. Classes de vulnerabilidade do solo à erosão na área.	85

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 PRESUPOSTO DA PESQUISA	16
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
3.1 SENSORIAMENTO REMOTO	18
3.1.1 Sensoriamento Remoto Aplicado ao Uso do Solo e Cobertura Vegetal.....	19
3.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	23
4.1.1 Clima.....	23
4.2 MATERIAIS.....	24
4.2.1 Dados Vetoriais.....	25
4.2.2 Dados Matriciais.....	25
4.2.3 Dados de hidrologia.....	26
4.2.4 Programas e aplicativos operacionais.....	27
4.3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	27
4.3.1 Estruturação e atualização da base cartográfica.....	27
4.3.1.1 <i>Levantamento dos dados.....</i>	27
4.3.1.2 <i>Processamento dos dados.....</i>	28
4.3.1.3 <i>Mapas temáticos a partir do Modelo Digital de Elevação.....</i>	28
4.3.1.4 <i>Mapeamento das Áreas de Proteção Permanentes</i>	30
4.3.1.5 <i>Caracterização dos aspectos biofísicos.....</i>	31
4.3.2 Estudo multitemporal de uso do e cobertura da terra no município de Manacapuru	
– AM, referente aos anos 1997, 2003 e 2011.....	32
4.3.2.1 <i>Seleção e Aquisição das imagens</i>	32
4.3.2.2 <i>Processamento Digital de Imagens TM/Landsat.....</i>	33
4.3.2.3 <i>Processamentos para Extração de Informações.....</i>	34
4.3.3 Mapeamento da vulnerabilidade à erosão do solo no município de Manacapuru ..	38
4.3.3.1 <i>Mapa cadastral de Unidades Territoriais Básicas – UTBs.....</i>	39
4.3.3.2 <i>Integração dos dados.....</i>	41
4.3.3.3 <i>Álgebra de mapas</i>	41

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1	CARACTERIZAÇÃO BIOFÍSICA DO MUNICÍPIO DE MANACAPURU	50
5.1.1	Geomorfologia	50
5.1.2	Geologia	56
5.1.3	Hidrografia.....	58
5.1.3.1	<i>Rede de drenagem.....</i>	60
5.1.4	Solos	61
5.1.5	Vegetação	65
5.1.6	Unidades de Conservação	68
5.2	ESTUDO MULTITEMPORAL DE USO E COBERTURA DA TERRA	71
5.2.1	Processamentos para Extração de Informações	71
5.2.2	Segmentação e classificação supervisionada por Regiões - <i>Bhattacharya</i>	71
5.2.3	Avaliação da Classificação.....	72
5.2.4	Dinâmica temporal de Uso e Cobertura da Terra referente aos anos 1997, 2003 e 2011.....	75
5.2.5	Delimitação das Áreas de Preservação Permanentes – APPs.....	81
5.2.5.1	<i>Conflitos de uso da terra</i>	82
5.3	VULNERABILIDADE A EROSÃO DOS SOLOS	84
6	CONCLUSÕES.....	90
7	BIBLIOGRAFIA	92
	APÊNDICES	100

1. INTRODUÇÃO

Historicamente a ocupação e o uso do solo pelo homem têm demandado maior exploração dos recursos naturais e em consequência maiores níveis de intervenção e impactos negativos no solo, água e ar (CAMPOS, 2004).

Na região Amazônica as modificações na cobertura da terra têm se tornado mais intensas, e tais modificações estão relacionadas ao crescimento demográfico na região. Segundo Margulis (2003) esse processo intensificou-se no início da década de 1990, por meio da expansão da pecuária, exploração seletiva de madeira e utilização da agricultura mecanizada, o que gerou um aumento significativo do desflorestamento na região.

De acordo com Alves (2002), em 1970 ocorreu um aumento de 10 milhões de hectares na área desflorestada da Amazônia Legal brasileira, para aproximadamente 59 milhões de hectares (590 mil km²) em 2000, correspondendo a 14% da floresta original.

A questão de mudanças nos padrões de uso e cobertura do solo tem despertado interesse, dentro e fora do meio científico, e isso se deve ao acelerado processo de mudança das últimas décadas e aos possíveis impactos ambientais e socioeconômicos causados por essas mudanças.

Segundo Campos (2004), as atividades desenvolvidas diretamente sobre os solos, como o desflorestamento, o uso intensivo para atividade agrícola, o superpastoreio e as queimadas, podem provocar o desaparecimento de diversas espécies, em nível local ou até mesmo em grandes áreas, com repercussões às vezes irreversíveis.

Desse modo, o estudo para conhecimento de tais alterações no ambiente originadas pela atuação humana permite uma melhor visão dos problemas resultante dessa intervenção, e consequentemente pode contribuir para gestão dos recursos naturais existentes e partir de então é possível planejar uma política de uso racional do solo adequada para realidade de um determinado local, possibilitando o desenvolvimento socioeconômico, visando à

sustentabilidade dos recursos naturais, respeitando a capacidade suporte do meio ambiente aos impactos antrópicos.

Manacapuru, área de estudo dessa pesquisa, é um município brasileiro do estado do Amazonas. Pertencente à Mesorregião do Centro Amazonense e Microrregião de Manaus, localiza-se a sul de Manaus, capital do estado, distanciando desta cerca de 84 quilômetros. Ocupa uma área de 7.330,066 km² e sua população, contada pelo IBGE em 2010, era de 85.144 habitantes, sendo assim o quarto município mais populoso do estado do Amazonas. Juntamente com outros sete municípios, integra a Região Metropolitana de Manaus, a maior região metropolitana brasileira em área territorial e a mais populosa da Região Norte do Brasil. De acordo com a Confederação Nacional dos Municípios - CNM, sua área representa 0,47 % da área do estado do Amazonas, 0,19 % da Região Norte e 0,09 % de todo o território brasileiro.

Em Manacapuru, há um grande potencial aquático, florístico e faunístico em seu território. Foi o primeiro município do Amazonas a ter em sua área territorial um Sistema Municipal de Unidade de Conservação (SMUC), fazendo parte deste sistema a Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Piranha, a Área de Proteção Ambiental do Miriti, além dos Lagos de Manutenção: Paru e Calado. A vegetação da localidade caracteriza-se em quase sua totalidade por áreas de várzea e terra firme, do qual recebe intensa influência (PMM, 2011).

O conhecimento das questões ambientais de uma área é indispensável para a elaboração e gestão de políticas públicas que auxiliarão na redução do percentual de evasão rural, além de viabilizar uma nova concepção de ocupação e uso do solo.

Nesse sentido, a presente pesquisa tem como objetivos específicos: Caracterizar os aspectos biofísicos buscando conhecer e analisar as características físicas e biológicas da área de estudo; Estudar a dinâmica temporal do uso e cobertura do solo dos anos 1997, 2003 e

2011; e Elaborar um mapa de vulnerabilidade à erosão natural dos solos do município, objetivando gerar subsídios à elaboração do zoneamento ambiental do município.

Espera-se que esse estudo possa contribuir na formulação de políticas públicas capazes de amenizar os impactos causados com o processo de ocupação no interior da área do município.

1.1 PRESUPOSTO DA PESQUISA

Pressupõe-se que, por meio do estudo biofísico e análise multitemporal do ambiente com o auxílio de ferramentas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas – SIG, será possível conhecer a dinâmica do processo de ocupação humana e elaborar um mapa de vulnerabilidade à erosão natural dos solos para o Município de Manacapuru.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar os aspectos biofísicos e estudar a dinâmica de uso e cobertura da terra, visando a elaboração do mapa de vulnerabilidade natural à erosão dos solos, utilizando ferramentas geotecnológicas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os aspectos biofísicos do município de Manacapuru, para conhecer e analisar as características físicas e biológicas da área;
- Estudar a dinâmica multitemporal do uso e cobertura da terra referente aos anos 1997, 2003 e 2011;
- Elaborar um mapa de vulnerabilidade à erosão natural dos solos, objetivando gerar subsídio ao futuro zoneamento ambiental do município.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 SENSORIAMENTO REMOTO

Novo (1992) utiliza o seguinte conceito: “Sensoriamento Remoto é a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações”.

Lillesand & Kiefer (1994) utilizam a seguinte definição: “Sensoriamento Remoto é a ciência ou a arte de obter determinadas informações sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise obtida por um aparelho que não esteja em contato com o objeto, área ou fenômeno sob investigação”.

Florenzano (2002) define sensoriamento remoto como sendo a tecnologia que permite a coleta de informações sobre um objeto, uma área ou fenômeno por meio da captação da energia eletromagnética refletida ou emitida pela superfície desse alvo sem que haja o contato direto entre o sensor e o alvo.

Um dos pontos concordantes entre todos os estudiosos de sensoriamento remoto é que esta técnica utiliza-se da radiação eletromagnética (REM) para a obtenção da informação. Esta radiação é definida por Novo (1992) como “uma propagação de energia, por meio de variação temporal dos campos elétrico e magnético, da onda portadora”.

A completa faixa de comprimentos de onda e de frequência da REM é chamada de espectro eletromagnético. Este espectro varia desde as radiações gama com comprimentos de onda da ordem de 10^{-6} μm , até as ondas de rádio da ordem de 100 m (NOVO, 1992).

O sol é a principal fonte natural de radiação eletromagnética disponível para sensoriamento remoto, mas a Terra também é considerada uma importante fonte natural de radiação eletromagnética (FLORENZANO, 2002).

A REM interage com os alvos na superfície terrestre que não só a refletem como também absorvem em distintas proporções, e em alguns casos esses alvos também emitem sua própria energia eletromagnética. O conhecimento dessas características próprias de cada alvo é o que permite ao usuário do sensoriamento remoto inferir conclusões a respeito da área, objeto ou fenômeno analisado remotamente (MOREIRA, 2005).

3.1.1 Sensoriamento Remoto Aplicado ao Uso do Solo e Cobertura Vegetal

De acordo com Assad e Sano (1998) o monitoramento da paisagem de uma dada região é fator primordial no planejamento racional de utilização da terra, face principalmente a velocidade de ocupação do espaço físico e ao pouco conhecimento dos recursos naturais nela existentes. Diante desse quadro, os produtos de sensoriamento remoto orbital têm sido importantes não só na aquisição primária de informações como no inventário e gerenciamento da paisagem agroflorestal em países de dimensões continentais, como o Brasil.

Ao longo das últimas décadas os dados de sensoriamento remoto têm sido utilizados para o mapeamento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal Natural de forma eficiente. Além disso, tem se multiplicado os softwares para processamento digital de imagens, facilitando assim, o uso das imagens de satélite (BRITO & PRUDENTE, 2005).

Uma das vantagens de se utilizar o sensoriamento remoto para interpretação do Uso e Cobertura do Solo é que as informações podem ser utilizadas devido à característica de repetitividade de aquisição das imagens.

Nesse sentido, de acordo com Rosa (2003), os sistemas de sensoriamento remoto hoje disponíveis, permitem a aquisição de dados de forma global, confiável, rápida e repetitiva, sendo estes dados de grande importância para o levantamento, mapeamento e utilização das informações de uso e ocupação do solo de uma dada região.

Um modo de verificar a adequação do uso da terra é o confronto do uso atual com as classes de capacidade de uso, semelhante aos estudos efetuados por Formaggio et al. (1992) e

Silva et al. (1993). Neste contexto, Vasconcelos & Filho (2010) apontam que a tecnologia de sensoriamento remoto tem contribuído significativamente para melhorar a qualidade das informações, principalmente quanto ao dimensionamento das áreas ocupadas pelas coberturas vegetais, sejam naturais ou estabelecidas pelo homem e a determinação de sua distribuição geográfica.

O seu uso ajuda a identificar diferentes alvos relativos à cobertura vegetal e, ou, ao uso do solo, submetendo-se a imagem de satélite a um processo de classificação multiespectral, além disso, segundo Di Gregorio (2004), o monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal através de dados de sensores remotos permite criar subsídios para a identificação de uma série de problemas ambientais decorrentes da mudança da paisagem.

A configuração espacial dos diferentes elementos que compõem uma paisagem (habitat e tipos de uso) e suas mudanças através do tempo pode ser atribuída a uma combinação entre desenvolvimento ambiental e a influência humana (DUNN, et al. 1991). O entendimento desses aspectos espacial e temporal na dinâmica de uma paisagem é de fundamental importância para oferecer subsídios para o planejamento territorial de forma sustentável, além do conhecimento da evolução da cobertura vegetal.

3.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Para Costa (2001), o uso de sistemas de informações geográficas (SIG) tem crescido drasticamente tornando-se comum em empresas, universidades, governos e em avaliação e monitoramento dos recursos naturais, apresentando as mais diversas aplicações. Conseqüentemente, diferentes definições e denominações têm sido dadas ao SIG.

Câmara & Medeiros (1996) relata que o termo Sistema de Informações Geográficas (SIG) é aplicado para sistemas que realizam tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também, através de sua localização espacial. Oferecem ao administrador (urbanista,

planejador, engenheiro) uma visão inédita de seu ambiente de trabalho e de todas as informações disponíveis sobre determinado assunto e localização geográfica. Para que isso seja possível, a geometria e os atributos dos dados num SIG devem estar georreferenciados, isto é, localizadas na superfície terrestre e representadas numa projeção cartográfica.

De acordo com isso, Goodchild & Rhind (1990) afirmam que a habilidade de um sistema de informações geográficas para a análise espacial de dados é frequentemente vista como um elemento chave na sua definição, e tem sido utilizada como uma característica a qual distingue o SIG de sistemas cujo objetivo primário é a produção de cartas.

Por sua vez, Câmara & Meireles (1996) considera que a estrutura básica de um SIG é constituída por quatro componentes principais:

- a) Entrada de dados: feita a partir de várias fontes, entre as quais dados vetoriais e matriciais (*raster*), provenientes de fotos aéreas, dados alfanuméricos georeferenciados em papel ou formato digital e dados provenientes de imagens *raster* (imagens de satélite);
- b) Gerenciamento de dados: este sistema é conhecido como SGBD sistemas gerenciadores de banco de dados, ou DBMS - "data base management system". Quanto ao modelo de armazenamento e busca de informações, os SGBD são classificados em: sequencial, hierárquico, de rede, relacional e orientado a objetos;
- c) Manipulação e análise de dados: a análise de dados geográficos utiliza técnicas de processamento que lidam com estruturas tanto do tipo matricial quanto vetorial;
- d) Saída: inclui programas para exibição de mapas, gráficos e informações alfanuméricas em impressora, tela do computador, traçador gráfico, unidades de disco magnético, disquetes, entre outros.

Um Sistema de Informação Geográfica é constituído por um conjunto de módulos computacionais destinados à aquisição, armazenamento, recuperação, transformação e saída

de dados espacialmente distribuídos. Estes dados geográficos descrevem objetos do mundo real sob três aspectos:

(a) Seu posicionamento com relação a um sistema de coordenadas; (b) Seus atributos, e (c) As relações topológicas existentes. Deste modo, é possível trabalhar com dados dos quais se conhecem a posição geográfica, o valor da característica naquele ponto e a sua estrutura de relacionamento espacial, tais como: vizinhança, proximidade e pertinência entre objetos geográficos. Por isso, um SIG pode ser utilizado em estudos relativos ao meio ambiente, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo real (BURROUGH, 1986).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Manacapuru está localizado na 7ª sub-região no médio rio Amazonas. Sua sede municipal encontra-se à margem esquerda do Rio Solimões na confluência com a foz do pequeno rio que dá nome ao município, localizada nas coordenadas $60^{\circ} 36' 55,378''$ Oeste e $3^{\circ} 17' 23,003''$ Sul. Sua área territorial é de $7.330,066 \text{ km}^2$ (IBGE, 2010). Os municípios limítrofes são: ao norte, Novo Airão e Iranduba; ao sul, Beruri; a leste Manaquiri e Careiro da Várzea; e a oeste Anamá e Caapiranga, (Figura 1).

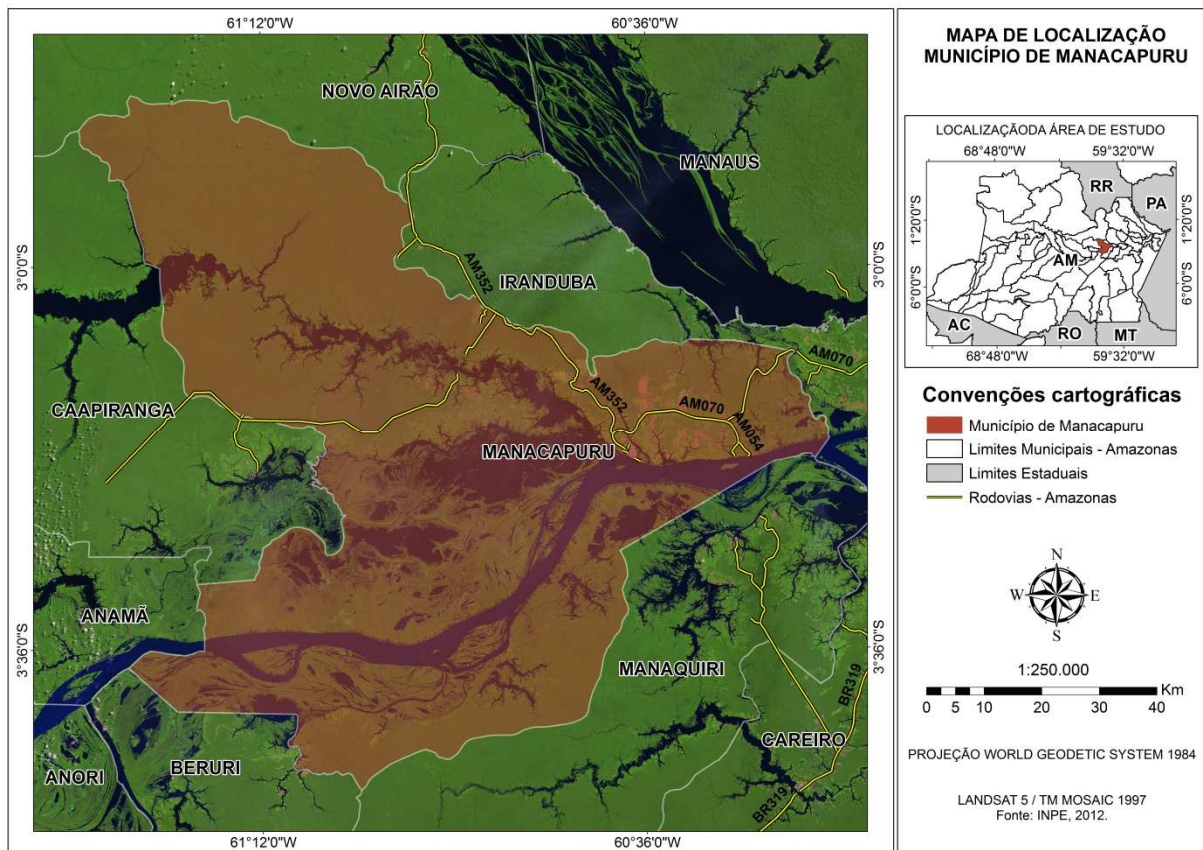


Figura 1. Localização da área de estudo: Município de Manacapuru.

4.1.1 Clima

O clima da região na área de estudo, de acordo com a classificação de *Koppen*, é do tipo AM, Equatorial Quente e Úmido com estação seca, sendo classificado como AW (A = climas tropicais chuvosos, W = de verão).

D'Antona et al, 2007, descreve que o período mais chuvoso (inverno) compreende aos meses de dezembro a maio, enquanto o período de seca (vazante dos rios - chove menos), aos meses de julho a novembro. Nos meses de julho e agosto o índice pluviométrico geralmente é inferior a 60 mm.

Segundo o mesmo autor, o regime térmico observado em todos os meses do ano, apresenta uma oscilação de 5°C, com temperatura média de 26,7°C chegando ao pico de 38/40°C em agosto/setembro. A umidade relativa do ar apresenta uma média mensal de 84%, com oscilação de 77 a 88%.

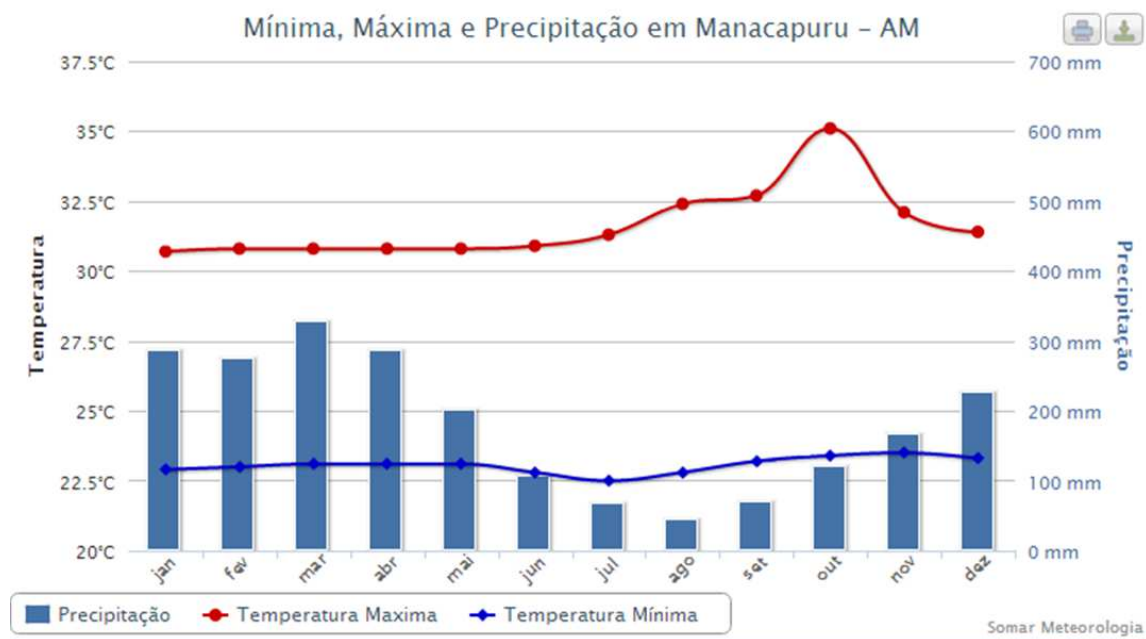


Figura 2. Dados climatológicos - média do período entre 1961 e 1990.

Fonte: Tempo agora.

4.2 MATERIAIS

Os materiais utilizados consistiram de dados vetoriais, dados matriciais, dados históricos de pluviometria da área e aplicativos operacionais.

4.2.1 Dados Vetoriais

- Arquivos vetoriais de Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação, Hidrografia e Rodovias do Estado do Amazonas, disponibilizados pelo Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM;
- Arquivos vetoriais de Unidades de Conservação estadual, disponibilizado pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Amazonas – SDS-AM;
- Arquivos vetoriais da área de estudo (limite do município, sede e etc.), base vetorial do RADAMBRASIL - IBGE;

4.2.2 Dados Matriciais

- a) Imagem da *Shuttle Radar Topographic Mission* - SRTM (Topodata);

As imagens SRTM foram utilizadas para extração do Modelo Digital de Elevação (MDE) que pertence aos conjuntos de arquivos do TOPODATA (Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil), cenas 02S615 e 03S615, produzidos ao longo do processamento dos dados *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), arquivos refinados da resolução espacial original de 3 arco-segundos (~90m) para 1 arco-segundo (~30m) por krigagem (VALERIANO & ROSSETTI, 2010), disponível no endereço eletrônico <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>.

- b) Imagem do Satélite LANDSAT 5 (Sensor TM);

Foram utilizadas as cenas da órbita/ponto 231/062 e 063; 232/062, referente aos anos de 1997, 2003 e 2011 (Tabela 1), bandas TM5 (Infravermelho Médio), TM4 (Infravermelho Próximo) e TM3 (Vermelho), respectivamente. As imagens sensor *Thematic Mapper* (TM) / Satélite Landsat 5, possuem resolução espacial de 30 metros. Estas imagens estão disponíveis no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. As imagens foram selecionadas considerando o menor percentual de nuvens e a menor temporalidade entre as cenas de mesmo ano.

Tabela 1: Imagens do sensor TM, Landsat-5 utilizadas e respectivas datas.

Órbita/Ponto	Dia/Mês	Ano
231/062	21 de junho	1997
231/063	07 de julho	
232/062	30 de julho	
231/062	24 de julho	2003
231/063	09 de agosto	
232/062	29 de junho	
231/062	31 de agosto	2011
231/063	31 de agosto	
232/062	07 de setembro	

c) Imagens ortho GLCS

As imagens ortho *Global Land Cover facility* - GLCS 2005, sensor TM/Landsat 5, foram utilizadas como base para o georreferenciamento. Estas estão disponíveis no endereço eletrônico <<http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>.

4.2.3 Dados de hidrologia

Foram utilizados dados hidrológicos referentes à pluviometria e fluviometria do município de Manacapuru. Trata-se de séries históricas obtidas através do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas. Estes dados estão disponíveis em banco de dados ACCESS, no site “*HidroWeb*”. O período foi definido de acordo com a disponibilidade de dados em relação às estações de coletas próximas ao município de Manacapuru, listadas na Tabela 2. Os dados foram tratados três estações, onde as falhas de preenchimento de dados fossem pequenas. A seguir mostra o período de dados disponível em cada estação e o período que foi considerado no presente estudo.

Tabela 2. Dados pluviométricos para o município de Manacapuru.

Estação	Código	Responsável	Município	Operadora	Série Utilizada
MANACAPURU	360001	ANA	Manacapuru	CPRM	1980 - 2011
BELA VISTA	360002	INMET	Manacapuru	INMET	1980 - 2011
BERURI	361000	ANA	Manacapuru	CPRM	1980 - 2011

Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA.

4.2.4 Programas e aplicativos operacionais

Com relação aos materiais utilizados, podem ser elencados:

- SPRING 5.1.8 e 5.2.1– Manipulação, armazenamento, análise em LEGAL.
- IMPIMA 5.1.8 – Módulo de conversão de imagens para o formato do Spring.
- ArcGis 9.3 – Extração de rede de drenagem e layout de mapas.
- Sistema Operacional Windows 7;
- Microsoft Office 2007.

4.3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A abordagem metodológica consistiu de quatro fases. A primeira refere-se à estruturação e atualização da base cartográfica para caracterização dos aspectos biofísicos da área de estudo. A segunda fase consistiu na análise multitemporal das imagens de satélite buscando identificar as mudanças de uso e cobertura da terra no município de Manacapuru referente aos anos 1997, 2003 e 2011. A terceira fase foi realizada a análise, cruzamento dos dados para gerar o mapa de vulnerabilidade à erosão natural dos solos. Na quarta e última a elaboração dos mapas temáticos.

4.3.1 Estruturação e atualização da base cartográfica

Essa etapa consistiu de dois momentos distintos. No primeiro momento houve o levantamento dos dados disponíveis e no segundo momento o processamento desses dados e seu armazenamento estruturado em banco de dados geográfico.

4.3.1.1 Levantamento dos dados

Esta fase compreendeu a triagem das informações geoespaciais da área de estudo necessárias à pesquisa. Da base de dados do Sistema de Projeção de Proteção da Amazônia – SIPAM foram adquiridos os dados cartográficos digital de classes de solos, geologia,

geomorfologia, vegetação, limite municipal, rede viária e hidrografia. Nesta fase foram adquiridas as imagens Landsat e Imagens SRTM Topodata.

4.3.1.2 Processamento dos dados

Nesta fase, o primeiro passo foi a criação de um banco de dados em ambiente SPRING, em seguida a definição do Projeto, sendo este delimitado de acordo com os limites de uma imagem de referencia da área do município de Manacapuru importada para o banco. O limite geográfico do projeto ficou estabelecido nas seguintes coordenadas: canto inferior esquerdo (Longitude oeste 61° 29' 0.11"; Latitude: sul 3° 49' 20.04") e canto superior direito (Longitude oeste 60° 18' 41.98"; Latitude: sul 2° 43' 49.27"). Sistema de projeção UTM (*Universal Transverse Mercator*), zona 20 Sul e Datum Horizontal WGS 84 (*World Geodetic System 1984*).

Foram importados para o projeto os dados matriciais e vetoriais, e para cada tema foram criados Planos de Informação (PIs) onde foram armazenados seus respectivos dados. O procedimento seguinte foi o recorte dos PIs utilizando o limite do município como máscara.

4.3.1.3 Mapas temáticos a partir do Modelo Digital de Elevação

Para compor a caracterização dos aspectos biofísicos do município de Manacapuru, foi necessária a geração dos mapas temáticos de hipsometria, declividade e rede de drenagem.

Os dados SRTM foram utilizados para gerar os mapas de hipsometria, declividade e rede de drenagem.

O mapa de hipsometria foi gerado a partir de isolinhas traçadas em equidistância de 10 em 10 metros, sendo a elevação do relevo variando de 0 a 100 metros.

O mapa de declividade foi gerado em consonância com o Sistema Brasileiro de Levantamento e Classificação de Solos (Embrapa, 2006), definidas em sete classes de declividade, a saber: relevo plano (0 a 3 %), suave ondulado (3 a 8 %), moderadamente

ondulado (8 a 13 %), ondulado (13 a 20 %), forte ondulado (20 a 45 %) e montanhoso (45 a 75 %). Cota para área do município variando de 0 a 55% de declividade.

O mapa de rede de drenagem foi obtido utilizando a ferramenta *Spatial Analyst Tools* > *Hydrology* do programa ArcGis, 9.3, de acordo com a metodologia descrita por Andrades Filho et al (2009), Medeiros *et. al* (2009) e Caetano & Pacheco (2009). Na etapa correspondente ao cálculo de direção de fluxo, foi adotado o limiar no valor de 500 *pixels* que proporcionou a categorização de rios na área de estudo até a 7ª ordem.

O padrão adotado para essa categorização foi proposto por Strahler (1957), onde os rios são classificados em ordens de acordo com o número de tributários que recebe (Figura 3). Horton (1945), citado por Strahler (1957), apresenta a metodologia para o cálculo da densidade de drenagem que serve para avaliar o grau de evolução do sistema de drenagem ao indicar a velocidade que a água deixa esse sistema. A seguinte fórmula é utilizada para o cálculo:

$$Dd = \frac{\Sigma L}{A} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde, Dd é a densidade de drenagem (km/km²), ΣL é o total do comprimento de todos os canais (km) e A é a área de drenagem (km²).

Strahler (1957) propôs a seguinte classificação para os valores obtidos de densidade de drenagem:

Baixa: <5,0 km/km²

Média: 5,0 a 13,5 km/km²

Alta: 13,5 a 155,5 km/km²

Muito alta: 155,5 km/km²

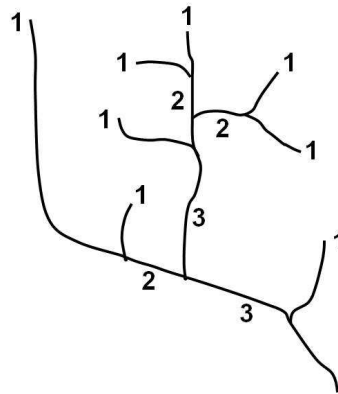


Figura 3. Hierarquia dos rios, método Strahler (1957).

Fonte: Adaptado de Strahler (1957)

4.3.1.4 Mapeamento das Áreas de Proteção Permanentes

O mapeamento das áreas de proteção permanente se concentrou nas áreas marginais dos rios, igarapés e lagos. Essa etapa do mapeamento consistiu de quatro momentos distintos: obtenção da rede de drenagem a partir do MDE, vetorização dos corpos d'água, mapeamento das nascentes e aplicação dos *buffers* correspondentes às áreas de preservação.

Obtido a rede de drenagem o passo seguinte foi mapear todas as nascentes existentes, ou seja, identificar em cada curso d'água de 1ª ordem qual seu ponto de origem. Esses locais foram identificados como nascentes e atribuídos a eles um ponto.

Os corpos d'água foram digitalizados utilizando o método *heads-up* (vetorização manual), observando os elementos de interpretação visual de imagens tais como, tonalidade/cor, textura, forma, sombra, altura, padrão e localização a partir da imagem Landsat-5, referente ao ano de 2011.

Esses corpos d'água passaram por um processo de ordenamento que buscou categorizá-los conforme as faixas de áreas de preservação permanente previstas no Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.

Posteriormente foram atribuídas distâncias conforme a categorização atribuída, ao final, foram agregados em um único arquivo vetorial. Após a exclusão das áreas sobrepostas, foi gerado um mapa com todas as áreas de preservação permanente.

4.3.1.4.1 Identificação dos conflitos de uso

De posse dos dados de uso da terra e das áreas de preservação permanente, por meio da tabulação cruzada, foi possível identificar e quantificar as áreas que apresentam conflito quanto ao uso frente à legislação, bem como a evolução desses cenários no período estudado. Na figura 3 pode-se visualizar o fluxograma para essa etapa da pesquisa.

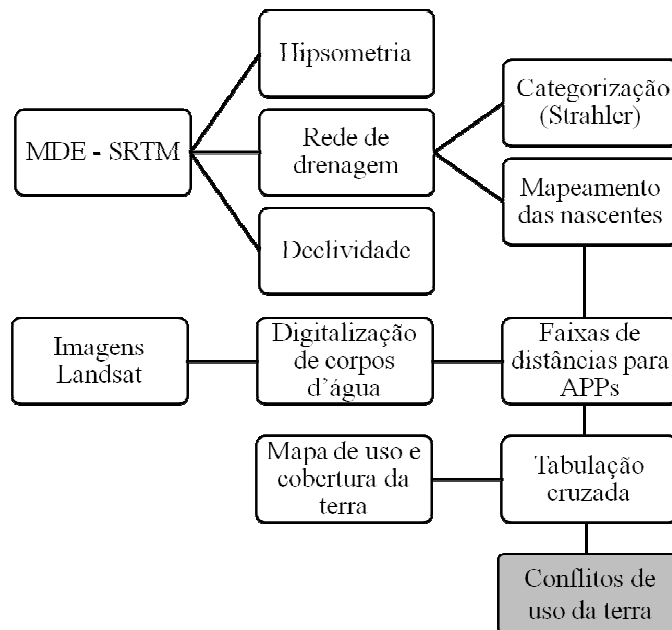


Figura 4. Fluxograma com etapas para obtenção das áreas de conflitos de uso da terra.

4.3.1.5 Caracterização dos aspectos biofísicos

A caracterização dos aspectos biofísicos de Manacapuru foi realizada a partir do conjunto de dados obtidos da área. Por meio da elaboração dos mapas, foi realizada a quantificação das classes pertencentes a cada Plano de Informação e distribuição destas na área de estudo, sendo assim possível realizar a caracterização individual a cada tema.

4.3.2 Estudo multitemporal de uso do e cobertura da terra no município de Manacapuru – AM, referente aos anos 1997, 2003 e 2011.

A metodologia adotada para este trabalho foi desenvolvida basicamente considerando-se as seguintes etapas: Seleção e aquisição das imagens; Processamento Digital de Imagens TM/Landsat; Processamento para extração de informações e Elaboração dos mapas temáticos. Na Figura 5 é apresentado o fluxograma para esta etapa da pesquisa.

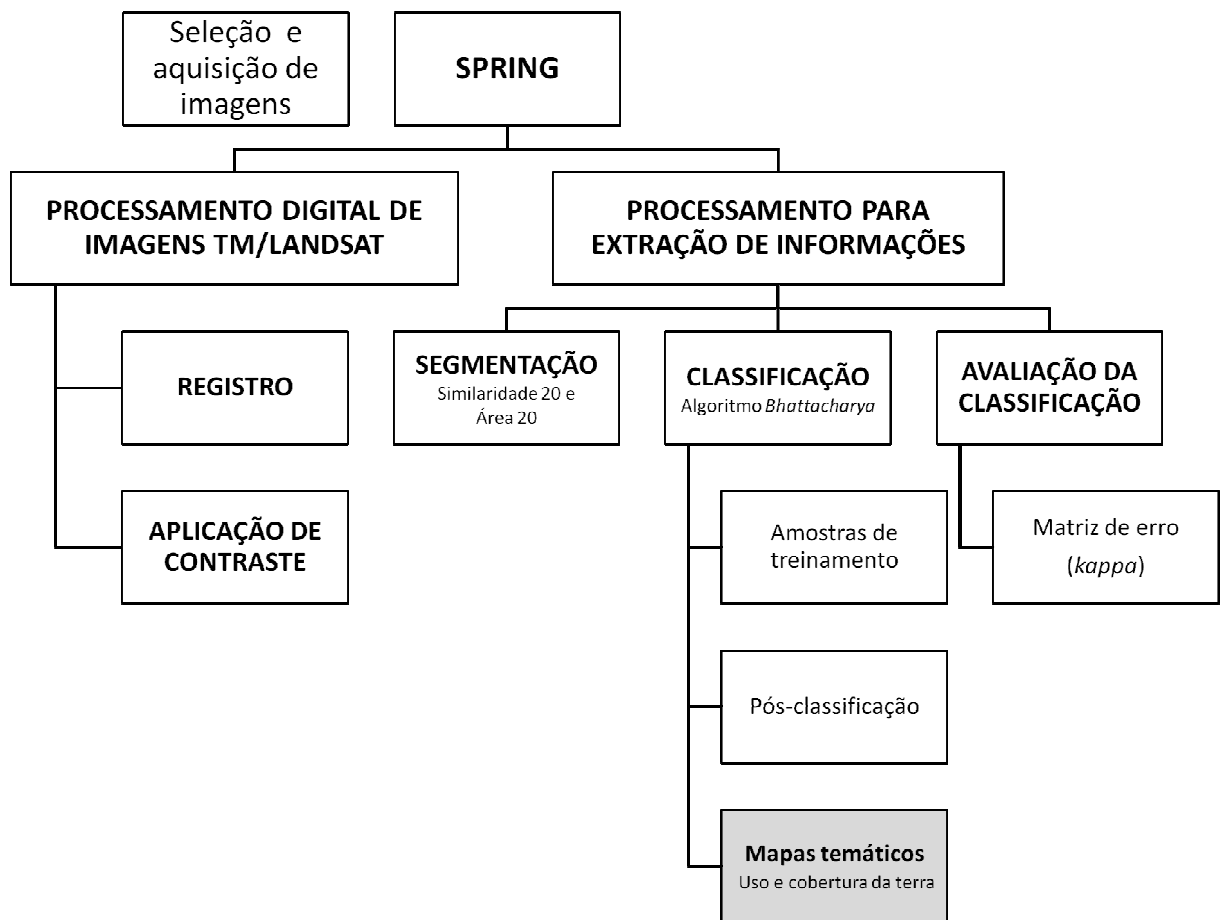


Figura 5. Fluxograma esquematizando a etapa do processamento digital para elaboração dos mapas de uso do solo e cobertura vegetal

4.3.2.1 Seleção e Aquisição das imagens

As cenas do sensor TM/Landsat-5 que cobrem a área do município de Manacapuru, foram selecionadas considerando o menor percentual de nuvens e a menor temporalidade

entre as cenas. Foi realizado o *download* das Bandas 3, 4 e 5, correspondentes às faixas do vermelho, Infravermelho próximo e Infravermelho médio do espectro eletromagnético.

4.3.2.2 *Processamento Digital de Imagens TM/Landsat*

As técnicas de processamento digital de imagens visam auxiliar a obtenção de informações sobre a discriminação espectral dos alvos de interesse. O trabalho foi realizado utilizando o SPRING, constituindo-se de duas fases principais: a primeira, de pré-processamento das imagens, que abrangeu as correções geométricas, e a segunda fase que consistiu da extração de informações, abrangendo a segmentação e a classificação das imagens.

4.3.2.2.1 **Pré-processamento**

As técnicas de pré-processamento visam processar os dados digitais de sensoriamento remoto com o objetivo de obter uma imagem de melhor qualidade, atenuando as anomalias, seja na sua localização, seja nos seus níveis de cinza. O pré-processamento das imagens utilizadas consistiu na retificação geométrica e manipulação do histograma das imagens.

A retificação geométrica dos dados do sensor TM – Landsat-5, visa compensar ou corrigir os erros causados pelo movimento do satélite (varredura) em relação à Terra, assim como os efeitos panorâmicos (efeitos causados nos tamanhos dos *pixel* coletados em varredura fora do nadir). A retificação pode ser feita de forma específica, ou seja, aplicando modelos matemáticos para a correção específica do tipo de fonte de erro, ou através do relacionamento matemático entre a localização do *pixel* e a coordenada deste ponto em um sistema de coordenadas geográficas (RICHARDS, 1995).

O ajustamento foi feito mediante o reconhecimento de pontos de controle na imagem, via tela do monitor, ajustando-se as imagens Landsat (Imagens de ajuste) às imagens ortho *Global Land Cover facility* - GLCS 2005 do sensor TM – Landsat-5 (Imagens de referência),

por meio de pontos de controle devidamente identificados nas imagens referência e posteriormente na imagem de ajuste. A escolha dos pontos de controle foi realizada distribuindo-se os mesmos de forma uniforme ao longo da imagem e tentou-se obter um ajuste com erro menor que um pixel da imagem. Após este processo, as cenas foram recortadas utilizando-se como máscara o limite do município e realizando-se o mosaico dos três recortes obtidos.

Com o objetivo de aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem, já que a manipulação do contraste consiste numa transferência radiométrica em cada *pixel* (INPE, 2010), as imagens tiveram seu histograma ajustado com aplicação de contraste nos canais referentes às bandas do sensor TM (vermelho, verde e azul).

4.3.2.3 Processamentos para Extração de Informações

4.3.2.3.1 Segmentação

A segmentação de imagem é um procedimento adotado antes da fase de classificação, na tentativa de solucionar o problema da subjetividade do treinamento na classificação supervisionada, a qual se baseia nos procedimentos de análise dos *pixels*. Através deste procedimento, a imagem é dividida em regiões espectralmente homogêneas, onde algumas dessas áreas são utilizadas como treinamento do classificador. Segundo Moreira (2001), os processos utilizados para dividir a imagem, em regiões espectralmente homogêneas, disponíveis no SPRING são três: a) crescimento de regiões; b) detecção de bordas e 3) combinação das outras duas.

Para áreas agrícolas e áreas de vegetação natural, como na região amazônica, o segmentador utilizado é o crescimento de regiões (Ribeiro, 2002).

A segmentação por crescimento de regiões é uma técnica em que somente as regiões espacialmente adjacentes são agrupadas segundo algum critério de similaridade (DAINESE,

2001). Logo, o procedimento de segmentação exige que o analista forneça dois tipos de limiares: o limiar de Similaridade e de Área.

Através do algoritmo de segmentação por crescimento de regiões implementado no SPRING, foram segmentados os mosaicos referentes aos anos estudados neste trabalho. Apesar de terem sido testadas várias combinações de limiares de similaridade e de área em cada uma das datas de imagens, um limiar foi determinado para todas as datas, sendo 20 para a similaridade e 20 para a área de *pixel*. Estes limiares foram definidos levando-se em conta a complexidade dos delineamentos temáticos, procurando se assim conservar a fidelidade dos contornos para uma determinada escala de trabalho. Segundo Lorena (2001), o limiar de similaridade refere-se ao valor mínimo de Distância Euclidiana entre duas regiões, estabelecido entre ambas, de modo que as mesmas possam ser consideradas similares. O limiar de área indica a área mínima, dada em número de pixels, para que uma região seja individualizada.

4.3.2.3.2 Classificação

A classificação de imagens digitais consiste em identificar, os diferentes alvos, fenômenos ou feições que apresentam padrões espectrais similares e atribuí-los a uma determinada classe.

Para o processo de classificação existem duas abordagens que podem ou não envolver a fase de treinamento, na qual o usuário fornece as amostras que servirão de base para a classificação. A primeira abordagem é denominada de classificação não supervisionada, a qual requer uma quantidade mínima de parâmetros iniciais do usuário e o próprio algoritmo decide em quantas classes devem ser separadas e quais as regiões que pertencem a cada uma. Este tipo de classificação é indicado quando não se tem um conhecimento prévio da área (Crósta, 1992). A segunda abordagem denomina-se Classificação Supervisionada, a qual

requer amostras de treinamento fornecidas pelo usuário e requer, portanto, um conhecimento prévio da área a ser classificada. Para este estudo, como já havia um conhecimento prévio da área, foi utilizado o algoritmo de classificação supervisionada por região *Bhattacharyya*, que considera os segmentos criados previamente pelo processo de segmentação, nas bandas originais TM 5, 4 e 3 de todas as datas.

A classificação supervisionada envolve duas fases distintas: uma de treinamento e a outra constitui a própria classificação. A fase de treinamento consiste em apresentar, para o sistema, um conjunto de *pixels* representativos de cada classe de ocupação do solo na imagem a ser classificada (MOREIRA, 2005).

A escolha das áreas de treinamento foi realizada a partir do conhecimento prévio da área. Para fazer a classificação, neste trabalho, foi realizada a coleta de 20 a 30 amostras, fundamentada no reconhecimento dos padrões de comportamento espectrais das diferentes classes na imagem, como cor, textura e rugosidade de cada alvo.

A classificação digital foi conseguida pelo algoritmo classificador de regiões *Bhattacharya* com aceitação de 99,9% para as amostras de cada classe criada. A medida de distância de *Bhattacharya* foi utilizada neste classificador por regiões para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais. As classes definidas foram: Floresta, Floresta Secundária, Solo Exposto, Culturas Agrícolas e Água.

A pós-classificação foi realizada, com o objetivo de uniformizar os temas, ou seja, eliminar pontos isolados, classificados diferentemente de sua vizinhança. Com isto, gerou-se uma imagem classificada com aparência menos ruidosa. Os parâmetros utilizados foi filtro mediana janela 3x3.

Após o procedimento de pós-classificação fez-se o mapeamento cujo objetivo foi associar classes temáticas obtidas na classificação, a um determinado uso e ocupação do solo.

4.3.2.3.3 Avaliação da Classificação

O método utilizado para medir a exatidão a partir da matriz de erro foi o coeficiente de concordância de *Kappa*. Segundo Landis e Koch (1977) a avaliação a partir do coeficiente de *Kappa* pode ser realizada com base nos valores apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Classificação do coeficiente de concordância de *Kappa* para avaliação de exatidão da classificação, segundo Landis e Koch (1977).

Coeficiente <i>Kappa</i>	Exatidão
< 0	Péssima
0 – 0,2	Ruim
0,21 – 0,4	Razoável
0,41 – 0,6	Moderada/Boa
0,61 – 0,8	Muito boa
0,81 – 1,0	Excelente

A estimativa de *Kappa* (k) expressa a medida da diferença entre a concordância dos dados de referência e a classificação automática, e a probabilidade de concordância entre os dados de referência e a classificação aleatória. Conceitualmente, o índice *kappa* pode ser definido como:

$$\hat{k} = \frac{n \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{n^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

n = número de observações;

x_{ii} = diagonal principal da matriz;

r = número de linhas da matriz;

x_{i+} e x_{+i} = total marginal das colunas e linhas, respectivamente.

O número de pontos para validação foi obtido em campo de acordo com as classes estudadas via GPS, resultando um total de 100 amostras (Tabela 4).

Tabela 4. Número de amostras para validação da classificação.

Classe temática	Nº de amostras
Floresta	30
Solo Exposto	20
Floresta Secundária	20

Culturas Agrícolas	20
Água	10
TOTAL	100

4.3.3 Mapeamento da vulnerabilidade à erosão do solo no município de Manacapuru

O procedimento metodológico adotado nesta etapa, foi elaborado baseado na metodologia aplicada por Valles (1999), a metodologia proposta por Crepani et al (2001) para elaboração de ZEE e Ribeiro (2002), utilizando-se de bases cartográficas e dados históricos da pluviometria da área de estudo. As bases cartográficas do estudo são as Cartas Temáticas do Projeto RADAMBRASIL, em escala 1:250.000, disponibilizadas pelo Sistema de Proteção da Amazônia.

A metodologia utilizada está apresentada na Figura 6 e será detalhada a seguir.

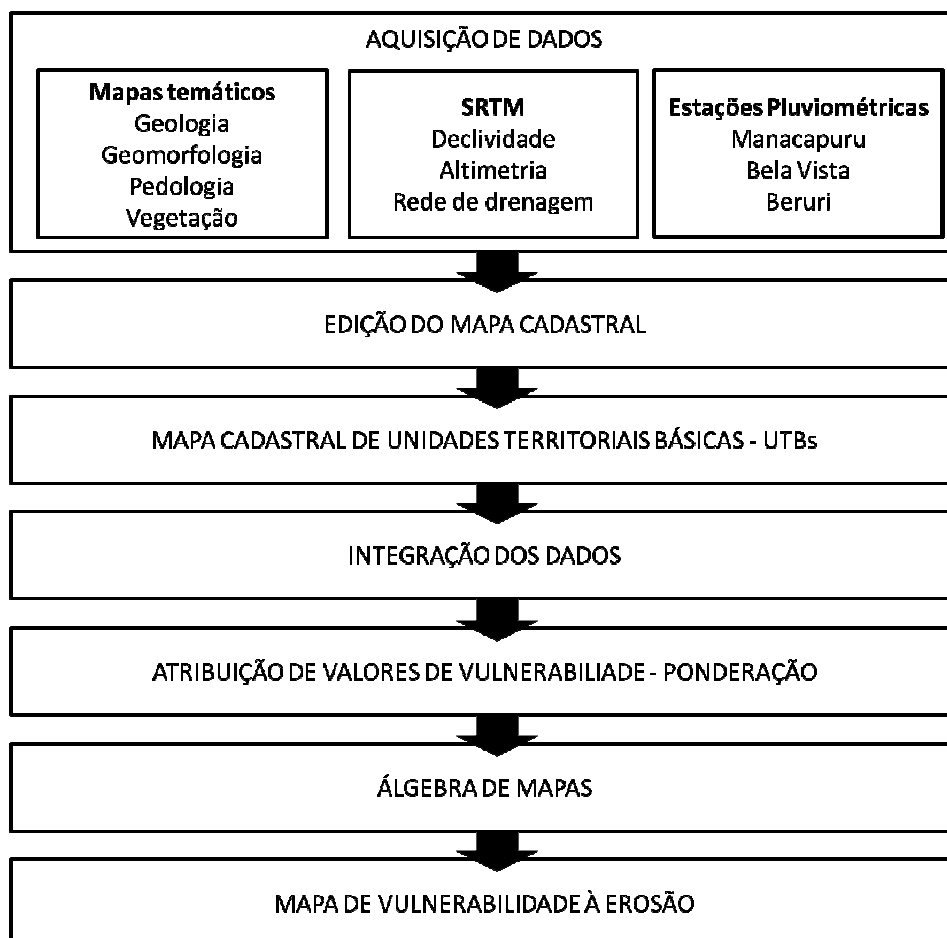


Figura 6. Fluxograma das etapas para a elaboração do mapa de vulnerabilidade à erosão.

4.3.3.1 Mapa cadastral de Unidades Territoriais Básicas – UTBs

A elaboração de um mapa preliminar de UTBs é fundamentada na análise e interpretação de imagens de satélite (TM/Landsat5), (BECKER & EGLER, 1996).

Tais UTBs são subdivididas em duas categorias: unidades de paisagem natural e polígonos de intervenção antrópica.

A primeira categoria, a unidade de paisagem natural, é resultante dos processos naturais. A unidade de paisagem natural é definida a partir da análise e interpretação das imagens TM/Landsat-5, observando-se seus elementos básicos, tais como: textura de relevo e de drenagem, tonalidades de cinzas, matizes de cores e rugosidade (VALLES, 1999).

Nesse sentido, foi utilizada a segmentação por crescimento de regiões. A segmentação foi então mosaicada para um Plano de Informação, sob modelo de dados Cadastral, denominado Unidades onde, por edição vetorial, foi ajustada em 13.341 polígonos. Estes polígonos foram rotulados na categoria Objeto, denominada UTBMPU para servirem de base para uma tabela de atributos.

O módulo cadastral do programa SPRING permitiu que as linhas que delimitavam as UTBs fossem editadas e ajustadas e que os polígonos recebessem topologia através da poligonolização. Na tabela UTBs, foram inseridos os atributos referentes a cada um dos temas e aos seus respectivos valores de estabilidade/vulnerabilidade.

Por meio deste processo, obteve-se um mapa cadastral das unidades territoriais básicas em que cada unidade é um polígono com um nome e um rótulo. Esse nome e rótulo associam os polígonos a uma tabela (GEOID) com os atributos correspondentes aos temas Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação/Uso da Terra e Clima; e seus respectivos valores de estabilidade/vulnerabilidade e a um valor médio final entre os temas (Tabela 5).

Tabela 5. Atributos da categoria UTBS e o seu significado

ATRIBUTO	SIGNIFICADO
GEOMORFO	Geomorfologia
NOTAEOM	Estabilidade/vulnerabilidade para a Geomorfologia
DISSECA	Dissecação Interfluvial
NOTADISS	Estabilidade/vulnerabilidade para a Dissecação Interfluvial
ALTMETR	Amplitude Altimétrica
NOTAALT	Estabilidade/vulnerabilidade para a Amplitude Altimétrica
DECLIV	Declividade
NOTADECL	Estabilidade/vulnerabilidade para a Declividade
GEOLOGIA	Geologia
NOTAGEOL	Estabilidade/vulnerabilidade para a Geologia
PEDOLOG	Pedologia
NOTAPEDO	Estabilidade/vulnerabilidade para a Pedologia
VEGETAC	Vegetação e Uso da Terra
NOTAVEGE	Estabilidade/vulnerabilidade para a Vegetação e Uso da Terra
PLUVIOS	Pluviosidade
NOTAPLUV	Estabilidade/vulnerabilidade para a Pluviosidade
MEDIA	Estabilidade/vulnerabilidade Média

A vulnerabilidade das unidades de paisagem foi estabelecida por meio de uma escala de valores de 1,0 a 3,0, em um total de 21 classes de acordo com a relação morfogênese/pedogênese, analisando cada um dos temas: Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Clima (CREPANI *et al.* 2001).

O valor final de estabilidade/vulnerabilidade para cada UTB é determinado pela média aritmética dos 5 temas acima abordados, segundo a Equação 3, para que seja obtida a posição desta unidade dentro da escala de estabilidade/vulnerabilidade.

$$Vulnerabilidade = \frac{(G + R + S + V + C)}{5} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

G = vulnerabilidade para o tema de Geologia

R = vulnerabilidade para o tema de Geomorfologia

S = vulnerabilidade para o tema de Solos

V = vulnerabilidade para o tema de Vegetação/Uso da Terra

C = vulnerabilidade para o tema de Climatologia

Conforme metodologia de Crepani et al (2001), para as UTBs com valores intermediários entre 1,0 e 2,0, foram associadas cores resultantes da combinação entre o azul e o verde, crescendo a participação da segunda, e às UTBs com valores intermediários entre 2,0 e 3,0 as cores associadas são resultantes da combinação entre o verde e o vermelho, crescendo também a participação da segunda.

4.3.3.2 Integração dos dados

Nesta etapa, fez-se a integração dos dados referentes aos mapas temáticos e ao mapa cadastral de UTBs. Para tanto, utilizou-se a álgebra de mapas através dos programas em LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) (APÊNDICES).

4.3.3.3 Álgebra de mapas

Os temas foram analisados individualmente segundo a relação pedogênese/morfogênese e para cada classe temática foi atribuído um valor de estabilidade/vulnerabilidade referente a esta relação. A álgebra de mapas permitiu a realização de operações pontuais e zonais através da LEGAL.

Um programa em LEGAL é formado por uma sequência de comandos, sendo que cada comando determina uma ação a ser executada pelo sistema (VALLES, 1999).

Primeiramente executou-se uma operação pontual de ponderação para cada tema utilizado, que transformou os geocampos temáticos (PI de entrada) em geocampos numéricos (PI de saída), através do operador PONDERE.

Como regra, estes operadores requerem a definição do mapeamento entre o PI de entrada e o PI de saída. Para tal, a linguagem permite definir uma tabela que descreve o mapeamento desejado. Dessa forma, definiram-se os programas de ponderação em LEGAL

que apresentaram as tabelas com as classes de cada tema (entrada) com seus respectivos valores de estabilidade/vulnerabilidade (saída).

A etapa seguinte consistiu na aplicação de uma operação de média zonal. Nesta operação, o cálculo do valor médio de estabilidade/vulnerabilidade foi ponderado pela área da classe do tema estudado dentro da UTB, ou seja, classes com áreas maiores tiveram maior participação no valor atribuído para a unidade. Através do operador ATUALIZE, associado ao operador MedZ (Média Zonal), os valores médios de estabilidade/vulnerabilidade foram alocados na tabela de geoobjetos UTBMPU.

Complementando a tabela UTBMPU, aplicou-se uma operação de maioria zonal para que o nome da classe que ocorresse em maior quantidade dentro da UTB fosse alocado na tabela de geo-objetos UTBs, através do operador ATUALIZE, associado ao operador MaiZ (Maioria Zonal).

4.3.3.3.1 Geologia

A produção do mapa de vulnerabilidade da geologia à erosão ocorreu através da ponderação dos polígonos das unidades geológicas quanto à vulnerabilidade, seguindo a metodologia de Crepani et al. (2001). A Tabela 6 apresenta as Unidades Geológicas do Mapa Temático, disponibilizado pelo SIPAM, encontradas no município e os valores de vulnerabilidade, variando de 1,0 a 3,0, propostos por Crepani et al.(2001).

Tabela 6. Valores de estabilidade/vulnerabilidade para as classes de geologia presentes na área de estudo

Classes Geológicas	Simbologia	Valor E/V
Aluviões Holocênicos	QHa	3.0
Formação Alter do Chão	Kac	2.0
Formação Iça	QPi	2.0
Terraços Holocênicos	QHt	3.0
Formação Solimões	TNs	2.0

4.3.3.3.2 Pedologia

A construção do mapa de vulnerabilidade referente à pedologia foi realizada com base na Carta Temática de Pedologia. A atribuição dos valores de vulnerabilidade foi realizada conforme a associação de solos, ponderando-se os valores em 60%, 30% e 10% respectivamente para os solos que ocorrem em primeiro, segundo e terceiro lugar. A Tabela 7 a seguir apresenta as principais classes de solo encontradas na área de estudo, e os respectivos valores de vulnerabilidade/estabilidade adotados segundo VALLES (1999).

Tabela 7. Valores de vulnerabilidade/estabilidade para as associações de solos

Classe de solo	Associação dos solos constituintes	SubClasse 1	SubClasse 2	Inclusão	E/V
Ga2	Gleissolo	Gleissolo Humico	Neossolos		3,0
HPa4	Espodossolos	Neossolos			3,0
LAa12	Espodossolos	Latossolo Amarelo	Solo Petroplintico		2,2
LAa16	Argissolo Vermelho-Amarelo	Latossolo Amarelo	Petroplintico	Plintossolo	1,8
LAa7	Argissolo Vermelho-Amarelo	Espodossolos	Latossolo Amarelo		2,0
PTa1	Argissolo Vermelho-Amarelo	Plintossolo	Planossolo		2,3
PTa4	Argissolo	Latossolo Amarelo	Plintossolo		2,2
PTa6	Argissolo	Latossolo Amarelo	Plintossolo		2,2
PVa17	Argissolo	Latossolo Amarelo			1,6
PVa19	Argissolo	Plintossolo			2,4
PVa21	Argissolo	Latossolo Amarelo			1,9
PVa29	Argissolo Vermelho-Amarelo	Plintossolo			2,4
PVa30	Argissolo Vermelho-Amarelo	Plintossolo	Latossolo Vermelho Amarelo Argissolo		2,2

4.3.3.3.3 Geomorfologia

Os mapas geomorfológicos foram elaborados com base em índices morfométricos do terreno como: amplitude altimétrica, dissecação do relevo pela drenagem e declividade das

vertentes por meio de média simples (CREPANI et al., 2008). A determinação destes índices foi realizada para as classes das unidades geomorfológicas apresentadas na Carta de Geomorfologia, em escala 1:250.000, da base do SIPAM juntamente com os dados de declividade e altimetria gerados a partir das imagens SRTM.

4.3.3.3.1 Amplitude Altimétrica

Os valores de vulnerabilidade/estabilidade em relação à amplitude altimétrica foram atribuídos segundo a metodologia de Crepani et al.(2001), Quadro 1.

Quadro 1. Valores de Amplitude Altimétrica e Pesos atribuídos para cada unidade geomorfológica.

AMPLITUDE ALTIMÉTRICA (m)	V/E	AMPLITUDE ALTIMÉTRICA (m)	V/E	AMPLITUDE ALTIMÉTRICA (m)	V/E
<20	1	77 - 84,5	1,7	141,5 - 151	2,4
20 - 29,9	1,1	84,5 – 94	1,8	151 - 160,5	2,5
29,5 – 39	1,2	94 - 103,5	1,9	160,5 - 170	2,6
39 - 48,5	1,3	103,5 – 113	2	170 - 179,5	2,7
48,5 – 58	1,4	113 - 122,5	2,1	179,5 - 189	2,8
58 - 67,5	1,5	122,5 – 132	2,2	189 - 200	2,9
67,5 – 77	1,6	132 - 141,5	2,3	> 200	3

Adaptado de Crepani et al (2001)

4.3.3.3.2 Densidade de Drenagem

Utilizou-se a rede de drenagem extraída do Modelo Digital de Elevação por meio de imagens SRTM e a área de classes das unidades geomorfológicas da base do SIPAM. Recortou-se a hidrografia para cada classe de unidades geomorfológicas obteve-se a soma dos comprimentos dos rios por classe. Através da divisão do comprimento total obtido pela área de cada classe obtiveram-se os valores de densidade de drenagem. A ponderação dos valores foi realizada seguindo a classificação de FLORENZANO (2008), e atribuiu-se assim, valores de 1,0 (para menos vulnerável) a 3,0 (mais vulnerável). O Quadro 2 apresenta a classificação proposta por Florenzano (2008) e os valores atribuídos para a vulnerabilidade/estabilidade à

dissecação interfluvial. Foram atribuídos valores intermediários à escala de densidade de drenagem devido à baixa variabilidade de valores no mapa.

Quadro 2. Faixas de densidade de drenagem e pesos atribuídos.

INTERVALO	V/E	INTERVALO	V/E
0 a 0,50	1	5,7 a 6,6	1,9
0,5 a 1,00	1,1	6,6 a 7,5	2
1,00 a 1,50	1,2	7,5 a 10	2,1
1,50 a 2,00	1,3	10 a 12,5	2,2
2,00 a 2,50	1,4	12,5 a 15	2,3
2,50 a 3,00	1,5	15 a 17,5	2,4
3,00 a 3,90	1,6	17,5 a 20	2,5
3,90 a 4,80	1,7	20 a 100	3
4,80 a 5,70	1,8		

Adaptado de Florenzano (2008)

4.3.3.3.3 Declividade

O mapa de declividade foi elaborado por meio do MDE extraído a partir das curvas de nível obtidas por meio da imagem SRTM. A atribuição de valores de vulnerabilidade às diversas faixas de declividade da área, foram atribuídas seguindo os valores propostos por Crepani et al. (2001). O Quadro 3 apresenta os valores de declividade e valores de vulnerabilidade/estabilidade à erosão para este parâmetro.

Quadro 3. Faixas de Declividade e pesos de vulnerabilidade a erosão.

DECLIVIDADE		V/E	DECLIVIDADE		V/E	DECLIVIDADE		V/E
GRAUS	%		GRAUS	%		GRAUS	%	
<2	<3,5	1,0	9,9 - 11,2	17,4 - 19,8	1,7	19,1 - 20,4	34,6 - 37,2	2,4
2 - 3,3	3,5 - 5,8	1,1	11,2 - 12,5	19,8 - 22,2	1,8	20,4 - 21,7	37,2 - 39,8	2,5
3,3 - 4,6	5,8 - 8,2	1,2	12,5 - 13,8	22,2 - 24,5	1,9	21,7 - 23,0	39,8 - 42,4	2,6
4,6 - 5,9	8,2 - 10,3	1,3	13,8 - 15,2	24,5 - 27,2	2,0	23,0 - 24,4	42,4 - 45,3	2,7
5,9 - 7,3	10,3 - 12,9	1,4	15,2 - 16,5	27,2 - 29,6	2,1	24,4 - 25,7	45,3 - 48,1	2,8
7,3 - 8,6	12,9 - 15,1	1,5	16,5 - 17,8	29,6 - 32,1	2,2	25,7 - 27	48,1 - 50	2,9
8,6 - 9,9	15,1 - 17,4	1,6	17,8 - 19,1	32,1 - 34,6	2,3	>27	>50	3,0

Adaptado de Crepani et al (2001)

Por fim, foi realizada uma álgebra de mapas, por meio do LEGAL, aplicando uma média simples dos valores atribuídos, para declividade, densidade de drenagem e amplitude

altimétrica, com isso, obteve-se o mapa de vulnerabilidade à erosão dos solos conforme a geomorfologia, apresentado na Figura 7.

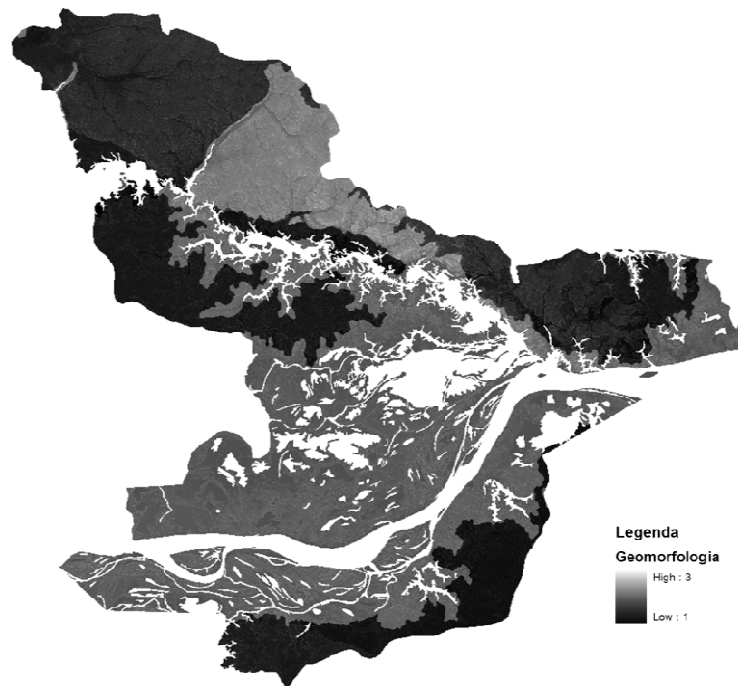


Figura 7. Vulnerabilidade à Erosão segundo a Geomorfologia

4.3.3.4 Vegetação/uso da terra

A produção do mapa de vulnerabilidade da erosão com relação ao tema vegetação ocorreu por meio da ponderação das classes de vegetação quanto à vulnerabilidade a partir da carta de vegetação disponibilizada pelo SIPAM e mapa de uso e cobertura da terra gerada a partir da classificação supervisionada. As classes do tema Vegetação/Usos da terra foram determinadas pela análise e interpretação das imagens de satélite observando-se diretamente qual a vegetação ou o uso da terra correspondente a cada UTB, além da utilização dos dados de campo e bibliográficos. Cada UTB recebeu o nome da classe que nela ocorreu em maior frequência.

As classes de Vegetação/Usos da terra apresentam valores de Estabilidade/vulnerabilidade com relação à densidade de cobertura vegetal. A Tabela 8 apresenta as diferentes classes de vegetação, presente na área de estudo e os valores de

vulnerabilidade/estabilidade, variando de 1,0 a 3,0, propostos por Crepani et al.(2001), para os diferentes tipos de cobertura vegetal.

Tabela 8. Valores de estabilidade/vulnerabilidade para as classes de vegetação/uso da terra

Classe de vegetação	Valor E/V
Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas Dossel emergente	1,0
Floresta Ombrófila Densa Aluvial Dossel emergente	1,0
Floresta Ombrófila Densa Aluvial Dossel uniforme	1,0
Contato Capinarana / Floresta Ombrófila - ecotono	2,0
Floresta Ombrófila Aberta Aluvial com palmeiras	1,2
Formação Pioneiras com influência fluvial e / ou lacustre - herbácea sem palmeiras	2,7
Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas	1,0
Outros (Antropização)	3,0

4.3.3.3.5 Pluviosidade

Com a definição do período a ser considerado no estudo dos dados pluviométricos de cada estação, foi realizado o preenchimento das falhas. As estações que possuíam falhas em registros mensais de pluviometria tiveram estes dados preenchidos através do método da média simples, com os dados das outras estações analisadas (que possuíam o dado para o mesmo mês e ano) para preencher as falhas de uma determinada estação. Após o preenchimento das falhas foi possível calcular a precipitação média de longo período para cada estação, utilizando a média simples entre os valores encontrados para o total precipitado de cada ano.

Para o tema Clima, foram considerados os dados referentes à pluviosidade anual e ao número de dias com chuva, fornecidos pela Agencia Nacional de Águas – ANA.

Por meio da razão entre precipitação média anual (PMA) e duração do período chuvoso (DPC), foi obtida a Intensidade Pluviométrica (CREPANI et al 2004). O Quadro 4, apresenta os valores de vulnerabilidade aplicados para esse tema.

Quadro 4. Valores de vulnerabilidade/estabilidade das classes de intensidade pluviométrica (mm/mês)

*Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	V/E	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	V/E	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	V/E
< 50	1,0	200 - 225	1,7	375 - 400	2,4
50 – 75	1,1	225 - 250	1,8	400 - 425	2,5
75 – 100	1,2	250 - 275	1,9	425 - 450	2,6
100 – 125	1,3	275 - 300	2,0	450 - 475	2,7
125 – 150	1,4	300 - 325	2,1	475 - 500	2,8
150 – 175	1,5	325 - 350	2,2	500 - 525	2,9
175 – 200	1,6	350 - 375	2,3	> 525	3,0

Fonte: Adaptado de Crepani et al (2001).

4.3.3.3.6 Geração da Carta de Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo

Para cada uma das UTBs foram obtidos valores de estabilidade/vulnerabilidade de cada um dos temas: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação/Usos da Terra e Clima, alocados na tabela de geo-objetos UTBs. Aplicou-se uma operação de média pontual para os 5 geocampos numéricos considerando igualmente a contribuição de cada um dos temas. Dessa forma, obteve-se um geocampo numérico com a média pontual dos temas. A partir deste geocampo numérico executou-se uma operação de média zonal em que a média dos valores de vulnerabilidade/estabilidade para cada UTB foi alocada na tabela de geo-objetos UTBs. Sobre esta tabela executou-se uma operação de espacialização dos valores de vulnerabilidade/estabilidade das UTBs, através do operador ESPACIALIZE, gerando-se um novo geocampo numérico com um único valor para cada UTB. Neste geocampo, aplicou-se uma operação pontual de fatiamento que teve como intervalos as classes de estabilidade/vulnerabilidade.

A grade resultante da média zonal foi então fatiada de acordo com a escala de vulnerabilidade/estabilidade das unidades territoriais básicas (Quadro 5), descrita em Crepani et al. (2001). O resultado deste fatiamento foi a geração do mapa de vulnerabilidade à erosão.

A gradação de classes é representada por cores obtidas pela combinação aditiva das três cores primárias (azul, verde e vermelho), de modo que cada classe é representada sempre pela mesma cor.

Os autores acima associaram a cor azul ao valor de maior estabilidade (1,0), a cor verde ao valor intermediário (2,0), e a cor vermelha ao valor de maior vulnerabilidade (3,0).

Quadro 5. Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas.

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA		GRAU DE VULNERABILIDADE	GRAU DE SATURAÇÃO				
				VERM.	VERDE	AZUL	CORES	
U1		3,0	Vulnerável	255	0	0		
U2		2,9		255	51	0		
U3		2,8		255	102	0		
U4		2,7		255	153	0		
U5	V U L N E R A B I L I D A D E	2,6	Moderadamente Vulnerável	255	204	0		
U6				2,5	255	255	0	
U7				2,4	204	255	0	
U8				2,3	153	255	0	
U9			2,2	Medianamente Vulnerável/Estável	102	255	0	
U10			2,1		51	255	0	
U11			2,0		0	255	0	
U12			1,9		0	255	51	
U13			1,8	Moderadamente Estável	0	255	102	
U14			1,7		0	255	153	
U15		1,6	0		255	204		
U16		1,5	0		255	255		
U17		1,4	Estável 3	0	204	255		
U18		1,3		0	153	255		
U19		1,2		0	102	255		
U20		1,1		0	51	255		
U21		1,0		0	0	255		

Adaptado de Crepani et al (2001)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO BIOFÍSICA DO MUNICÍPIO DE MANACAPURU

5.1.1 Geomorfologia

De acordo com D'Antona et al (2007), o relevo da área de estudo pode ser representado basicamente por duas principais unidades geomorfológicas: platôs dissecados separados por planícies fluviais. Os platôs dissecados representam superfícies tabulares e colinosas, delimitadas por ruptura de declive em diferentes níveis topográficos, com cotas variando, em geral, de 50 a 100 metros. Constituem as áreas de terra firme, predominante na região, normalmente representadas por rochas sedimentares da Formação Alter do Chão, em geral, intemperizadas e lateritizadas.

O mapa hipsométrico obtido por meio da extração do Modelo Digital de Elevação representa os diferentes níveis de altitude no município de Manacapuru. Os valores de cotas elevadas variam entre tons alaranjados a vermelho e as cotas mais baixas variam do verde-claro ao escuro, Figura 8.

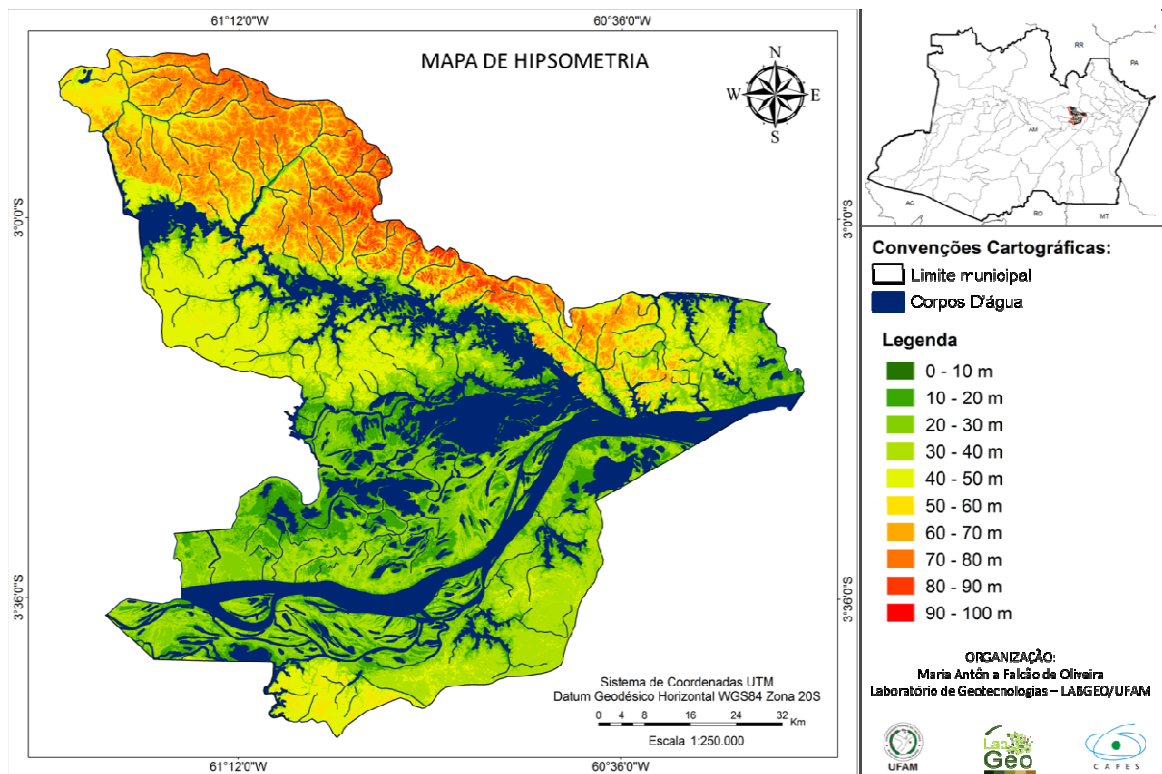


Figura 8. Mapa Hipsométrico do município de Manacapuru.

As menores altitudes ocorrem em toda área do município, variam de 0 a 40 m e são correspondentes a toda a zona justafluvial. A classe altimétrica predominante está na faixa de 10 a 20 metros, e totaliza aproximadamente 25% (1.828,3 km²) da área. A Tabela 9 apresenta os valores de distribuição das classes altimétricas trabalhadas.

Tabela 9. Classes altimétricas do relevo do município de Manacapuru

Classes	Área (km²)	Área (%)
0 - 10 m	277,1	3,8
10 - 20 m	1828,3	24,9
20 - 30 m	1544,3	21,1
30 - 40 m	1155,1	15,8
40 - 50 m	991,3	13,5
50 - 60 m	456,9	6,2
60 - 70 m	598,0	8,2
70 - 80 m	406,1	5,5
80 - 90 m	68,7	0,9
90 - 100 m	1,7	0,0
TOTAL	7327,5	100,0

A faixa de altitude referente à maior elevação (90 a 100 m) está distribuída em 1,7 hectares da área, já a menor cota (0 a 10 m) representa 3,8%.

De acordo com os valores de altimetria obtidos por meio da imagem SRTM, o município de Manacapuru não apresenta relevo com elevação acima de 100 metros de altitude.

Quanto às declividades, as classes predominantes da área variam de 0 a 45%. O mapa de declividade (Figura 9) foi elaborado considerando os parâmetros recomendados pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – SBCS, Embrapa, 2006.

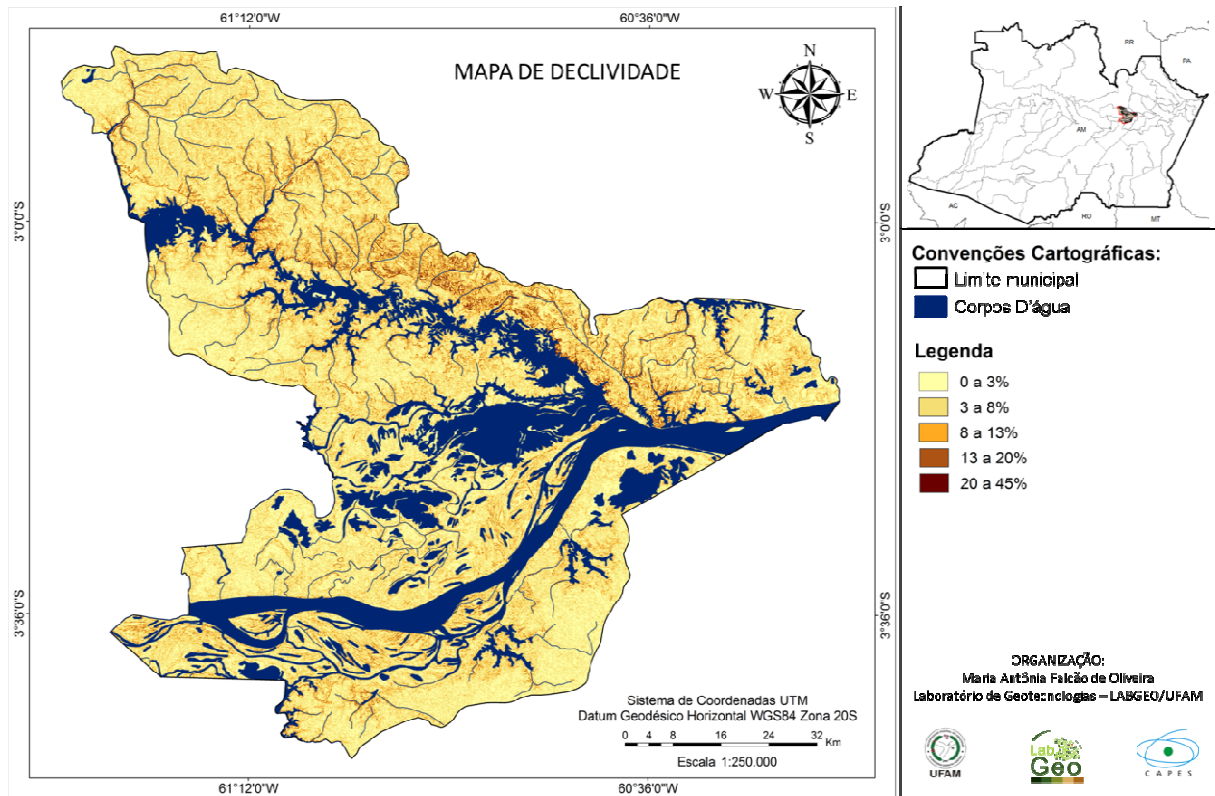


Figura 9. Mapa de declividade do município de Manacapuru.

Conforme a SBCS, o município de Manacapuru apresenta como classe dominante a faixa de declividade de 3 a 8% (3.418,9 km²), relevo suave ondulado, seguida da classe que varia de 0 a 3% (2.736,7 km²), relevo plano, Tabela 10. Estas classes representam mais que 50% da área do município.

As classes 8 a 13%, 13 a 20% e 20 a 45% representam em 12,1% (888,3 km²), 3,2% (235,5 km²) e 0,5% (33,8 km²), respectivamente. Não foram identificadas áreas com declividades superiores a 45%.

Nota-se claramente que o relevo da área do município em sua maioria é considerado como relevo plano a suave ondulado, considerando-se que as classes de declividade de baixa altitude, apresentam uma ordem espacial crescente, Tabela 10.

Tabela 10. Classes de declividade, segundo SBCS.

Classes	SBCS	Área (km ²)	Área (%)
0 a 3%	Relevo plano	2.736,7	37,3

3 a 8 %	Suave ondulado	3.418,9	46,6
8 a 13%	Moderadamente ondulado	888,3	12,1
13 a 20 %	Ondulado	235,5	3,2
20 a 45 %	Forte ondulado	33,8	0,5
45 a 75%	Montanhoso	-	-
TOTAL		7.313,2	99,8

O município de Manacapuru está disposto sobre quatro Unidades Morfológicas: Planície Amazônica, Planalto Dissecado do Rio Negro - Uatumã, Depressão do Madeira – Purus e Depressão do Solimões – Unini (Figura 10).

Planície Amazônica - essa unidade ocupa maior proporção de área com 29,4%, localizada na região sudoeste em direção à região central do município, é caracterizada por apresentar baixas altitudes, variando de 0 a 40 metros e pouca variação de relevo, variando de plano a ondulado. São constituídas por sedimentos fluviais arenosos e argilosos inconsolidados e possuem potencial de fragilidade muito alto por serem atingidos pelas inundações periódicas, por lençol freático pouco profundo e sedimentos inconsolidados sujeitos à acomodação constante. São presentes níveis de argilas, siltes e areias muito finas a grosseiras, estratificadas, localmente intercaladas por concreções ferruginosas, e concentrações orgânicas, resultando em solos Aluviais, Gleissolos e Gleissolos Húmicos. Os modelados que constituem a unidade são Af, Afl e Aft.

Planalto Dissecado do Rio Negro é caracterizado por apresentar maior rugosidade da superfície, com declividades mais intensas que variam de 0 a 45% (plano a forte ondulado). São as áreas onde estão localizadas as altitudes acima de 40 metros, ocupa 28,6% da área do município e está localizada na região noroeste. Essa unidade é caracterizada por interflúvios tabulares de dimensões médias com ocasionais setores de topos convexos, separados por vales alargados, de fraco aprofundamento, com vertentes retilíneas ravinadas e com processos de movimentos de massa e desmoronamentos. Este compartimento apresenta como padrões morfológicos os seguintes modelados: Dc13, Dc23, Dc15, Dt11, Dt12, Dt22, Dt13, os quais

remetem a um grau de aprofundamento de muito fraco a fraco e dimensão interfluvial que varia de muito grande a muito pequena.

Os tipos de solos presentes: Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo, Petroplúntico, Espodossolos, Plintossolo e Planossolo.

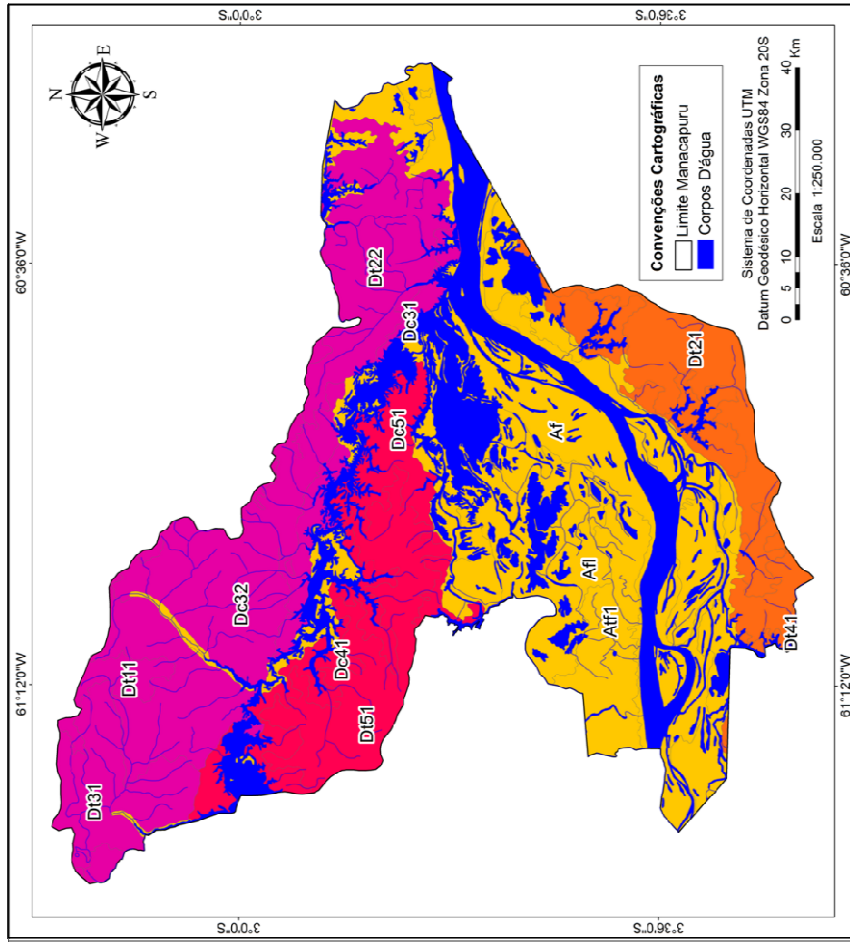
A unidade geológica Depressão do Madeira – Purus é caracterizada por apresentar setores de planos retocados e interflúvios tabulares amplos, com trechos de formas convexas e tabulares de menores dimensões ao longo das linhas de fraqueza estrutural, os relevos variam de plano a suave ondulado e altitudes atingindo cota máxima de 60 m. Os solos presentes são Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelo e Argissolos Vermelho-Amarelo. Os padrões morfológicos são os modelados Dc15, Dt12, Dt13 e Dt14, que consiste em um grau de aprofundamento muito fraco e dimensão interfluvial que varia de muito grande a pequena.

A unidade Depressão do Madeira localizada na região sul no município, ocorre em 9,6% da área. A declividade varia de relevo suave ondulado a ondulado, com altitudes variando de 0 a 50 m. Nesta área estão localizados os Paranás: Beruri, Parati grande, Mundurucus, os Lagos: Jacaré, Paracuba, Caviana e o Furo do Gavião.

Os solos presentes nessa região são os Argissolos Vermelho-Amarelos e Plintossolos, originados das alterações espessa de arenitos, avermelhadas e ferrugionosas.

Depressão do Solimões - Unini caracteriza-se pela predominância de interflúvios tabulares de grandes e médias dimensões, contatos marcados por rupturas de declive nítidas com a Planície Amazônica e com o Planalto da Bacia Sedimentar do Amazonas, da qual ocorre uma transição gradual para os relevos da Depressão do Rio Negro-Unini. A altitude varia de 0 a 60 metros. Abrange uma área de 13,3% e está localizada na região noroeste do município, à direita do rio Manacapuru. Apresentam como padrões morfológicos os modelados Dc14, Dc15, Dt12, Dt13, Dt15.

GEOMORFOLOGIA – MUNICÍPIO DE MANACAPURU



Unidade Morfoescultural	Modelados
Planalto Dissecado	Dc13, Dc23, Dc15, Dt11, Dt12, Dt22, Dt13
Depressão do Madeira	Dc15, Dt12, Dt13 e Dt14
Depressão do Solimões	Dc14, Dc15, Dt12, Dt13, Dt15
Planície Amazônica	Af, Af1 e Af1

Modelados de acumulação
Af - Planície Fluvial. Área plana resultante de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais.
Af1 - Planície Lecustre. Área plana resultante da combinação de processos de acumulação fluvial e lacustre, podendo comportar canais anastomosados ou diques marginais.
Af1 - Terrapço fluvial. Acumulação fluvial de forma plana, levemente inclinada, apresentando ruptura de declive em relação ao leito do rio e as várzeas recentes situadas em nível inferior, entalhada devido as marcações de condições de escoamento e consequentemente retomada de erosão. Os dígitos 1, 2, 3 ... referem-se a níveis altimétricos diferentes abas.

Modelados de disseccação
D - Homogenea. Disseccação fluvial que não obedece a controle estrutural nítido, definida pela combinação das variáveis formas de topo, densidade de drenagem e aprofundamento das incisões. A densidade e o aprofundamento são estabelecidos pela comparação de padrões de incisão. A densidade é classificada em: muito grossa (1), grossa (2), média (3), fina (4) e muito fina (5). O aprofundamento é classificado em: muito fraco (1), fraco (2), médio (3), forte (4) e muito (5).
D - Diferencial. Disseccação marcada por controle estrutural evidente, definida apenas pelas variáveis formas de topo e aprofundamento das incisões, já que o padrão de drenagem e a sua densidade são controlados pela tectônica e pela litologia. O aprofundamento é classificado em: muito fraco (1), fraco (2), médio (3), forte (4) e muito forte (5).

Formas de Topo
c - Conjunto de forma de relevo de topos convexos, em geral esculpidas em rochas cristalinas e eventualmente também em sedimentos, as vezes denotado controle estrutural. São entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem.
t - Conjunto de formas de relevo de topos tabulares, conformado feições de rampas suavemente inclinadas e lombas, esculpidas em coberturas sedimentares incoerentes, cercado eventual controle estrutural. resultam da instauração de processos de dissecção atuando sobre uma superfície aplainada.

ORGANIZAÇÃO:
 Maria Amélia Falcão de Oliveira
 Laboratório de Geotecnologias – LABGEO/UFAM
 Fontes: IBGE



Figura 10. Mapa de unidades geomorfológicas

5.1.2 Geologia

De acordo com o Projeto RADAMBRASIL, o município de Manacapuru está assentado sobre cinco conjuntos geológicos distintos: Aluviões Holocênicos, Formação Alter do Chão, Formação Içá, Formação Solimões e Terraços Holocênicos. Na Figura 11, o mapa temático, apresenta a distribuição espacial das classes pertencentes às unidades geológicas do município.

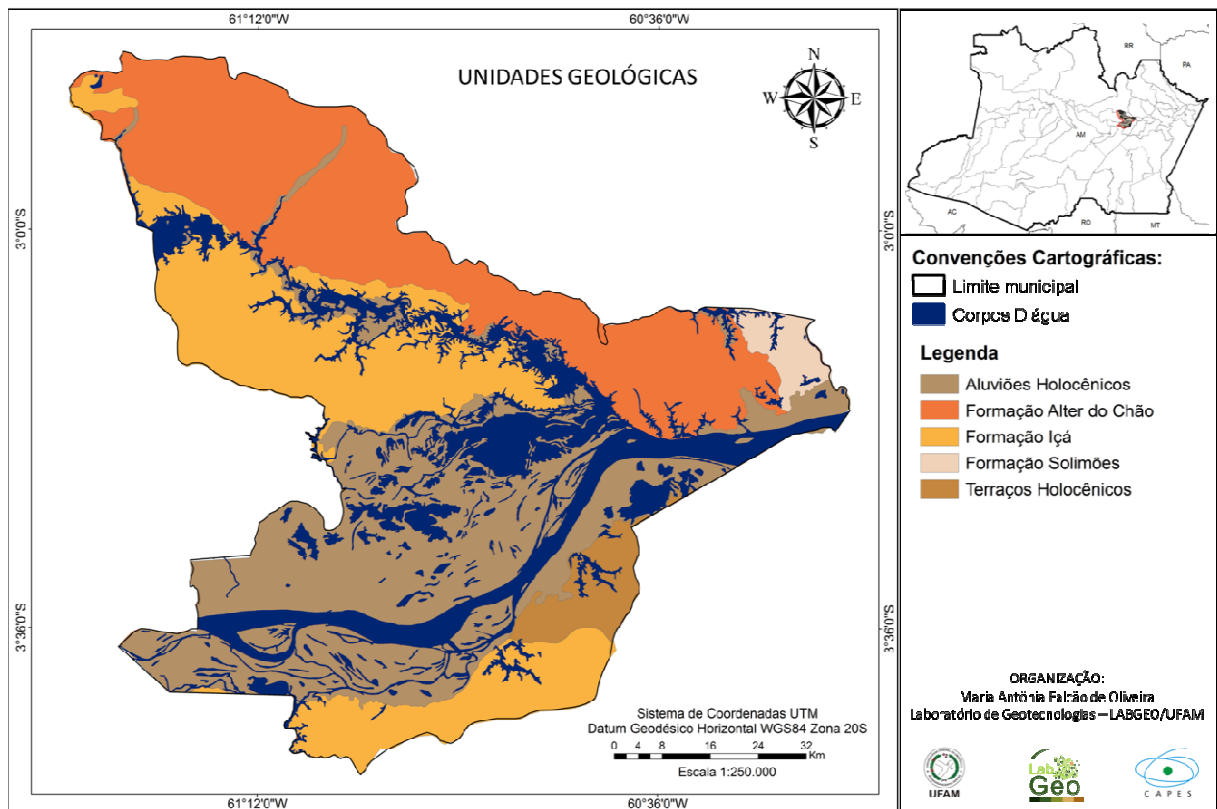


Figura 11. Distribuição espacial – Formações geológicas na área do município de Manacapuru.

As formações Aluviões Holocênicos representam aproximadamente 28% da área de Manacapuru. D'Antona et al, (2007) referem que esta formação é constituída principalmente de terrenos aplanados, aptos ao acúmulo da sedimentação fluvial, configurando áreas sazonalmente inundáveis que formam as planícies aluvionares ou várzeas. São característicos também dessa formação os diques marginais, canais anastomosados, lagos, paranás, igarapés,

igapós e ilhas. As aluviões holocênicas têm distribuição em amplas faixas ao longo das principais drenagens e recobrem as rochas mais antigas.

Geologicamente a área apresenta ampla distribuição da Formação Alter do Chão, uma unidade sedimentar constituída por quartzo arenitos, arenitos arcoseanos, arenitos caulínicos e caulins. D'Antona et al, 2007 descrevem que a ação de intemperismo e lixiviação desenvolvida ao longo do Neógeno sobre estas rochas cretáceas originaram espesso manto de alteração e formação supergênica de perfis lateríticos.

A unidade geológica Alter do Chão representa aproximadamente 27% da área e está localizada ao noroeste do município. Segundo D'Antona et al (2007) a unidade apresenta uma morfologia de superfícies tabulares e colinosas delimitadas por ruptura de declive em diferentes níveis topográficos, com cotas variando, em geral, acima dos 50 metros. Em subsuperfície, a sucessão inferior é predominantemente arenosa e apresenta ciclos de ambientes fluviais anastomosados com retrabalhamento eólico. Constituem as áreas de terra firme, predominante na região que abrange o município de Manacapuru. Em geral são intemperizadas e lateritizadas e caracterizam formas de relevo geradas por processos erosivos.

Os depósitos argilosos provenientes do horizonte mosqueado e de alteração da Formação Alter do Chão confirmam a potencialidade para emprego na cerâmica vermelha, mais especificamente na confecção de tijolos. Constituem a fonte de matéria-prima dos polos oleiro cerâmicos de Cacau-Pirêra e Ariaú. Revelam situação de comodidade com relação a sua vida útil, porém requer atenção com relação à expansão urbana e a outras formas de uso e ocupação do solo (D'ANTONA et al., 2007). Visto que para a queima destes tijolos é utilizada na grande maioria das vezes a lenha proveniente da retirada ilegal da madeira (SANTOS, 2012).

A Formação Içá é representada por 21,69% da área do município. No geral, reúne arenitos amarelo-avermelhados, finos a conglomeráticos, friáveis, com siltitos subordinados e

argilitos de características eminentemente continentais e depositados sob condições fluviais (D'ANTONA et al., 2007).

5.1.3 Hidrografia

O município de Manacapuru está localizado junto à bacia hidrográfica Amazônica. Os principais cursos d'água que banham o município são os rios Amazonas e o rio Manacapuru. O rio Amazonas começa no Peru e, ao entrar no Brasil, no município de Tabatinga, recebe o nome de Solimões. Este rio apresenta uma cor levemente amarelada, o pH varia de 6,5 a 7,0. É rico em nutrientes e possui uma grande atividade biológica e produção de peixes (SALATI, 1992). Os Rios Manacapuru e Solimões são os principais afluentes de acesso fluvial e grande parte da população da zona rural do município habitam ao longo desses rios (ANDRADE, 2007; FRAXE, et al 2007; SOUZA, 2007)

Além dos rios Solimões e Manacapuru, banham o município vários cursos d'água (Figura 12).

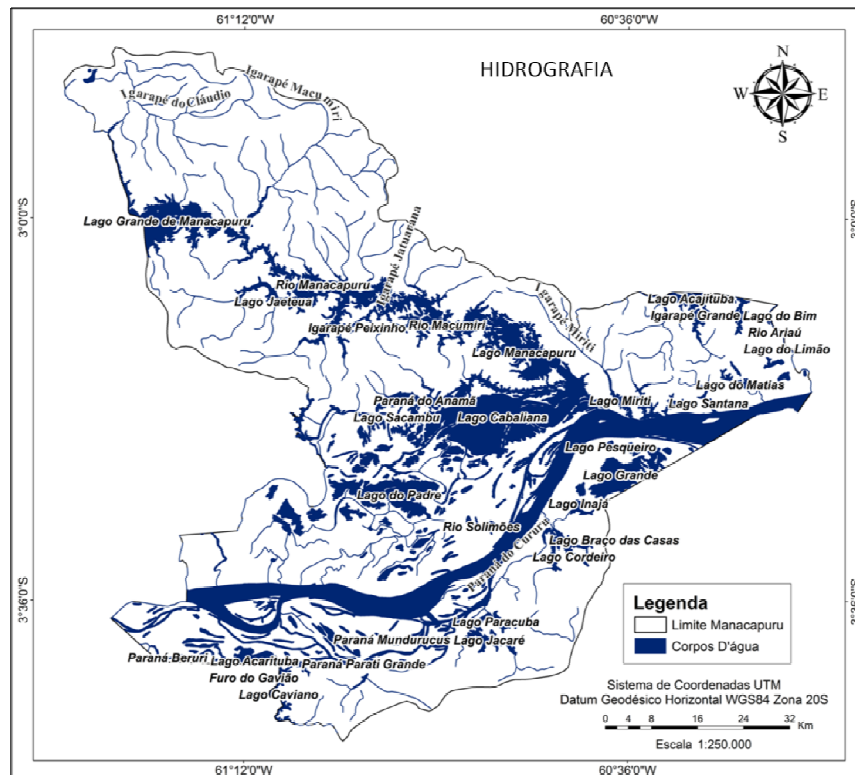


Figura 12. Hidrografia do município de Manacapuru.

Os cursos d'água que formam a hidrografia do município de Manacapuru são: Furo do Gavião, Igarapés: Grande e Peixinho; Lagos: Cabaliana, Manacapuru, Grande de Manacapuru, Padre, Grande, Acarituba, Acajatuba, Jacaré, Jaeteua, Sacambu, Braço das Casas, Miriti, Bim, Paracuba, Cordeiro, Caviana, Santana, Matias, Pesqueiro, Inajá e Limão; Paranás: Anamã, Parati Grande, Mundurucus e Beruri; e os Rios: Solimões, Manacapuru, Macumiri e Ariaú (Tabela 11).

Tabela 11. Hidrografia do município de Manacapuru.

Curso D'Água	Área (km²)
Furo do Gavião	5,9262
Igarapé Grande	5,612
Igarapé Peixinho	4,285
Lago Cabaliana	203,1465
Lago Manacapuru	70,4626
Lago Grande de Manacapuru	67,1809
Lago do Padre	60,0226
Lago Grande	45,5099
Lago Acarituba	14,3868
Lago Acajatuba	12,1642
Lago Jacaré	12,1352
Lago Jaeteua	10,1817
Lago Sacambu	7,9967
Lago Braço das Casas	5,3725
Lago Miriti	5,0467
Lago do Bim	4,5597
Lago Paracuba	4,4955
Lago Cordeiro	3,6329
Lago Caviana	3,2919
Lago Santana	2,3388
Lago do Matias	2,1581
Lago Pesqueiro	1,5816
Lago Inajá	0,8032
Lago do Limão	0,4248
Paraná do Anamã	38,6575
Paraná Parati Grande	10,1431
Paraná Mundurucus	7,3739
Paraná Beruri	5,3473
Rio Solimões	462,8385
Rio Manacapuru	103,96
Rio Macumiri	42,8455

Observa-se que grande parte da hidrografia de Manacapuru é composta por lagos, que são em sua maioria formados ao longo de grandes rios (FRANÇA, 2005), quando sedimentos do canal principal são depositados como diques na desembocadura de tributários.

5.1.3.1 Rede de drenagem

A rede de drenagem do município, obtida a partir dos dados SRTM – Topodata, (Figura 13), apresenta um padrão dendrítico, pois se assemelha à distribuição dos galhos de uma árvore, segundo Teixeira et al (2009) ocorre quando a rocha do substrato é homogênea, formada apenas por granito, ou no caso de rochas sedimentares com estratos horizontais.

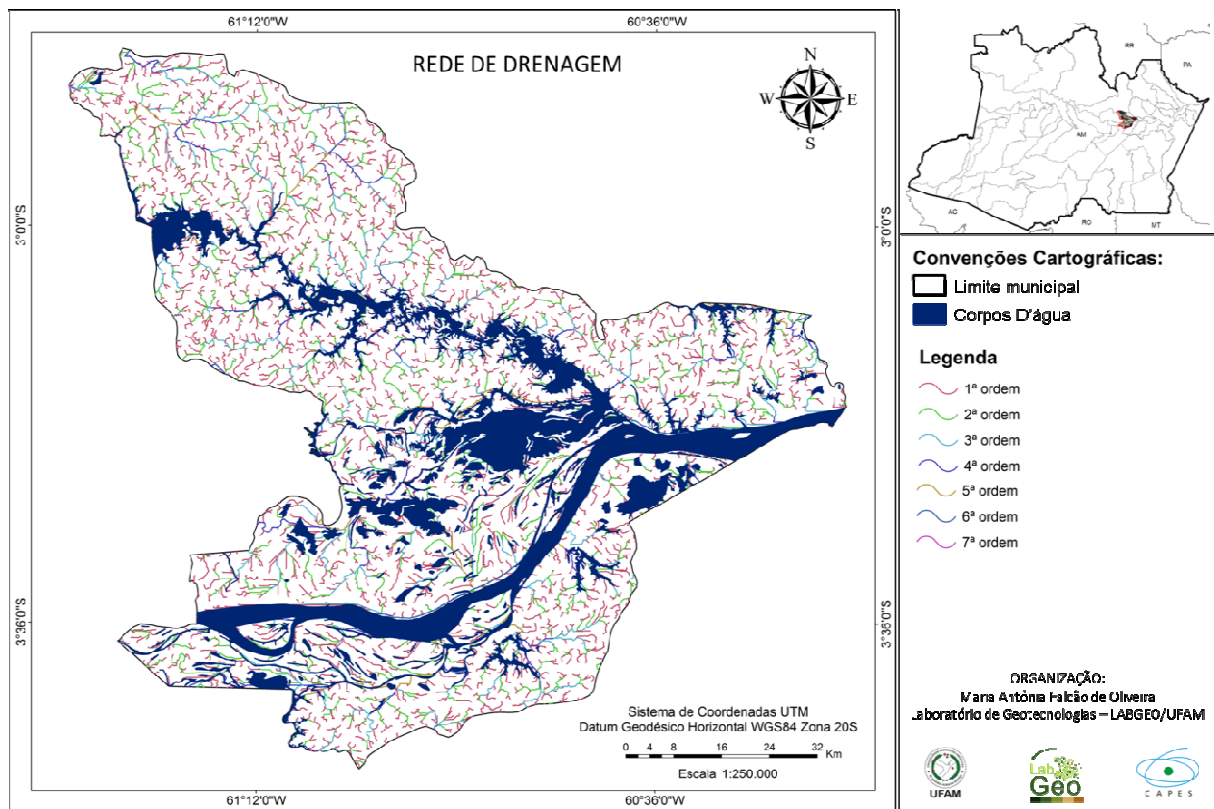


Figura 13. Rede de drenagem do município de Manacapuru.

Aplicando a hierarquização dos rios segundo Strahler (1957), foi possível mapear canais até a 7ª ordem e totalizam uma extensão de 5.544,09 km. O canal com maior comprimento na área refere-se ao canal do rio Solimões apresentando comprimento de 137,85 km. A Densidade de drenagem em relação à área do município é 0,76 km/km² que de acordo

com a classificação de Strahler (1957) é considerada baixa. Na Tabela 12 está o resultado da hierarquização dos rios com a extensão de cada ordem hierarquizada.

Tabela 12. Distribuição da drenagem conforme hierarquização

Ordem	Km
1°	2.994,96
2°	1.292,35
3°	677,91
4°	257,25
5°	130,37
6°	53,4
7°	137,85
TOTAL	5.544,09

5.1.4 Solos

Segundo estudos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Amazônia Ocidental (Embrapa, 1999), os principais solos da Amazônia tipificam os dois grandes ecossistemas que caracterizam a região: a terra firme e a várzea.

A terra firme é formada predominantemente por duas principais unidades pedológicas: os Latossolos abrangendo 34% e os Argissolos cobrindo 46% desse ecossistema e os 20% restantes são: Laterita Hidromórfica, Planossolos, Cambissolos, Neossolos, Hidromórfico gleyzado, Líticos, Concrecionários, Lateritas indiscriminadas, Afloramentos rochosos e Gley pouco Húmico.

Os estudos apontam ainda que, os 34% correspondentes ao primeiro tipo de solo é constatado em relevo que varia de plano a suavemente ondulado, enquanto que os Argissolos ocorrem em relevo ondulado a fortemente ondulado. Assim sendo, é um tipo de solo que necessita de cuidados para evitar problemas com erosão.

Pelas suas características físicas esses solos são adequados a práticas agrícolas, porém limitados quanto a sua fertilidade natural devido suas qualidades químicas com deficiências de fósforos (P) em 90% da região seguidos pela de nitrogênio (N) e potássio (K), além disso,

70% dos solos amazônicos são ácidos apresentando altos teores de alumínio (Al) em níveis tóxicos para os padrões agrícolas, mas podem ser corrigidos por meio de aplicações de calcário e quantidades adequadas de nutrientes (EMBRAPA 1999).

Já os solos de várzea também característico da região, em contraste aos solos bem drenados de terra firme, apresentam reação menos ácida, níveis mais elevados de nutrientes, menores teores relativos de alumínio trocável e argila de atividade alta. Segundo Fraxe et al (2007), esses solos são, predominantemente, eutróficos, com elevada capacidade de troca de cátions, normalmente possuem teores elevados de silte e de areia fina e desenvolvem-se sobre sedimentos holocênicos, recentemente depositados.

Na planície aluvial dos rios de águas brancas, predominam-se Gleissolos e Neossolos Flúvicos; Plintossolos e solos com caráter plíntico são predominantes nas terras baixas do alto Amazonas (SCHAEFER et al 2000).

Segundo informações do Projeto RADAMBRASIL (1978), adaptado para o novo Sistema de Classificação dos Solos (2006), as características pedológicas do município de Manacapuru apresentam o domínio, em sua extensão, os Argissolos Vermelho-Amarelos, associado a outros tipos de solos abrange mais da metade da área do município, aproximadamente 60%.

Outro tipo de solo bastante presente é o Latossolo Amarelo, associado a outros solos, está distribuído em mais de 40% da área.

Tratando-se de associação de solos, a classe LAa7, que é constituída pelos solos Argissolo Vermelho-Amarelo, Espodossolo, Petroplíntico e Latossolo Amarelo, representa a maior porção 19,87% da área do município e está localizada ao norte do município às margens direita do rio Manacapuru. Esta região é formada por altitudes acima dos 40 metros. As feições geomorfológicas são representadas pelos Planaltos Dissecados do Rio Negro – Uatumã. E a segunda classe solos associados dominantes é a classe Ge1 (Gleissolo, Gleissolo

Húmico e Neossolo), está localizada nas áreas de planícies em baixas altitudes, cotas que variam de 0 a 30 metros. São solos característicos de áreas de várzea, que normalmente são submersos quase a metade do ano, possuem alto teor de nutrientes, são constantemente renovados e desenvolvem-se sobre sedimentos holocênicos, siltico-argilosos até arenoso recentemente depositados (SOUZA, 2009). Há grande diversidade de espécies de vegetação, com alta biomassa. Apresentam uma elevada fertilidade, notadamente pelos os teores de Ca, P, Mg, e K.

Na Figura 14 é ilustrada a distribuição dos tipos de solos presentes na área do município de Manacapuru, com base na classificação da EMBRAPA (1999) e disponibilizado pelo SIPAM.

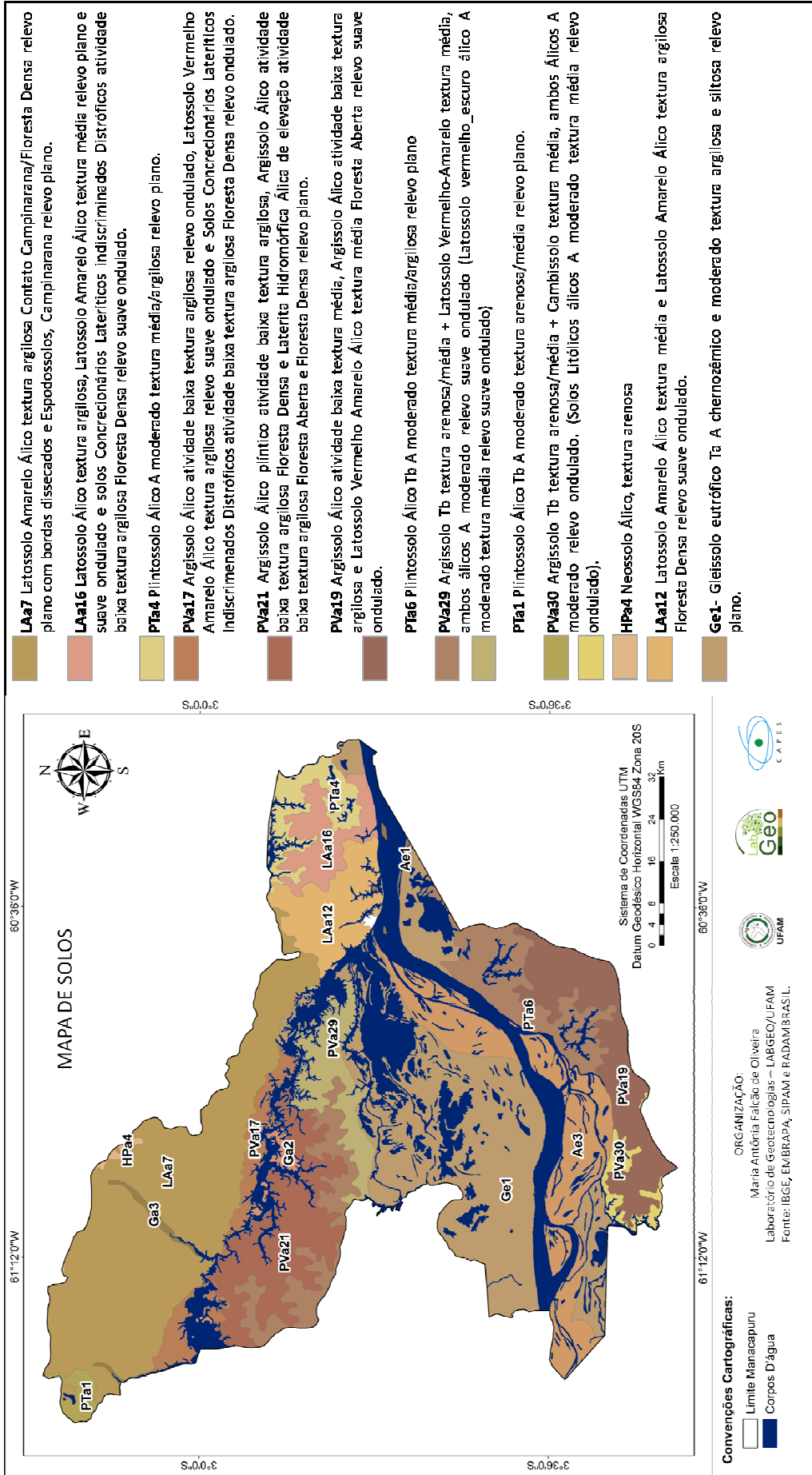


Figura 14. Mapa de solos

5.1.5 Vegetação

No que se refere às características fitoecológicas, o município de Manacapuru apresenta uma grande diversidade em toda a sua extensão, isto se dá devido a uma forte interrelação que o clima, solos, altimetria e o uso e ocupação, exercem sobre a vegetação, determinando particularidades em seus aspectos naturais de acordo com as características geoambientais. Entre as principais unidades vegetacionais encontradas na área, segundo RADAMBRASIL, destacam-se as Florestas Ombrófilas Densas, Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas, Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas Dossel emergente; Floresta Ombrófila Densa Aluvial Dossel emergente; Floresta Ombrófila Densa Aluvial Dossel uniforme; Floresta Ombrófila Aberta Aluvial com palmeiras; Contato Capinarana / Floresta Ombrófila e Formação Pioneiras com influência fluvial e / ou lacustre - herbácea sem palmeiras. A distribuição das classes de vegetação no município de Manacapuru, segundo IBGE (2012) pode ser visualizada na Figura 15.

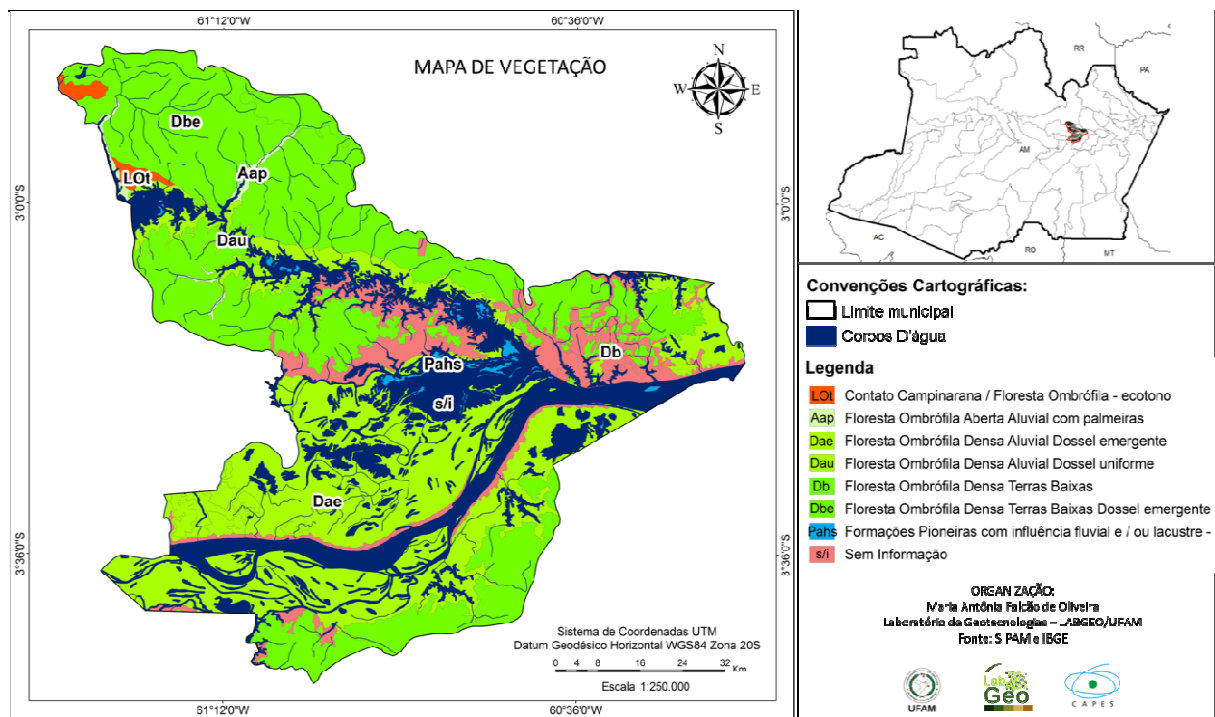


Figura 15. Mapa de vegetação do município de Manacapuru.

A classe de vegetação dominante no município é a Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas Dossel emergente, ocorre em 37,65% da região e estão localizados em áreas de altitudes superiores a 40 metros, os tipos de solo presentes são: Argissolos, Plintossolo, Latossolo Amarelo e solos Petroplinticos.

A Floresta Ombrófila Densa Aluvial Dossel emergente é a segunda classe com mais ocorrência, abrange 28,56%. As classes Floresta Ombrófila Densa Aluvial Dossel uniforme, Contato Capinarana / Floresta Ombrófila – ecotono, Floresta Ombrófila Aberta Aluvial com palmeiras, Formação Pioneiras com influência fluvial e / ou lacustre - herbácea sem palmeiras e Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas, equivalem a 3,54%, 0,73%, 0,60%, 0,64%, 0,85%, respectivamente, são tipos de vegetação que ocorrem em menor frequência na área.

As Formações Pioneiras estão restritas àquelas áreas onde há a influência das inundações, quer periódicas ou permanentes. Registram estágios de evolução nas diversas fases: submersa, flutuante, alagada, de charco, arbustiva e arbórea (D'Antona, et al 2007).

Na área do município é possível visualizar algumas manchas características de áreas de campinas, também denominado como contato capinarana. Segundo Prance (1975) as áreas de campinas são ilhas isoladas dentro da mata pluvial e é um dos habitat amazônicos mais difíceis para colonização de plantas, devido aos fatores ambientais críticos, falta de nutrientes, temperatura alta do solo, drenagem, entre outros.

Nos baixos platôs dos interflúvios tabulares aparece a Floresta Aberta, quase sempre em comunhão com a Floresta Densa, porém, ocupando terrenos mais rebaixados e predominantemente mais arenosos.

Na região, as formações florestais são popularmente caracterizadas por: matas de terra firme e matas de várzea (D'ANTONA et al, 2007).

O porte das áreas de várzea é menos expressivo do que a Floresta de Terra Firme e apesar do solo ser bastante fértil, sua diversidade florística também é menor.

De acordo com D'Antona et al (2007), a Floresta de Terra Firme encontra-se em áreas de cota mais elevada, e isenta da influência da sazonalidade das inundações pelas drenagens. Pode ser constituída por Floresta Densa, com grande variedade arbórea tais como árvores altas emergentes ou de menor porte, arbustos e ervas, e Floresta Aberta, oriunda da Floresta Densa, que permite, contudo, maior penetração dos raios solares com desenvolvimento de palmeiras e de cipós.

Em diversas áreas do município de Manacapuru, há registro de florestas secundárias que assinalam diferentes estágios de desenvolvimento regenerativo, sendo resultado da ação antrópica no desmatamento para desenvolvimento de outras culturas, para a exploração de recursos naturais.

A Figura 16 foi elaborada basicamente em interpretação de imagem Landsat, apresenta as formas de uso e ocupação do solo na área do município.

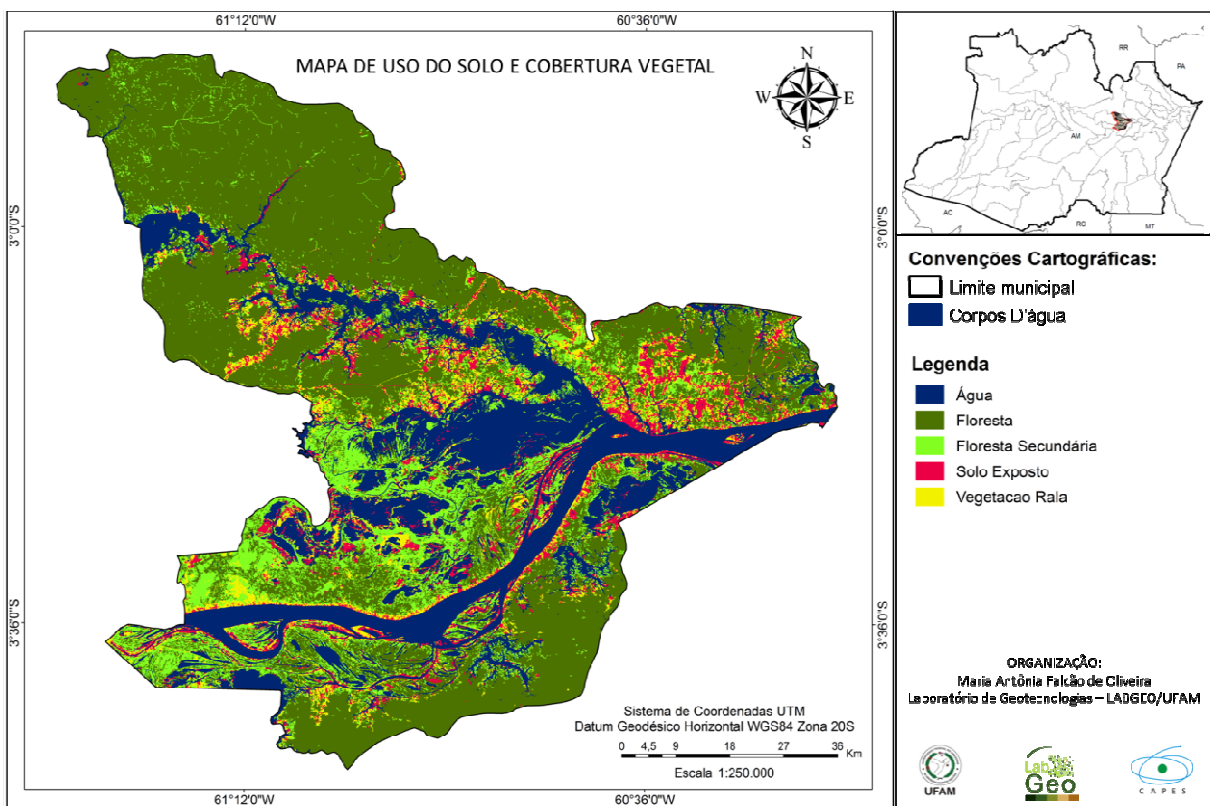


Figura 16. Mapa de uso do solo e cobertura vegetal do município de Manacapuru, ano de 2011.

5.1.6 Unidades de Conservação

O município de Manacapuru foi o primeiro município do Amazonas a ter em sua área territorial um Sistema Municipal de Unidade de Conservação (SMUC), criado a partir da Lei Municipal 009, de 4 de junho de 1997 - a Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Piranha - além da Área de Proteção Ambiental do Miriti e dos Lagos de Manutenção do Paru e Calado e o Conselho de Desenvolvimento Sustentável, Meio Ambiente e Turismo.

As Unidades de Conservação do município de Manacapuru, Figura 17, estão inseridas nas categorias Área de Proteção Ambiental (APA) e Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS), do Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC.

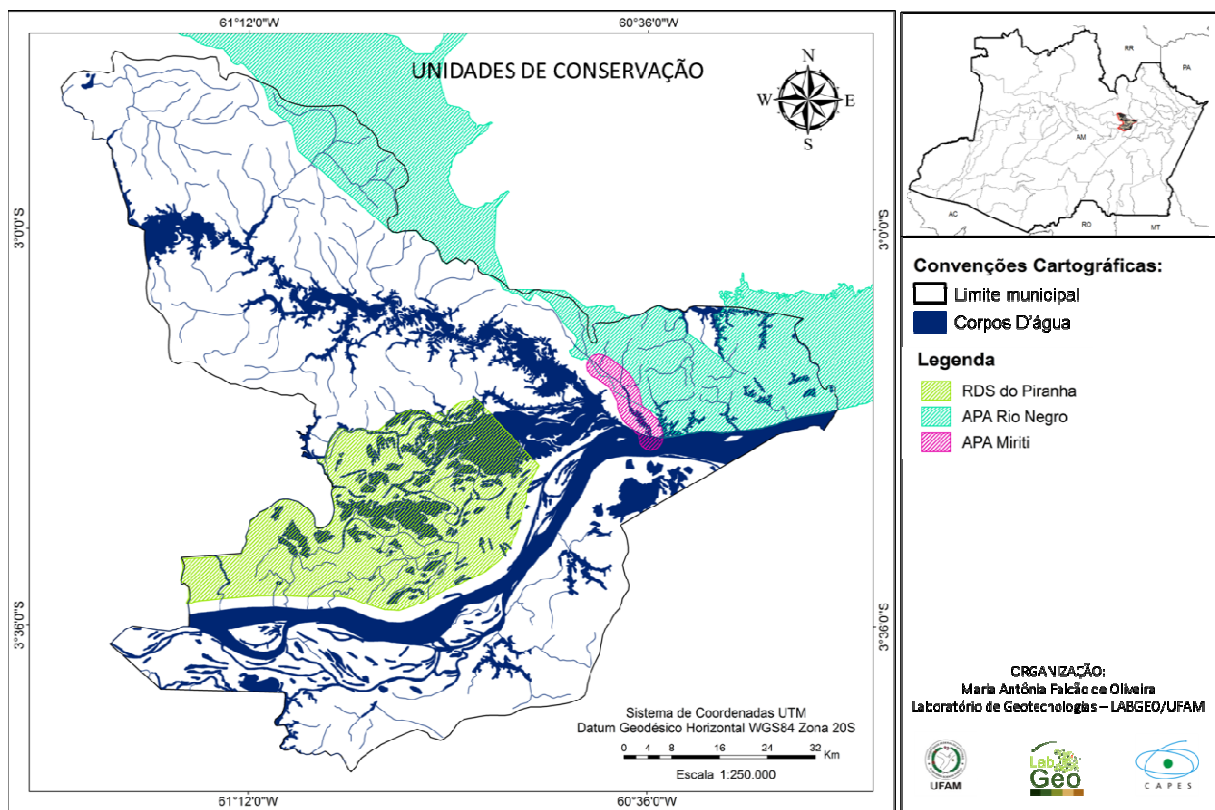


Figura 17. Unidades de Conservação do município de Manacapuru.

As Unidades de Conservação integrantes do Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC dividem-se em dois grupos, com características específicas: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. As Áreas de Proteção Ambiental,

denominadas APA, fazem parte desse segundo grupo e em geral são constituídas por extensas áreas próximas as grandes cidades nas quais a propriedade privada não só é permitida como prevalece; apresentam acentuado grau de ocupação humana, possuem atributos abióticos, bióticos, estéticos e culturais importantes para a manutenção da qualidade de vida e o bem estar das populações humanas. Entre seus objetivos básicos encontra-se a proteger a biodiversidade, ordenar do processo de ocupação humana e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais, (SNUC, 2000; SDS – CEUC, 2009; NASCIMENTO & SILVA, 2010).

A Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) é uma das categorias de Unidade de Conservação criada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Esta categoria de manejo é definida como uma área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais e que desempenham um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica (WWF, 2006).

Do total da área do município, 29,34 % estão de alguma forma, protegidos em unidades de conservação de uso sustentável (Lei Federal n. 9985). Na Tabela 13 estão relacionadas às unidades de conservação existentes no município de Manacapuru.

Tabela 13. Categorias de Unidades de Conservação existente em Manacapuru

UCs	Área total (km ²)	Área (%)
RDS Piranha	1.194,7	16,3
APA Rio Negro	881,3	12,0
APA Miriti	74,9	1,0
TOTAL	2150,9	29,3

A reserva do Piranha apresenta uma área de 1.194,7 km² equivalente a 16,3% da área de município de Manacapuru.

Em busca de um modelo de gestão participativa dos recursos naturais, que integrasse aos aspectos ambientais, sociais e econômico, a Prefeitura Municipal de Manacapuru criou a Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Piranha (MESQUITA, 1997).

O projeto de implantação da RDS - Piranha, foi considerado como proposta promissora pelos Ministérios do Meio Ambiente e do Turismo, tendo em vista à conservação dos recursos naturais existentes na área, surgindo da concepção que assegurava a permanência dos ribeirinhos em respectivas áreas (ANDRADE, 2007).

A área é representada por grandes recursos hídricos e área de grande produtividade pesqueira, sendo permitida a pesca apenas para os moradores da área.

A Área de Proteção Ambiental Rio Negro é uma unidade de conservação estadual de uso sustentável instituída pelo Decreto n° 16.498 de 02/04/1995 posteriormente alterado pela Lei n° 3.355 de 26/12/2008. Possui oficialmente 461.740,67 ha. No município de Manacapuru a APA ocupa 12,0% da área do município, esta APA abrange ainda os municípios de Iranduba e Novo Airão. Por se tratar de uma APA, em que os recursos podem ser utilizados de forma sustentável, ocorrem muitas intervenções antrópicas na área, tais como pesca, caça, além da retirada de madeira. Em um estudo multitemporal da antropização no período de 2005 a 2010 realizado por Martins et al. (2011), estimou que um total de 50.904,72 ha sofreu algum tipo de intervenção, valor correspondente a 11% da sua área oficial, segundo os autores, esse processo vem se intensificando principalmente a partir do ano de 2008 e coincide com o surgimento de significativas intervenções no ambiente, como a construção da ponte sobre o Rio Negro que liga Manaus aos municípios de Iranduba, Novo Airão e Manacapuru.

A APA do Miriti ocupa a menor porção, apenas 1,0% da área, está localizada ao longo da faixa do rio Miriti. Nesta área encontra-se o Rio Miriti, o qual sofre impacto constante pela

visitação de moradores locais e turistas para recreação principalmente nos fins de semana, além de ser fácil o acesso, pois o mesmo é cortado pela Rodovia AM 070, a qual é caminho para o município de Manacapuru.

Aproximadamente 70 famílias vivem na Área de Preservação Ambiental do Miriti e sobrevivem, em parte, do uso dos recursos naturais do local. O lago do Miriti possui doze quilômetros de extensão desde suas nascentes mães até a sua foz no rio Solimões, além de dezenas de nascentes menores espalhadas no seu leito. Atualmente vem sofrendo intervenções que podem causar grandes danos futuramente, um exemplo é o aterramento nas laterais da ponte para que alcance o nível da rodovia AM 070, relacionada à duplicação da mesma.

5.2 ESTUDO MULTITEMPORAL DE USO E COBERTURA DA TERRA

5.2.1 Processamentos para Extração de Informações

Para a manipulação e o processamento digital de imagem usou-se o aplicativo computacional SPRING, com o objetivo de melhorar o aspecto visual das feições, facilitando a sua interpretação. No desenvolvimento deste trabalho, foram aplicadas técnicas de realce do contraste das cenas, alcançando a composição RGB 5,4,3 para as imagens LANDSAT, também usada na coleta das amostras de treinamento para o processo de classificação.

5.2.2 Segmentação e classificação supervisionada por Regiões - *Bhattacharya*

As imagens foram segmentadas com limiares de 20 para similaridade e 20 para área, pois estes apresentaram bom nível de agrupamento das regiões, (Figura 14), foi realizada uma classificação supervisionada por região, através do algoritmo *Bhattacharya*, considerando o limiar de aceitação 99,9%, por apresentar um resultado melhor na discriminação das classes.

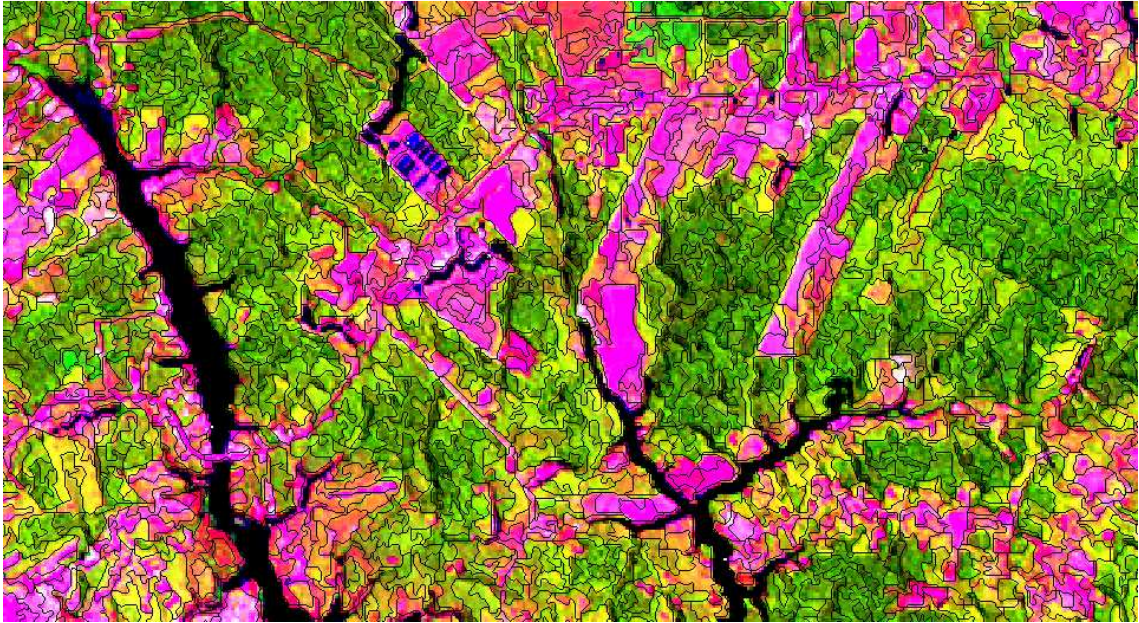


Figura 18. Imagem LANDSAT (2011) segmentação com similaridade 20 e área 20.

Através das amostras de treinamento, realizou-se a classificação supervisionada por regiões para as imagens TM/Landsat-5 dos anos 1997, 2003 e 2011. As amostras buscaram representar a variabilidade de cada classe e caracterizar áreas tão homogêneas quanto possível. Com base nos resultados obtidos para cada imagem, foi possível realizar a avaliação destas classificações *Bhattacharya* a partir da matriz de erro obtida para a imagem de 2011, fazendo-se uso das amostras de teste definidas e georeferenciadas em campo.

5.2.3 Avaliação da Classificação

Como não havia disponibilidade de obtenção de informações de campo para os anos passados (1997 e 2003), assumiu-se que o valor do *Kappa* para a imagem de 2011 (estimado em 0,81) serviria para inferir o desempenho também das demais classificações, já que o número de classes estudadas era pequeno (5 classes) e que a complexidade de informações nas datas anteriores era menor do que em 2011, em função do menor grau de antropização na área. Pode-se assim supor que o valor do *Kappa* em tais datas seja maior do que aquele apresentado pela imagem de 2011. Assim sendo, os resultados dos valores do coeficiente de

concordância *Kappa* foram comparados com os conceitos propostos por Landis e Koch (1977).

Durante o processo de avaliação das classificações, verificou-se que ocorrem certas confusões temáticas que podem ser explicadas pelo fato de que alguns alvos apresentaram respostas espectrais com alguma similaridade.

Na Tabela 14 estão dispostos os valores da matriz de confusão, gerada pela verificação em campo e pela imagem classificada, a partir dos quais foram obtidos os índices de exatidão global, exatidão do consumidor, exatidão do produtor e índice *kappa*. Foram distribuídos 100 pontos amostrais dentro do limite da área de estudo. A partir desses pontos foi obtida a Matriz de Confusão (Tabela 14), que segundo Congalton, (1991), esta matriz compara os dados de referência com aqueles das imagens classificadas, onde os valores relacionados à exatidão global encontram-se na diagonal principal.

Tabela 14. Matriz de confusão da classificação supervisionada por regiões *Bhattacharya* imagem TM de 2011.

Classes	Água	Solo Exposto	Floresta Secundária	Floresta	Culturas	Total	Erro de Omissão	Acurácia do Usuário
Água	10	0	0	0	1	11	1,0%	90,9%
Solo Exposto	0	20	0	0	2	22	1,6%	90,9%
Floresta Secundária	0	0	9	1	0	10	2%	90%
Floresta	0	0	1	29	0	30	1%	96,7%
Culturas	0	0	10	0	17	27	8,3%	63%
TOTAL	10	20	20	30	20	100		
Erro de Comissão	0%	0%	11%	1%	3%			
Acurácia do Produtor	100%	100%	45%	96,7%	85%			
Exatidão Global	0,85 = 85%		Kappa 0,81 = 81%					

Analisando a acurácia do produtor, e a acurácia do usuário, constata-se que a classe com a acurácia do produtor foi Floresta, onde se alcançou um índice de 96,7%, que é considerada como muito boa (CONGALTON e GREEN, 2009).

Esta medida de acurácia indica a probabilidade de um pixel de referência ser corretamente classificado e é realmente uma medida de erro de omissão. A classe Água

alcançou a porcentagem, 100% para acurácia do produtor e 90,9% para a acurácia do usuário, o mesmo ocorreu para a classe Solo Exposto. A classe Floresta secundária a acurácia do produtor foi de 45%, e acurácia do usuário 90%. Já a classe Culturas, a acurácia do produtor foi de 85% enquanto a acurácia do usuário foi de apenas 63%.

Efetuada a soma dos elementos da diagonal principal, foi obtido um número de 85 amostras classificadas corretamente, dentre um total de 100 analisadas, baseado nisso, a Exatidão Global de 85%, significa que 85% das amostras foram corretamente classificadas pelo classificador por regiões *Bhattacharya* relacionado com a imagem TM, mostrando um bom resultado obtido pelo método. No entanto, Congalton (1991) alerta que, com base apenas no índice de exatidão global, as inferências feitas podem gerar equívocos e conclui que o cálculo e a análise da precisão do usuário confere maior significado aos dados, revelando se há confusão entre as categorias.

O índice *Kappa*, refere-se a um método para avaliar a exatidão dos dados através da análise de concordância ou discordância entre duas situações. Através dos valores de *Kappa* encontrados, verificou-se ser significativo, demonstrando que há uma boa concordância entre o classificador e a referência obtida em campo para a imagem TM de 2011. De acordo com Landis e Koch (1977) o coeficiente *Kappa* de 0,81 apresentado pela classificação representa um nível de exatidão Muito Boa entre o mapa temático e a verdade de campo.

Na análise da matriz de erro da imagem TM de 2011, foi verificado que os maiores índices de confusão ocorreram entre as classes Floresta Secundária e Culturas. Esta confusão já era esperada, pois as áreas de Floresta Secundária (capoeira) em fase inicial de sucessão, mesmo tendo com o crescimento vegetativo das pioneiras uma forte atividade fotossintética marcante nas imagens TM/Landsat, segundo Lorena (2001), apresenta uma componente de expressão de solo, comum também às áreas de certos cultivos agrícolas que, dependendo do cultivar adotado, este apresenta fechamento de copas entre indivíduos. Há tendência também

de cultivos de porte arbóreo - arbustivo apresentarem certa semelhança espectral com áreas de capoeira de fase sucessional intermediária.

5.2.4 Dinâmica temporal de Uso e Cobertura da Terra referente aos anos 1997, 2003 e 2011.

Por meio da avaliação dos produtos obtidos a partir da classificação supervisionada por região das imagens TM, bem como das verificações de campo, foi possível detectar mudanças significativas nas áreas de cobertura vegetal e de uso do solo na região. A Tabela 15 apresenta a quantificação das áreas definidas pelas classes de uso do solo e cobertura vegetal para os anos de 1997, 2003 e 2011.

Tabela 15. Distribuição das classes temáticas no município de Manacapuru.

CLASSES	1997		2003		2011	
	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)
Floresta	4.643,2	63,3	4.149,3	56,6	3.666,0	50,0
Floresta secundária	375,1	5,1	672,3	9,2	950,7	13,0
Culturas agrícolas	271,2	3,7	493,5	6,7	469,9	6,4
Solo exposto	50,8	0,7	174,9	2,4	463,6	6,3
Água	1.985,3	27,1	1.831,0	25,0	1.773,7	24,2
TOTAL	7.325,6	100	7.321,1	100	7.323,8	100

Ao observarem-se os resultados da tabela e do gráfico mostrado a seguir, é possível perceber que, no município de Manacapuru existe uma situação de instabilidade da paisagem, envolvendo a dinâmica do uso e cobertura da terra.

A Figura 19 apresenta a contribuição de cada uma das classes na área total do município nos períodos de análise.

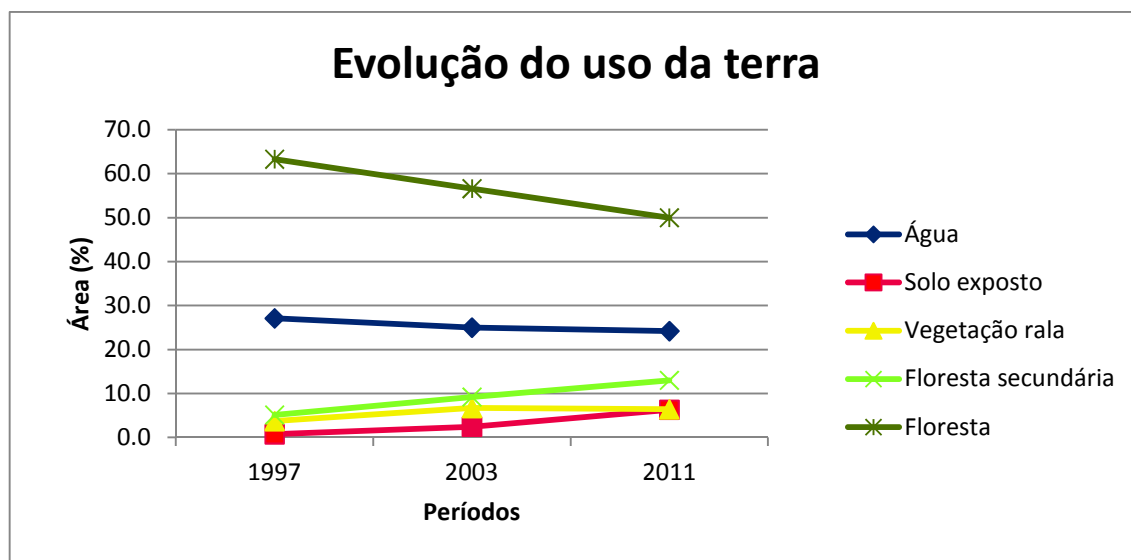


Figura 19. Apresentação da evolução do Uso e Cobertura da Terra no município de Manacapuru.

Ao examinar o gráfico, pode-se observar que no período de 1997 a 2011, houve um decréscimo de área em relação à classe Floresta e aumento das áreas respectivas à classe Solo Exposto, Cultivos e Floresta Secundária.

As áreas de floresta até o ano de 1997 ocupavam 63,3% da área, no período de 1997 a 2003 caiu para 56,6% e no período de 2003 a 2011 apresentou uma totalidade de 50% correspondendo a uma redução de aproximadamente 6,7% no período de 1997 a 2003 e 6,6% no período de 2003 a 2011. Levando em consideração a imagem de satélite mais antiga e a mais recente, bem como os resultados da classificação, verifica-se que houve uma perda de 13,3% das áreas de floresta (Tabela 16).

Tabela 16. Evolução do Uso e Cobertura da Terra para cada período.

CLASSES	2003 - 1997		2011 - 2003		2011 - 1997	
	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)
Floresta	-493,8	-6,7	-483,4	-6,6	-977,2	-13,3
Floresta secundária	297,2	4,1	278,4	3,8	575,6	7,9
Culturas	222,0	3,0	-23,6	-0,3	198,4	2,7
Solo exposto	124,4	1,7	288,7	3,9	413,1	5,6
Água	-154,2	-2,1	-57,4	-0,8	-211,6	-2,9

A classe floresta secundária, apresentou um aumento gradual nos períodos estudados. Em 1997, ocupava 5,1% da área, já no ano de 2003, correspondia a 9,2% e em 2011 totalizava

13%, observa-se que mesmo ocorrendo um aumento em 2011 em relação ao ano de 1997, o período de 2003 a 2011 apresenta aumento menor (3,8%) em relação ao período de 1997 a 2003 (4,1%).

No entanto, analisando a variação da área do município, constata-se que os valores em relação à classe floresta secundária são inversamente proporcionais a um aumento das áreas de solo exposto. Verifica-se que no período de 1997 a 2003 a classe totalizava 1,7%, já no período de 2003 a 2011 o valor correspondia a aproximadamente 3,9% da área.

Observando as imagens de satélite para os anos de 1997 e 2011, pode-se avaliar a quantidade de perda de vegetação e aumento de área de solo exposto no período estudado. As áreas de solo exposto correspondiam a 0,7% em 1997, teve um aumento para 2,4% em 2003, e em 2011 ocorreu mais que o dobro totalizando 6,4%, um aumento de 5,6% no período de 1997 a 2011.

Observa-se nos mapas de uso do solo e cobertura vegetal (Figuras 20, 21 e 22) correspondente aos anos estudados que esta classe corresponde as áreas ao longo das vias de acesso fluvial e rodoviário.

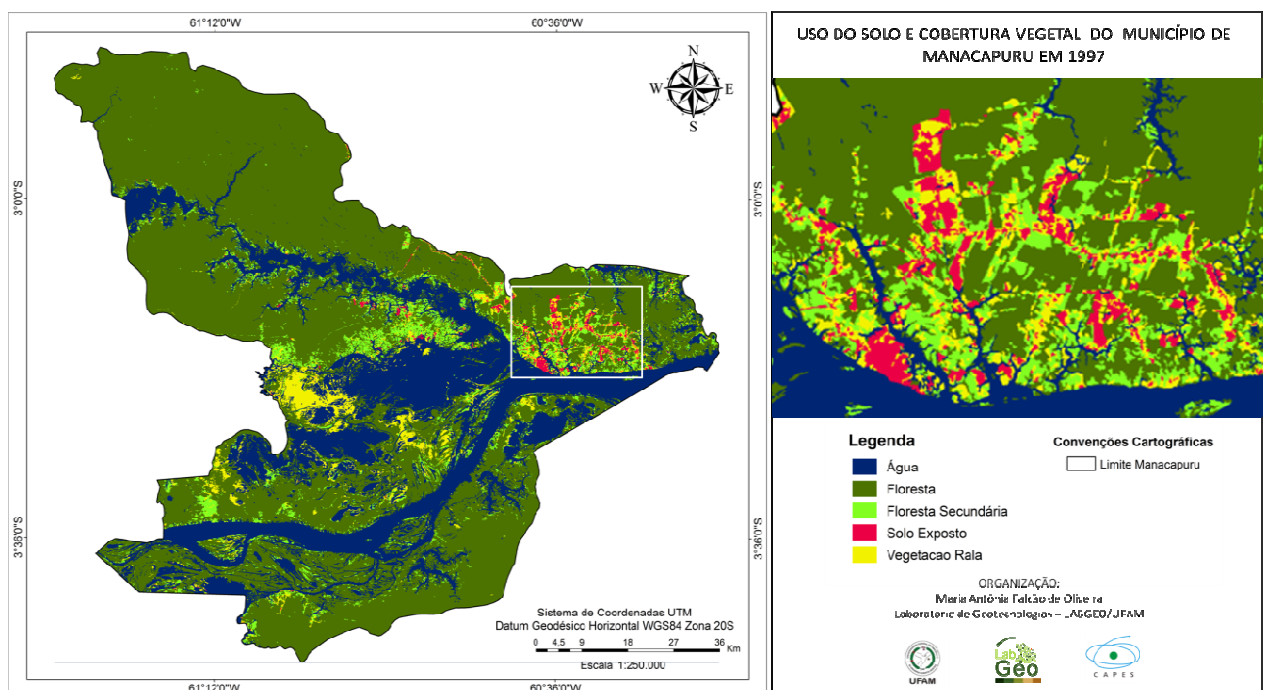


Figura 20. Mapa de uso e cobertura do solo para o município de Manacapuru em 1997.

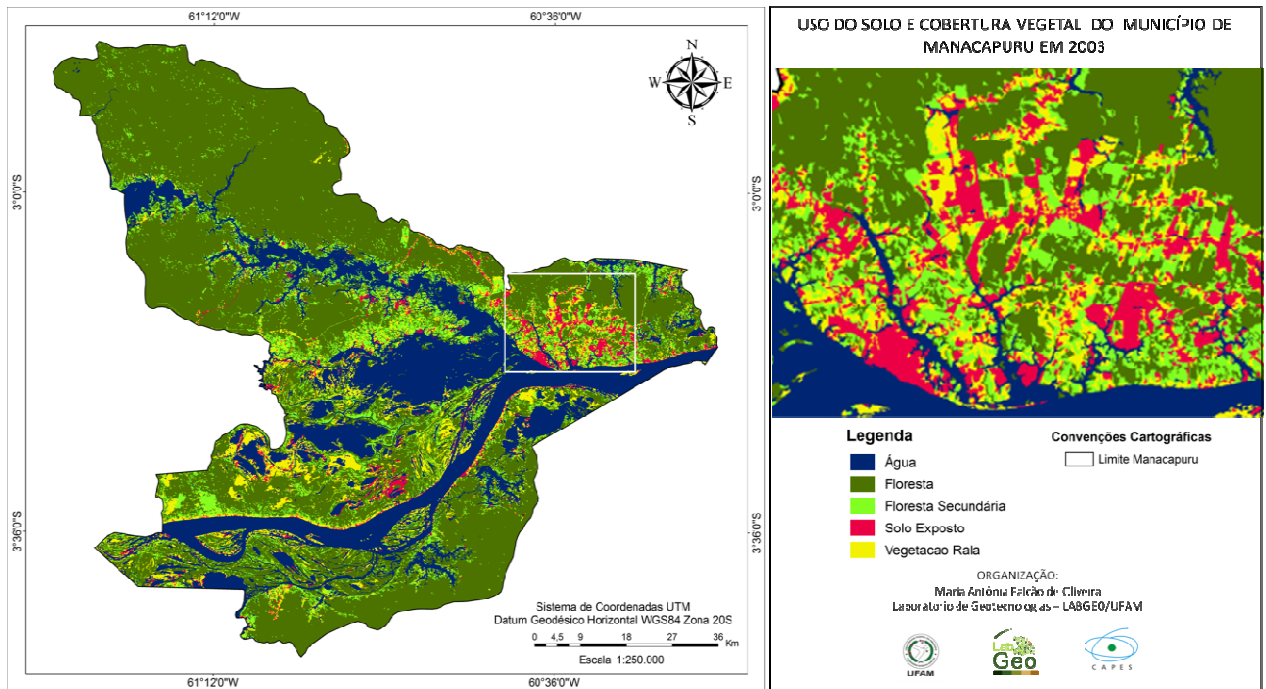


Figura 21. Mapa de uso e cobertura do solo para o município de Manacapuru em 2003.

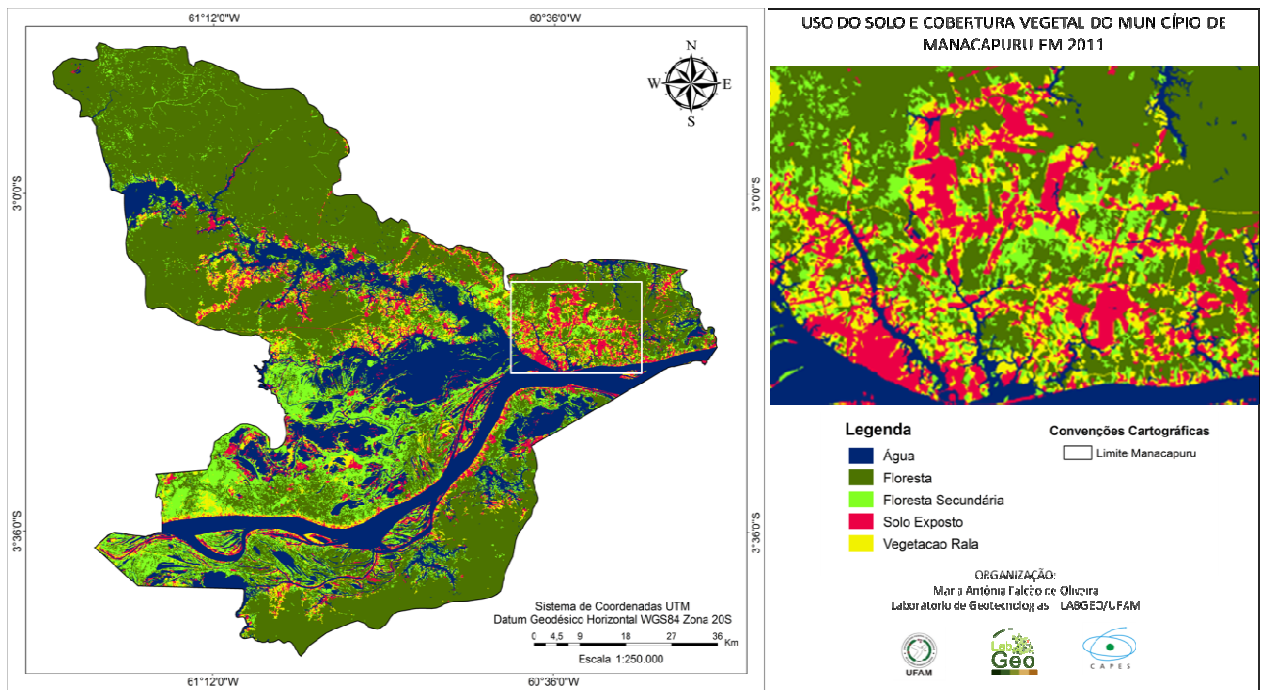


Figura 22. Mapa de uso e cobertura do solo para o município de Manacapuru em 2011.

Na atualidade, as áreas antrópicas configuram um crescente quadro modificador ao cenário da vegetação no entorno das sedes municipais e lateralmente as rodovias (D'ANTONA et al, 2007; MOREIRA et al, 2009).

Santos (2012) em um estudo do desflorestamento e qualidade ambiental no município de Iranduba, relata que a facilidade de acesso é um fator importante que tem contribuído na perda de vegetação, segundo a autora, nas proximidades da Rodovia AM 070 e da Rodovia AM 352, há uma presença maior de áreas de solo exposto e consequente perda de cobertura vegetal.

Moura (2009), também descreve que as estradas Rodovia AM 070 e da Rodovia AM 352 possuem no seu entorno diversos tipos de ocupação do solo, e que a perda da cobertura vegetal é cada vez mais intensa ao longo dos anos, e associa à presença de olarias e extração de madeiras ilegais como contribuintes para a degradação ambiental.

Gonzaga (2009) em estudo realizado na área de influência da Rodovia Manoel Urbano (AM 070) utilizando ferramentas geotecnologias para analisar a dinâmica de ocupação da terra nos anos de 1991 e 2007, identificou que a cobertura florestal entre os anos de 1991 e 2007 sofreu redução de 13,3%. Quanto à floresta secundária (capoeira) no ano de 1991, 8,1% da área era ocupado por este tipo de vegetação, apenas na área de influência da estrada. No ano de 2007, este número saltou para 16,3% (um crescimento superior a 100%). Isso confere que a perda da vegetação tem relação com a facilidade de acesso.

Com o projeto de duplicação da AM 070, a tendência de aumento dos processos de antropização é ainda maior. Segundo informações do G1 Amazonas (2012) é previsto a construção de duas pistas com 7,10 metros de largura, acostamento e drenagem de 2,30 metros para cada lado. Ainda de acordo com o projeto, a pista terá largura total de 18,80 metros e contempla a duplicação das pontes sobre o Rio Miriti e Rio Ariaú.

Onde também há indicação de grande ocupação do solo, são as áreas ao longo do rio Solimões. As ocupações nestas áreas se dão principalmente por se tratar de solos férteis (SIOLI, 1975). O regime fluvial do rio Amazonas apresenta uma característica peculiar e particularmente favorável ao uso agrícola da planície de inundação, pois as planícies de

inundação de águas brancas ou “várzeas” da Amazônia Central representam ambientes muito produtivos e, historicamente, foi onde se concentrou as mais intensas atividades de pesca e de agricultura (FRAXE et al, 2007). Além disso, a exposição do leito fertilizado dos lagos permite que nestes locais ocorra o crescimento acelerado de plantas herbáceas adaptadas à fase terrestre possibilitando a incorporação destes ambientes à paisagem agrária como áreas de pastagem naturais (STERNBERG, 1998).

A facilidade de escoamento dos produtos cultivados relacionado à proximidade dos rios, que servem como canal de transporte, também um fator que propicia a ocupação dessas áreas (SOUZA, 2009; FRAXE et al 2007).

Em relação à classe água, esta ocupa mais de 30% da área do município, sendo que parte do regime hídrico está localizada em áreas de planícies inundáveis, que passam por modificações ao longo de curtos períodos (KLAMMER, 1984). As enchentes variam de acordo com a mudança de nível das águas pelos fenômenos da enchente e vazante (MORAN, 1990; JUNK, 1998). Isso justifica os valores encontrados nesta classe apresentarem variações de um período para o outro. Os eventos de cheias na Amazônia são em geral, registrados entre os meses de junho e julho de cada ano (FILIZOLA et al, 2006).

Em 2011 a classe apresentou o menor valor, considerando que a imagem referente a esse período corresponde à época da vazante, mês de agosto, com menor incidência de chuvas na região. Utilizando dados fluviométricos, as cotas respectivas aos meses dos anos estudados 1997 (junho-julho), 2003 (julho-agosto) e 2011 (agosto-setembro), verifica-se que no mês de junho o qual corresponde à imagem de 1997, indica a maior cota registrada para este mesmo ano, na qual a classe representava 27,1%. Isso justifica a classe água apresentar-se maior em relação aos demais anos estudados. A classe água referente a ano de 2003 correspondia a 25%. Já em 2011 a classe correspondia a 24,2%. Na Figura 23, é apresentado um gráfico com as cotas do nível do rio Solimões em relação aos meses dos anos estudados.

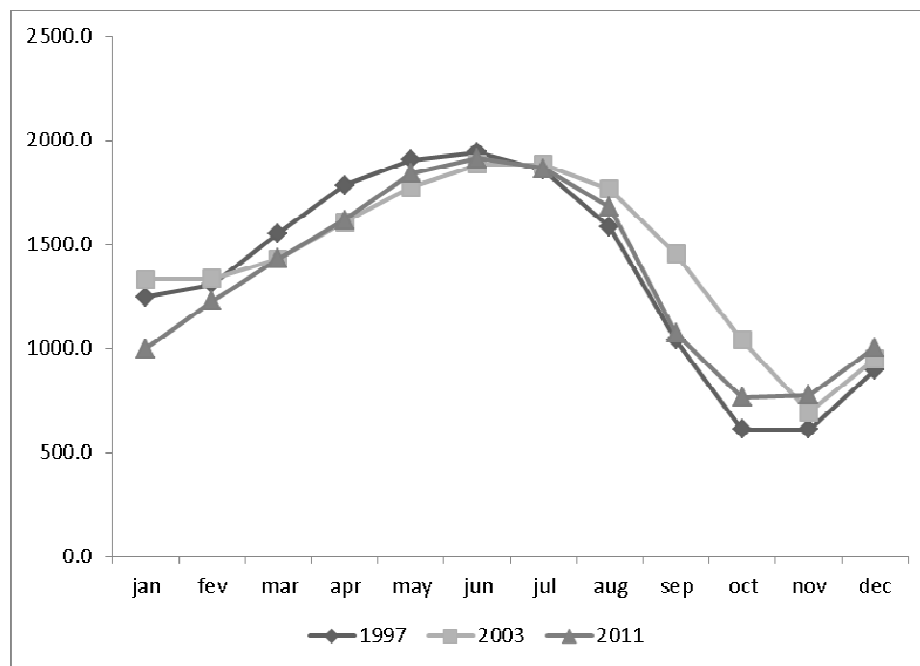


Figura 23. Nível do rio cotas (cm) na estação de Manacapuru para o período estudado 1997, 2003 e 2011.

Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA, Estação Manacapuru, Código: 14100000.

5.2.5 Delimitação das Áreas de Preservação Permanentes – APPs

Foram identificadas três categorias de áreas de preservação permanente no município de Manacapuru: I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente; II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais; e III - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes. As classes de APPs foram delimitadas e quantificadas pela distância de faixa, e não por categoria de APP, nesse caso as áreas correspondentes às nascentes estão estimadas em aproximadamente 0,2 % (11,2 km²) da área do município. Os cursos d'água (com faixas de 30 a 500 m) representam 12,6% (922,6 km²).

As APPs ocuparam uma área de 914,5 km² de um total de 7.330,66 km² da área do município, representando 12,5% de áreas legalmente protegidas (Tabela 17).

Tabela 17. Quantificação das Áreas de Preservação Permanentes.

FAIXA	TIPO DE APP	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
50 m	Nascentes	11,2	0,2

30 m	Cursos d'água menores que 10 m	168,9	2,3
50 m	Cursos d'água de 10 a 50 m e lagos/lagoas menores 20 ha de superfície	16,9	0,2
100 m	Cursos d'água de 50 a 200 m e lagos/lagoas maiores que 20 ha de superfície	321,4	4,4
200 m	Cursos d'água de 200 a 600 m	78,7	1,1
500 m	Cursos d'água maiores que 600 m	317,7	4,3
TOTAL		914,1	12,5

A Figura 19 apresenta a distribuição das áreas de preservação permanente mapeadas na área do município, com detalhamento das classes de APPs, previstas no Novo Código Florestal, Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.

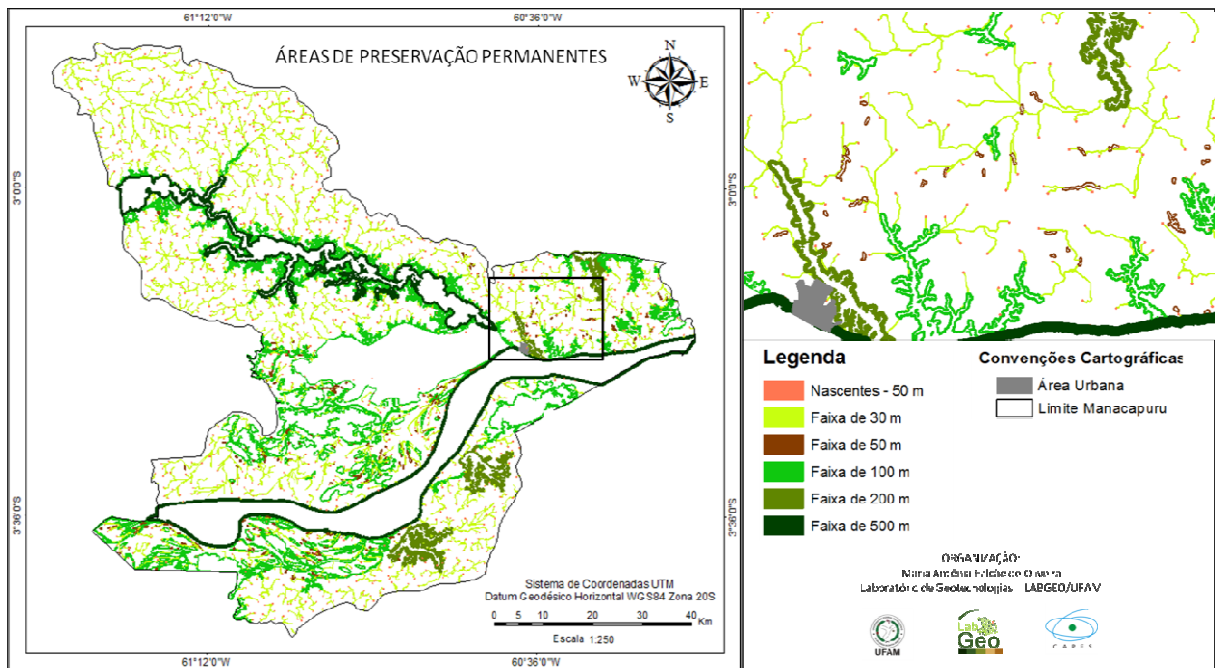


Figura 24. Mapa das áreas de preservação permanentes no município de Manacapuru com destaque das faixas de acordo com Código Florestal, Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.

5.2.5.1 Conflitos de uso da terra

Nesta etapa, os mapas de uso da terra e de áreas de preservação permanente foram sobrepostos e realizada uma tabulação cruzada entre as classes de uso e cobertura da terra e as áreas de preservação permanente. O resultado foi o mapeamento, quantificação das áreas de uso da terra em conflito com a legislação ambiental, no que tange a áreas de preservação

permanente. A Tabela 18 apresenta os valores obtidos na tabulação cruzada entre os mapas de uso e cobertura da terra referente aos anos 1997, 2003 e 2011 e o mapa das áreas de preservação permanentes.

Tabela 18. Identificação em valores da ocorrência de conflito de uso do solo das Áreas de Preservação Permanentes em relação ao mapa de uso e cobertura da terra para os anos estudados.

Uso da terra/APPs	1997		2003		2011	
	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)
Floresta	481,1	6,6	344,4	4,7	255,3	3,5
Floresta secundária	89,7	1,2	159,4	2,2	159,8	2,2
Culturas	50,2	0,7	116,5	1,6	118,0	1,6
Solo exposto	10,8	0,1	52,4	0,7	130,1	1,8
Água	282,6	3,9	241,4	3,3	251,7	3,4

As classes mapeadas estão parcialmente situadas nas áreas legalmente protegidas, porém as classes solo exposto e culturas agrícolas são classes característicos da ação humana, essas classes caracterizam o conflito de uso do solo, pois são resultados da transformação da paisagem.

Em 1997 as áreas de floresta representavam 6,6 % das áreas de APP, e as áreas de solo exposto e cultivos representavam 0,1 % e 0,7 % respectivamente. No ano de 2003 as áreas de floresta em APP representavam 4,7% e as de conflito de uso do solo representavam 0,7% (solo exposto) e 1,6% (Culturas). Já no ano de 2011 houve um aumento das áreas de conflito do uso do solo, as áreas correspondente às classes solo exposto e culturas correspondiam à 1,8% e 1,6% respectivamente e as áreas de cobertura natural, no caso, floresta houve uma redução correspondendo a 3,5% nessas áreas.

Do total de 914,5 km² referentes às APPs, 248,1 km² (3,4%) estão afetados por uso indevido, 666,8 km² (9,1%) são pertencentes às classes de cobertura natural, (floresta, floresta secundária e água).

5.3 VULNERABILIDADE A EROSÃO DOS SOLOS

A análise da Vulnerabilidade dos solos por sobreposição ponderada do município de Manacapuru, conforme as proposições metodológicas de Crepani et al (2001), baseados nos conceitos da ecodinâmica de Tricart (1977) para a geração da Carta de Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo, resultou em dois produtos que permitiram a espacialização das áreas mais vulneráveis aos processos de erosão.

Os resultados são compostos pela abordagem das variáveis ambientais, tais como clima, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação/uso e cobertura da terra, as quais avaliadas em conjuntos propiciaram a análise da vulnerabilidade à erosão dos solos no município de Manacapuru.

Neste contexto, os procedimentos metodológicos adotados permitiram chegar a uma classificação não-paramétrica da área de estudo. Os resultados desta pesquisa foram, principalmente, obtidos através de produtos cartográficos em escala 1:250.000.

O próximo resultado foi a obtenção do mapa de Clima de Manacapuru, através da interpolação dos dados pluviométricos das estações da Agência Nacional de Água.

A Tabela 19 mostra os valores de precipitação média (mensal e anual), o número de dias com chuva, convertidos em meses (divididos por 30) e os valores da intensidade pluviométrica calculada a partir destes dados para um período de 31 anos (1980 – 2011).

Tabela 19. Valores de precipitação média mensal e anual, número de dias com chuva e valores de intensidade pluviométrica calculada para cada estação pluviométrica.

Estações	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	*P.M.A	**N.D.C	***I.P
MANACAPURU	635	589	595	520	464	326	248	210	271	314	371	460	5003	182/30	392.91
BELA VISTA	625	583	592	532	462	328	248	211	276	310	372	497	5036	184/30	393.44
BERURI	521	474	556	552	515	408	341	291	285	336	357	422	5058	183/30	396.19

Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA.

*P.M.A = Precipitação Média Anual (mm);

**N.D.C = Número de dias com chuva/30 (mês).

***I.P. = Intensidade Pluviométrica = $\frac{\text{Precipitação Média Anual (mm/mês)}}{\text{Número de dias com chuva/30}}$

As 21 classes de vulnerabilidade/estabilidade estabelecidas para os temas clima, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação/uso e cobertura da terra, permitiu constatar que o grau de estabilidade de cada unidade ambiental variou de 1,5 a 2,5. No Quadro 6 estão expressos os resultados calculados pela Média Zonal de cada classe, bem como a representatividade de cada valor de vulnerabilidade na área de estudo.

Quadro 6. Classes de vulnerabilidade do solo à erosão na área.

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA			GRAU DE VULNERAB		
					HA	%
U1		3,0		VULNERÁVEL	0	0
U2		2,9			0	0
U3		2,8			0	0
U4		2,7			0	0
U5	VULNERABILIDADE	2,6		MODERADAM. VULNERÁVEL	0	0
U6		2,5			30,8	0,4
U7		2,4			420,3	5,7
U8		2,3		2198,1	30,0	
U9		2,2		1319,4	18,0	
U10		2,1		78,6	1,1	
U11		2,0		1571,0	21,4	
U12		1,9		1584,7	21,6	
U13		1,8		23,0	0,3	
U14		1,7		25,3	0,3	
U15		1,6		57,0	0,8	
U16		1,5		1,0	0,0	
U17		1,4		0	0	
U18		1,3		0	0	
U19		1,2		0	0	
U20		1,1		0	0	
U21		1,0		0	0	

Foram identificadas três classes de vulnerabilidade, a saber: Moderadamente estável, Medianamente estável e/ou vulnerável e Moderadamente vulnerável. As classes Vulnerável e Estável não foram encontradas, o que condiz com a variação dos padrões de relevo, os quais, não receberam o valor correspondente ao mais alto grau de vulnerabilidade, e nem ao menor grau de estabilidade.

A partir desses dados foi possível inferir que a classe de maior ocorrência é a da Medianamente estável e/ou vulnerável com aproximadamente 2.811,8 km² de extensão (38,4%), sequencialmente a classe Moderadamente estável, apresentando cerca de 2.586,9 km² (35,3%) e Moderadamente vulnerável, que corresponde a aproximadamente 76,5 km², equivalente a apenas 1% da área.

Na Figura 25, pode se observar no gráfico a distribuição das classes de vulnerabilidade no município de Manacapuru.

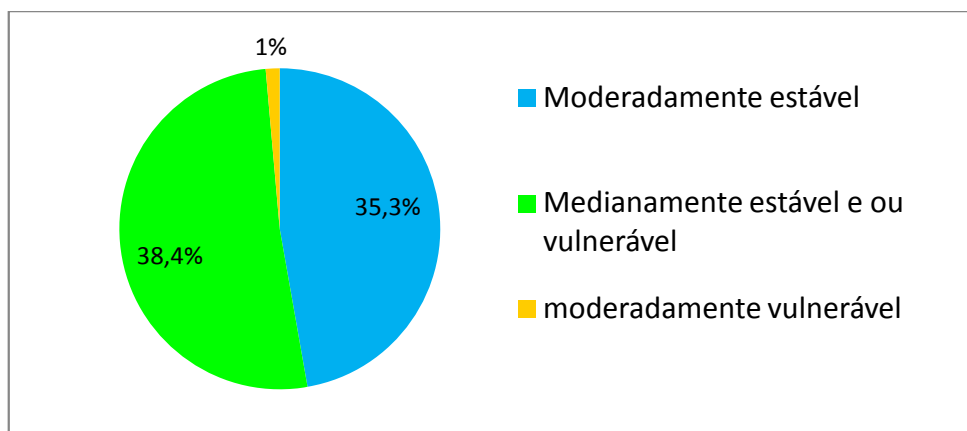


Figura 25. Distribuição espacial das classes de vulnerabilidade dos solos no município de Manacapuru.

A Figura 26 apresenta o mapa de vulnerabilidade, com as classes de vulnerabilidade encontradas na área do município de Manacapuru.

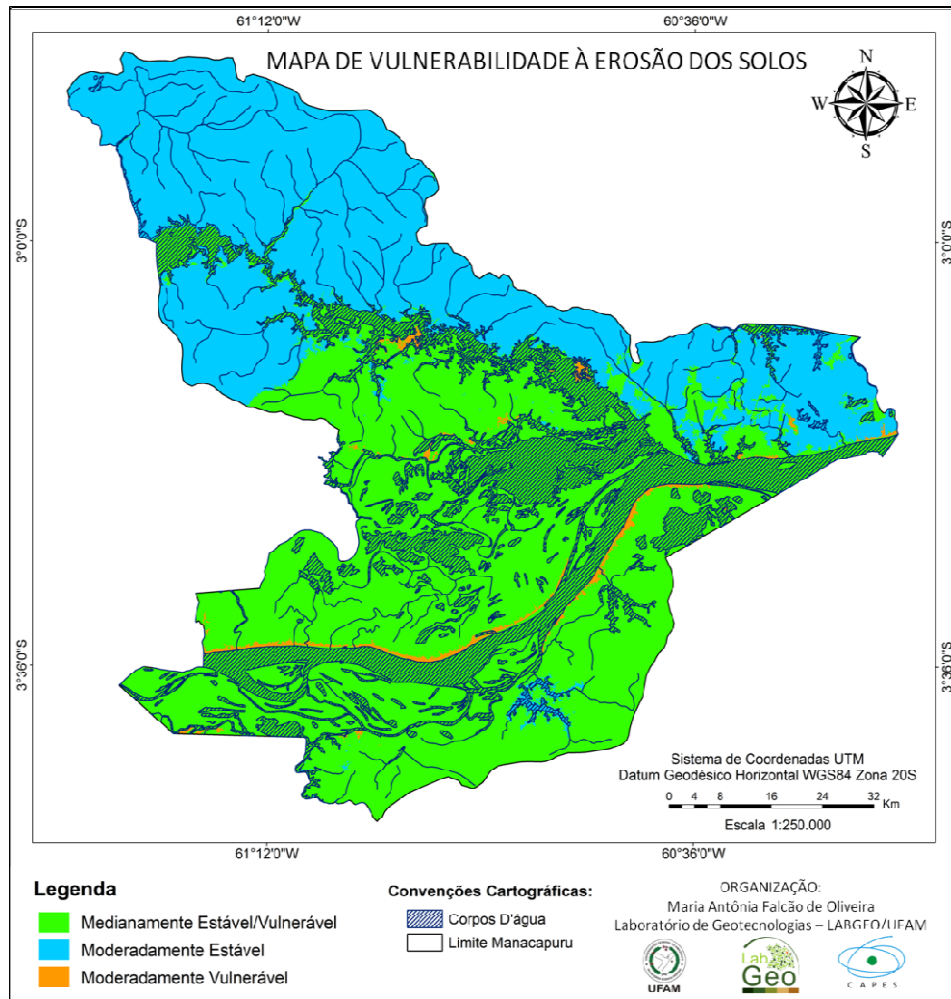


Figura 26. Mapa de vulnerabilidade a erosão natural do município de Manacapuru.

A classe que contém o intervalo de 1,6 a 1,7 (Moderadamente Estável/Vulnerável) localiza-se em regiões distintas:

a. Na unidade geomorfológica Planalto Dissecado:

Unidade sedimentar constituída por quartzo arenitos, arenitos arcoseanos, arenitos caulínicos e caulins. A ação de intemperismo e lixiviação desenvolvida ao longo do Neógeno sobre estas rochas cretáceas originaram espesso manto de alteração e formação supergênica de perfis lateríticos. É caracterizado por interflúvios tabulares de dimensões médias com ocasionais setores de topos convexos, separados por vales alargados, de fraco aprofundamento, com vertentes retilíneas ravinadas e com processos de movimentos de massa e desmoronamentos. São as áreas onde estão localizadas as altitudes acima de 40 metros,

relevo varia entre suave ondulado, ondulado a fortemente ondulado. Os tipos de solos presentes: Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo, Petroplúntico, Espodossolos, Plintossolo e Planossolo. A vegetação é do tipo Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas Dossel emergente Floresta Ombrófila Aberta Aluvial com palmeiras.

b. Na unidade geomorfológica Depressão do Madeira:

Caracteriza-se por apresentar setores de planos retocados e interflúvios tabulares amplos, com trechos de formas convexas e tabulares de menores dimensões ao longo das linhas de fraqueza estrutural.

c. Na unidade geomorfológica Depressão do Solimões:

Caracterizam-se pela predominância de interflúvios tabulares de grandes e médias dimensões, contatos marcados por rupturas de declive nítidas com a Planície Amazônica e com o Planalto da Bacia Sedimentar do Amazonas, da qual ocorre uma transição gradual para os relevos da Depressão do Rio Negro-Unini. A altitude varia de 0 a 60 metros.

A classe que contém o intervalo de 1,8 a 2,2 (Medianamente Estável/Vulnerável) situam-se sobre superfície Planície Amazônica, é constituída principalmente de terrenos aplanados, aptos ao acúmulo da sedimentação fluvial, configurando áreas sazonalmente inundáveis que formam as planícies aluvionares ou várzeas. São característicos também dessa formação os diques marginais, canais anastomosados, lagos, paranás, igarapés, igapós e ilhas. As aluviões holocênicas têm distribuição em amplas faixas ao longo das principais drenagens e recobrem as rochas mais antigas, apresentam altitudes variando de 0 a 30 metros e pouca variação de relevo, de 0 a 13% de declividade. São presentes níveis de argilas, siltes e areias muito finas a grosseiras, estratificadas, localmente intercaladas por concreções ferruginosas, e concentrações orgânicas, resultando em solos do tipo Neossolo, Gleissolos e Gleissolos Húmicos.

A classe que contém o intervalo de 2,3 a 2,6 (Moderadamente vulnerável) está localizada sobre a superfície da unidade geomorfológica Planície Amazônica e as características são similares à classe Medianamente Estável/Vulnerável, pois está distribuída em uma pequena porção que envolve as mesmas características de relevo, geomorfologia e solos. No entanto, em termos de vulnerabilidade, essa classe é a mais vulnerável apresentada na área. Provavelmente isto ocorreu em virtude dessa área ser composta por solos onde o índice variou de 1,6 a 3,0, e por apresentar pouca cobertura vegetal, influenciada seja pelo processo de cheia e vazante, ou pelo tipo de solo, mas principalmente por processo de intervenções antropicas.

6 CONCLUSÕES

O aplicativo SPRING, através de seus diferentes módulos, possibilitou a realização de todas as tarefas, proporcionando a análise dos dados e confiabilidade nos resultados obtidos.

Os níveis de relevo no município de Manacapuru apresentam-se principalmente na faixa de 10 a 20 metros e varia de 0 a 100 metros de altitude.

As faixas de declividade não ultrapassam 45% de inclinação, sendo a faixa que varia de 3 a 8%, a mais comum na área do município, caracterizando a área com relevo de suave ondulação.

O rio Solimões corresponde a 137,85 km de comprimento dentro da área do município de Manacapuru e sua densidade de drenagem é de aproximadamente 0,76 km/km².

A utilização das imagens do sensor TM/Landsat-5, possibilitou uma classificação supervisionada do uso do solo e cobertura vegetal do município de Manacapuru de forma adequada, rápida e confiável.

Dentro dos objetivos propostos os resultados alcançados a partir do algoritmo de classificação supervisionada por regiões *Bhattacharrya* mostraram-se eficientes na discriminação de florestas, florestas secundárias, culturas, Solo Exposto e Água presentes nas imagens, apresentando um valor significativo de *Kappa*.

A partir dos resultados, verifica-se que houve um aumento progressivo da perda de florestas nos períodos estudados, passando de 63,3% no ano de 1997 para 56,6% em 2003 e 50% em 2011, o que indica uma redução de aproximadamente 6,7% no período de 1997 a 2003 e 6,6% no período de 2003 a 2011 nas áreas de floresta.

As Áreas de Proteção Permanentes ocuparam uma área de 914,5 km² de um total de 7.330,66 km² da área do município, representando 12,5% de áreas legalmente protegidas, no entanto, desse total, cerca de 248,1 km² (3,4%) apresentam conflitos de uso da terra.

No âmbito de subsidiar um futuro zoneamento ambiental para planejamento e a gestão da ocupação territorial do município de Manacapuru, a metodologia proposta por Crepani et al (2001) para a determinação do Mapa de Vulnerabilidade a Erosão, mostrou-se satisfatória tendo em vista a elaboração dos mapas temáticos e a facilidade de aplicação e de acesso dos dados utilizados, visto que, todas as bases cartográficas e dados climáticos estão facilmente disponíveis.

7 BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). HidroWeb: **Sistemas de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>>. Acesso em: 31 maio 2003.

ALVES, D. S. *Space time dynamics of deforestation in Brazilian Amazonia*. International Journal of Remote Sensing, v. 23, p. 2903-2908, 2002

AMAZONAS. **Lei N° 3.355, de 26 de dezembro de 2008**. Dispõe sobre a redefinição dos limites territoriais da área de proteção ambiental da margem direita do rio negro, setor paduari-solimões, criada pelo decreto n° 16.498, de 2 de abril de 1995, e redelimitada pela lei n° 2.646, de 22 de maio de 2001, e cria a Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Rio Negro, e dá outras providências. Gabinete do governador do estado, em Manaus, 26 de dezembro de 2008.

AMAZONAS. **Coletâneas de unidades de conservação no estado do Amazonas**: Leis, Decretos e Portarias. Manaus: SDS/CEUC, 2009. p 98. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SDS.

ANDRADE, A. L. M. Indicadores de sustentabilidade na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Piranha, Manacapuru, Amazonas, Brasil. **Revista Acta Amazônica**, vol. 37(3) 2007: 401 – 412.

ANDRADES FILHO, C. O.; HAYAKAWA, E. H.; Prado, B. R. 2009. **Avaliação comparativa da qualidade da extração automática de drenagens a partir de dados SRTM provenientes de diferentes fontes**. In: *XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Viçosa*. Anais... 2009. Disponível em: <www.geo.ufv.br/simposio/index.htm>. Acesso em: 26/01/2011.

ASSAD, E. D., SANO, E. E. **Sistemas de Informações Geográficas – aplicações na agricultura**. 2ª edição, revisada e ampliada – Brasília: Embrapa – SPI/Embrapa – CPAC, 1998.

BECKER, B. K., EGLER, C.A.G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal**. Brasília. Secretaria de Assuntos Estratégicos/ Ministério do Meio Ambiente. 1996.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 15 ago. 2012.

_____. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 01 nov 2012.

BRITO, J. L. S; PRUDENTE, T. D. Análise temporal do uso do solo e cobertura vegetal do município de Uberlândia-MG, utilizando imagens ETM+/ Landsat 7. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 17 (32): 37-46, jun. 2005.

BURROUGH, P. A. *Data Structures For The Thematic Maps*. Geoprocessing. P. 1-37, 1986.

CAETANO, C. A., & PACHECO, F. A. (2009). **Caracterização de Bacias Hidrográficas para Fins de Aproveitamento Hídrico, no Concelho de Torre de Moncorvo, Utilizando SIG**. In: *1º Seminário sobre Gestão de Bacias Hidrográficas “As Regiões do Norte e as Perspectivas Futuras de Gestão* , pp. ISBN 978-972-99991-8-5.

CAMARA, G; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: SP. 1996, INPE.

CAMPOS, S. V. **Alterações no uso do solo e da cobertura vegetal na sub-bacia rio Cuiabá alto e sua influência na fluviometria, no período de 1970 - 2002**. 2004. 154 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Curso de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

CONGALTON, R. G. *A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data*. Remote Sensing of Environment, v. 37, n. 1, p. 35-46, Jul. 1991.

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. New York: Lewis Publishers, 2009.

COSTA, L. A. 2001. **Proposta de Zoneamento de Áreas Rurais utilizando Sistema de Informações Geográficas**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 158pp.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Geobank: banco de dados**. Disponível em: <<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>>. Acesso em 21 de setembro de 2011.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/dsr/simeao/Publicacoes/SERGISZEE3.pdf>>. Acesso em: set. 2010.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S., PALMEIRA, A.F., SILVA, E.F. **“Zoneamento Ecológico-Econômico”**, in *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. Org. por Florenzano, T.G., ed. Oficina de Textos, São Paulo – SP, 2008. pp. 285 – 318.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; FILHO, P.H.; PALMEIRA, A. F. **Intensidade pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo**. Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos - SP. 2004. 30p.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: UNICAMP, 1992.170 p.

D’ANTONA, R. DE J.G.; REIS, N.J.; ARAÚJO, I.DE B.; Maia, M.A.M.; Rosa, S.F.; Nava, D.B. 2006. **Projeto Materiais de Construção da Área Manacapuru – Iranduba – Manaus – Careiro: Domínio Baixo Solimões**. Informe de Recursos Minerais, Rochas e Minerais Industriais. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Manaus, 2007.

DAINESE, R.C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação não-supervisionada e análise visual**. 2001. 186p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

DI GREGORIO, A. *Land cover classification system (LCCS), version 2: classification concepts and user manual*. Rome: FAO, 2004.

DUNN,C.P.; SHARPE, D.M; GUNTENSPERGEN, F.S. & YANG, Z. *Methods for analyzing temporal changes in landscape pattern*. In: Turner, M.G. & Gardner, R.H. (Eds.),

Quantitative Methods in Landscape Ecology: the Analysis and Interpretation of Landscape Heterogeneity. Nova York: Springer Verlag, pp.173-198, 1991.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006.3306 p.: il.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 1999. 412 p.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo; Oficina de Texto, 2002.

FLORENZANO, T.G. (2008). “Cartografia”, in *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. Org. por Florenzano, T.G., Ed. Oficina de Textos, São Paulo – SP, PP. 105 – 128.

FORMAGGIO, A. R.; ALVES, S.D; EPIPHANIO, J. C. N. **Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras**. R. Bras. Ci. Solo, 16:249 -256, 1992.

FRANÇA, A. M. S. **Aplicação de sensoriamento remoto no estudo da influência da dinâmica sazonal do Rio Amazonas sobre a morfologia dos sistemas lacustres**. 2005. 134 f (INPE-14469-TDI/1150). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

FRAXE, T. J. P; PEREIRA, H. S, WITKOSKI, A. C. **Comunidades ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais**. Manaus: EDUA, 2007. 224 p. ISBN 8574012636.

G1 AMAZONAS, 2012. **Duplicação da AM-070 deve ser iniciada em abril, no Amazonas**. Disponível no site: <http://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2012/01/duplicacao-da-am-070-deve-ser-iniciada-em-abril-no-amazonas.html>. Acesso em 14 de outubro de 2012.

GOODCHILD, M. F; RHIND. D. W. *The US National Center for Geographic Information and Analysis: some comparisons with Regional Research Laboratories*. Foster M.J. Shand, P. J. (eds.) *The Association for Geographic Information Yearbook* Taylor & Fancis and Miles Arnold, London, pp 226-31, 1990.

GONZAGA, J. R. C. **Estudo da dinâmica de ocupação da terra na área de influência da rodovia Manoel Urbano – AM 010, por meio de ferramentas geotecnológicas.** 2009. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

HORTON, R. E. *Erosional development of streams their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology.* *Bulletin of the Geological Society of America*, Colorado, v.56, p.275 - 370, 1945.

INPE. Divisão de Geração de Imagens. **Catálogo de Imagens.** Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 20 ago. 2010.

INPE. TOPODATA: **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil.** Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 05 de junho de 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS/Divisão de Processamento de Imagens (INPE/DPI). **Processamento digital de imagens e suas técnicas.** [on line]. <http://www.dpi.inpe.br/inpe/dpi/spring/usuario/pdi_com.html>. Setembro de 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.hpg.gov.br>>.

_____. **Censo populacional, 2010.**

_____. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** 2ª edição. Rio de Janeiro, 2012.

JUNK, W.J. 1998. **A várzea do rio Solimões – Amazonas: conceitos para o aproveitamento sustentável de seus recursos.** In: *Simpósio de Ecossistemas Brasileiro*, 4. Max – Plank. Institut Fur Limnologie.

KLAMMER, G. *The relief of extra-Andean Amazon basin.* In: *Sioli, H. The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin.* Dordrecht: Dr. W. Junk, 1984. p. 47-83.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. *The measurements of observer agreement for categorical data.* *Biometrics*, v. 33, p. 159-174, 1977.

LILLESAND, T. M.; KIEFFER, R. W. *Remote sensing and image interpretation.* 3ª Edição. New York, EUA. 750p., 1994.

LORENA, R. B. **Evolução do uso da terra em porção da Amazônia Ocidental (Acre), com uso de técnicas de detecção de mudanças.** 2001. 116 f. (INPE-9650-DTI/846). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de PESquisas Espaciais, São José dos Campos.

MARGULIS, S. **Causas do Desmatamento na Amazônia Brasileira.** Brasília, DF: Banco Mundial, 2003.

MARTINS, M. H. B.; COSTA, L. A.; OLIVEIRA, M. A. F; MENDES-PINTO, T. J. **Análise multitemporal da antropização da Área de Proteção Ambiental da Margem Direita do Rio Negro, Setor Paduari-Solimões.** In: *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.4519

MEDEIROS, L. C.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, L. G. **Avaliação de Modelos Digitais de Elevação para delimitação Automática de Bacias Hidrográficas.** In: *Revista Brasileira de Cartografia* n^o 61. (2009). Disponível em http://www.rbc.ufjf.br/_pdf_61_2009/61_02_6.pdf. Acesso em Maio de 2012.

MESQUITA, A.L.S. **Projeto básico do Projeto de implantação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Piranha.** Prefeitura Municipal de Manacapuru. 1997.

MORAN, E.F. 1990. **Adaptabilidade às várzeas da Amazônia.** In: *A ecologia humana das populações da Amazônia*. Petrópolis, RJ: Ed. Vozes.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação.** 3 ed. Viçosa: UFV, 2005. 320 p.

NASCIMENTO, J.L.A; SILVA, N.M. da. **Uso de geotecnologias no monitoramento de unidades de conservação: ocupações peri-urbanas na APA da Margem Esquerda do Rio Negro – Manaus.** In: *I Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia*. 2010, Manaus. Anais. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2010. Artigos, Disponível em <<http://seminariodoambiente.ufam.edu.br/2010/anais/rn64.pdf>>. Acesso em 10 de set. 2012.

NOVO. E. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações.** Edgard Blücher. São Paulo, Brasil. 1992.

FILIZOLA, N.; SILVA, A. V. S.; SANTOS, A. M. C. dos; OLIVEIRA, M. A. **Cheias e Secas na Amazônia: breve abordagem de um contraste na maior Bacia Hidrográfica do Globo**. T&C Amazônia, Ano IV, Número 46 9, Agosto de 2006.

PRANCE, G.T. **Estudos sobre a vegetação das Campinas Amazônicas - I**: Introdução a uma série de publicações sobre a vegetação das Campinas Amazônicas. Revista Acta Amazônica 5(3):207-209. 1975.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MANACAPURU – PMM (2011). A princesinha - Manacapuru. Página visitada em 15 de maio de 2011.

RIBEIRO, F. L. **Mapa de vulnerabilidade à erosão da região do Alto Rio Pardo - Pardinho (SP)**. 2002. 119 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu.

RICHARDS, J. A. *Remote sensing digital image analysis: an introduction*. 3. ed.. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 340 p.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**, 5. ed. Uberlândia: EDUFU, 2003. 238p.

ROSS, J. L. S. **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo**. Rev. Departamento de geografia, nº 6, FFLCH – USP, São Paulo, 1992.

SANTOS, R. M. S. **Estudo do desflorestamento e qualidade ambiental no município de Iranduba, Amazonas**. 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

SCHAEFER, C.E.G.R.; LIMA, H.N.; VALE JÚNIOR, J.F., MELLO, J.W.V. **Uso dos solos e alterações da paisagem na Amazônia: cenários e reflexões**. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, sér. Ciências da Terra, 12: 63-104, 2000.

SILVA, J.R.C.; DEGLORIA, S.D.; PHILIPSON, W.R. & McNEIL, R.J. Estudo da mudança de uso da terra através de um sistema de análise georreferenciada. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 17:451-457, 1993.

SIOLI, H. *Tropical river: the Amazon*. In: Whitton, B.A. (ed.). *River ecology*. Berkeley, U.S. Press, 1975. p. 461-487.

SOUZA, K. W. de. **Caracterização do uso do solo em comunidades de várzea do rio Solimões no trecho Coari - Manaus**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia) - Curso de Pós-Graduação em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

STERNBERG, H. O. **A Água e o Homen na Várzea do Careiro**. 2.^a ed. Belém: MPEG. 1998. 330 p.

STRAHLER, A.N. *Quantitative analysis of watershed geomorphology*. Trans. American Geophysical Union, 1957. p. 913 - 920.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M. de.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra** – 2a edição. Companhia Editora Nacional. São Paulo. 2009.

TEMPO AGORA. <<http://www.tempoagora.com.br/previsaodotempo.html/brasil/climatologia/Manacapuru-AM/>>. Acesso em 23 de agosto de 2012.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE / SUPREN, 1977. 97p.

VALLES, G. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados à geração de uma carta de vulnerabilidade natural à perda do solo**. 1999. 161 f. (INPE-14830-TDI/1270). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

VASCONCELOS, B. R. DE; FILHO, A. C. P. **Sensoriamento Remoto na Cobertura do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Amambaí – MS**. 48° In: *Congresso Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural – Tecnologia, Desenvolvimento e Integração Social*. Campo Grande, 2010.

WWF - BRASIL. **Reserva de Desenvolvimento Sustentável RDS análise da categoria de manejo e proposta de regulamentação**. 2006.

APÊNDICES

```

{ // (1) Programa em LEGAL para PONDERAÇÃO da GEOLOGIA
//Declaração de variáveis
Tematico EntraPIgeol ("Geologia");
Numerico SaiPIgeolponder ("Temas_Vulnerabilidade");
Tabela TabVulngeol (Ponderacao);
//Instanciação ou associação de variáveis
EntraPIgeol = Recupere (Nome= "Geologia");
SaiPIgeolponder = Novo (Nome="Geologia_grd", ResX=30, ResY=30,
Escala=100000, Min=0, Max=5);
TabVulngeol = Novo ( CategoriaIni="Geologia",
"QHa" : 3.0,
"Kac" : 2.0,
"QPi" : 2.0,
"TNs" : 2.0,
"QHt" : 3.0);
// Executa a operação
SaiPIgeolponder = Pondere (EntraPIgeol, TabVulngeol);}
--

{ // (2) Programa Atualiza tabela com operação de MÉDIA ZONAL da GEOLOGIA
Objeto utbs ("UTBMPU");
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
Digital entradaponderada ("Temas_Vulnerabilidade");
mapautbs = Recupere (Nome = "Unidades_Final");
entradaponderada = Recupere (Nome = "Geologia_grd");
utbs. "NOTAGEOL" = Atualize (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MedZ);}
--

{ // (3) Programa Atualiza tabela com operação de MAIORIA ZONAL da GEOLOGIA
Objeto utbs ("UTBMPU");
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
Tematico entradaponderada ("Geologia");
mapautbs = Recupere (Nome = "Unidades_Final");
entradaponderada = Recupere (Nome = "Geologia");
utbs. "GEOLOGIA" = Atualize (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MaiZ);}
--

```

```
{//(4) Programa em LEGAL para PONDERAÇÃO de AMPLITUDE ALTIMÉTRICA
```

```
//Declaração de variáveis
```

```
Tematico EntraPIaltimetria ("Hipsometria_Vulnerabilidade");
```

```
Numerico SaiPIaltimetriaponder ("Temas_Vulnerabilidade");
```

```
Tabela TabVulnaltimetria (Ponderacao);
```

```
//Instanciação ou associação de variáveis
```

```
EntraPIaltimetria = Recupere (Nome= "Hipsometria_Vul");
```

```
SaiPIaltimetriaponder = Novo (Nome="Altimetria_grd", ResX=30, ResY=30,
```

```
Escala=100000, Min=0,Max=5);
```

```
TabVulnaltimetria = Novo ( CategoriaIni="Hipsometria_Vulnerabilidade",
```

```
"< 20" : 1.0,
```

```
"20 - 29,5" : 1.1,
```

```
"29,5 - 39" : 1.2,
```

```
"39 - 48,5" : 1.3,
```

```
"48,5 - 58" : 1.4,
```

```
"58 - 67,5" : 1.5,
```

```
"67,5 - 77" : 1.6,
```

```
"77 - 84,5" : 1.7,
```

```
"84,5 - 94" : 1.8,
```

```
"94 - 103,5" : 1.9,
```

```
"103,5 - 113" : 2.0,
```

```
"113 - 122,5" : 2.1,
```

```
"122,5 - 132" : 2.2,
```

```
"132 - 141,5" : 2.3,
```

```
"141,5 - 151" : 2.4,
```

```
"151 - 160,5" : 2.5,
```

```
"160,5 - 170" : 2.6,
```

```
"170 - 179,5" : 2.7,
```

```
"179,5 - 189" : 2.8,
```

```
"189 - 200" : 2.9,
```

```
"> 200" : 3.0);
```

```
// Executa a operação
```

```
SaiPIaltimetriaponder = Pondere (EntraPIaltimetria, TabVulnaltimetria);}
--
```

```

{ // (5) Programa Atualiza tabela com operação de MÉDIA ZONAL da ALTIMETRIA
Objeto utbs ("UTBMPU");
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
Digital entradaponderada ("Temas_Vulnerabilidade");
mapautbs = Recupere (Nome = "Unidades_Final");
entradaponderada = Recupere (Nome = "Altimetria_grd");
utbs. "NOTAALT" = Atualize (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MedZ);}
--

```

```

{ // (6) Programa Atualiza tabela com operação de MAIORIA ZONAL da ALTIMETRIA
Objeto utbs ("UTBMPU");
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
Tematico entradaponderada ("Hipsometria_Vulnerabilidade");
mapautbs = Recupere (Nome = "Unidades_Final");
entradaponderada = Recupere (Nome = "Hipsometria_Vul");
utbs. "ALTIMETR" = Atualize (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MaiZ);}
--

```

```

{ // (7) Programa em LEGAL para PONDERAÇÃO da AMPLITUDE INTERFLUVIAL
//Declaração de variáveis
Tematico EntraPIgeominterf ("Geomorfologia_Interfluvio");
Digital SaiPIgeominterfponder ("Temas_Vulnerabilidade");
Tabela TabVulngeominterf (Ponderacao);
//Instanciação ou associação de variáveis
EntraPIgeominterf = Recupere (Nome= "Geomorfologia_interf");
SaiPIgeominterfponder = Novo (Nome="Geominterf_grd", ResX=30, ResY=30,
Escala=100000, Min=0,Max=5);
TabVulngeominterf = Novo ( CategoriaIni="Geomorfologia_Interfluvio",
"Af" : 1.1,
"Afl" : 1.3,
"Atf1" : 1.9,
"Dc" : 2.1,
"Dt" : 2.3);
// Executa a operação
SaiPIgeominterfponder = Pondere (EntraPIgeominterf, TabVulngeominterf);}
--

```



```
{// (8) Programa Atualiza tabela com operação de MÉDIA ZONAL da AMPLITUDE
INTERFLUVIAL
```

```
Objeto utbs ("UTBMPU");
```

```
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
```

```
Digital entradaponderada ("Temas_Vulnerabilidade");
```

```
mapautbs = Recupere (Nome = "Unidades_Final");
```

```
entradaponderada = Recupere (Nome = "Geominterf_grd");
```

```
utbs. "NOTADISS" = Atualize (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MedZ);}
--
```

```
{// (9) Programa Atualiza tabela com operação de MAIORIA ZONAL da AMPLITUDE
INTERFLUVIAL
```

```
Objeto utbs ("UTBMPU");
```

```
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
```

```
Tematico entradaponderada ("Geomorfologia_Interfluvio");
```

```
mapautbs = Recupere (Nome = "Unidades_Final");
```

```
entradaponderada = Recupere (Nome = "Geomorfologia_interf");
```

```
utbs. "DISSECA" = Atualize (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MaiZ);}
--
```

```
{// (10) Programa em LEGAL para PONDERAÇÃO de DECLIVIDADE
```

```
// Declaração de variáveis
```

```
Tematico EntraPIdeclividade ("Declividade_Vulnerabilidade");
```

```
Numerico SaiPIdeclividadeponder ("Temas_Vulnerabilidade");
```

```
Tabela TabVulndeclividade (Ponderacao);
```

```
//Instanciacao ou associacao de variaveis
```

```
EntraPIdeclividade = Recupere (Nome= "Declividade_Vulnerabilidade");
```

```
SaiPIdeclividadeponder = Novo (Nome="Declividade_grd", ResX=30, ResY=30,
Escala=100000, Min=0, Max=5);
```

```
TabVulndeclividade = Novo ( CategoriaIni="Declividade_Vulnerabilidade",
```

```
"< 3,5%" : 1.0,
```

```
"3,5 - 5,8%" : 1.1,
```

```
"5,8 - 8,2%" : 1.2,
```

```
"8,2 - 10,3%" : 1.3,
```

```
"10,3 - 12,9%" : 1.4,
```

```
"12,9 - 15,1%" : 1.5,
```

```

"15,1 - 17,4%" : 1.6,
"17,4 - 19,8%" : 1.7,
"19,8 - 22,2%" : 1.8,
"22,2 - 24,5%" : 1.9,
"24,5 - 27,2%" : 2.0,
"27,2 - 29,6%" : 2.1,
"29,6 - 32,1%" : 2.2,
"32,1 - 34,6%" : 2.3,
"34,6 - 37,2%" : 2.4,
"37,2 - 39,8%" : 2.5,
"39,8 - 42,4%" : 2.6,
"42,4 - 45,3%" : 2.7,
"45,3 - 48,1%" : 2.8,
"48,1 - 50%" : 2.9,
"> 50%" : 3.0);
// Executa a operação
SaiPIdeclividadeponder = Pondere (EntraPIdeclividade, TabVulndeclividade);}
--

{ // (11) Programa Atualiza tabela com operação de MÉDIA ZONAL da DECLIVIDADE
Objeto utbs ("UTBMPU");
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
Digital entradaponderada ("Temas_Vulnerabilidade");
mapautbs = Recupere (Nome = "Unidades_Final");
entradaponderada = Recupere (Nome = "Declividade_grd");
utbs. "NOTADECL" = Atualize (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MedZ);}
--

{ // (12) Programa Atualiza tabela com operação de MAIORIA ZONAL da DECLIVIDADE
Objeto utbs ("UTBMPU");
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
Tematico entradaponderada ("Declividade_Vulnerabilidade");
mapautbs = Recupere (Nome = "Unidades_Final");
entradaponderada = Recupere (Nome = "Declividade_Vulnerabilidade");
utbs. "DECLIV" = Atualize (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MaiZ);}
--

```

```

{ // (13) Programa GEOMORFOLOGIA
Digital PIgradeinterflu ("Temas_Vulnerabilidade");
Digital PIgradealtimetria ("Temas_Vulnerabilidade");
Digital PIgradedeclividade ("Temas_Vulnerabilidade");
Digital PIVulnerabilidadegeom ("Temas_Vulnerabilidade");
PIvulnerabilidadegeom = Novo (Nome="Geomorfologia_grd", ResX=30, ResY=30,
Escala=100000, Min=0, Max=5);
PIgradeinterflu = Recuperar (Nome="Geominterf_grd");
PIgradealtimetria = Recuperar (Nome = "Altimetria_grd");
PIgradedeclividade = Recuperar (Nome = "Declividade_grd");
PIvulnerabilidadegeom =(PIgradeinterflu+PIgradealtimetria+PIgradedeclividade)/3; }
--

{ // (14) Programa Atualiza tabela com operação de MÉDIA ZONAL da GEOMORFOLOGIA
Objeto utbs ("UTBMPU");
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
Digital entradaponderada ("Temas_Vulnerabilidade");
mapautbs = Recuperar (Nome = "Unidades_Final");
entradaponderada = Recuperar (Nome = "Geomorfologia_grd");
utbs. "NOTAGEOM" = Atualize (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MedZ); }
--

{ // (15) Programa LEGAL para PONDERAÇÃO da PEDOLOGIA
//Declaração de variáveis
Temático EntraPIsolos ("Solos");
Numerico SaiPIsoloponder ("Temas_Vulnerabilidade");
Tabela TabVulnsolos (Ponderacao);
//Instanciação ou associação de variáveis
EntraPIsolos = Recuperar (Nome= "Solos");
SaiPIsoloponder = Novo (Nome="Solos_grd", ResX=30, ResY=30,
Escala=100000, Min=0, Max=5);
TabVulnsolos = Novo ( CategoriaIni="Solos",
"PVa17" : 1.6,
"LAa16" : 1.8,
"PVa21" : 1.9,
"LAa7" : 2.0,

```

```

"LAa12" : 2.2,
"PTa4" : 2.2,
"PTa6" : 2.2,
"PVa30" : 2.2,
"PTa1" : 2.3,
"PVa19" : 2.4,
"PVa29" : 2.4,
"Ae1" : 3.0,
"Ae3" : 3.0,
"Ga2" : 3.0,
"Ga3" : 3.0,
"Ge1" : 3.0,
"HPa4" : 3.0);
// Executa a operação
SaiPIsoloponder = Pondere (EntraPIsolos, TabVulnsolos);}
--

{/// (16) Programa Atualiza tabela com operação de MÉDIA ZONAL da PEDOLOGIA
Objeto utbs ("UTBMPU");
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
Digital entradaponderada ("Temas_Vulnerabilidade");
mapautbs = Recuperere (Nome = "Unidades_Final");
entradaponderada = Recuperere (Nome = "Solos_grd");
utbs. "NOTAPEDO" = Atualize (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MedZ);}
--

{/// (17) Programa Atualiza tabela com operação de MAIORIA ZONAL da PEDOLOGIA
Objeto utbs ("UTBMPU");
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
Tematico entradaponderada ("Solos");
mapautbs = Recuperere (Nome = "Unidades_Final");
entradaponderada = Recuperere (Nome = "Solos");
utbs. "PEDOLOG" = Atualize (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MaiZ);}
--

{/// (18) Programa Atualiza tabela com operação de MAIORIA ZONAL da VEGETAÇÃO
Objeto utbs ("UTBMPU");

```

```

Cadastral mapautbs ("Cadastral");
Tematico entradaponderada ("Vegetação");
mapautbs = Recupere (Nome = "Unidades_Final");
entradaponderada = Recupere (Nome = "Vegetacao");
utbs. "VEGETAC" = Atualize (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MaiZ);}
--

{ //(19) Programa em LEGAL para PONDERAÇÃO de VEGETAÇÃO
//Declaração de variáveis
Tematico EntraPIvegetacao ("Vegetação");
Numerico SaiPIvegetacaoponder ("Temas_Vulnerabilidade");
Tabela TabVulnvegetacao (Ponderacao);
//Instanciação ou associação de variáveis
EntraPIvegetacao = Recupere (Nome= "Vegetacao");
SaiPIvegetacaoponder = Novo (Nome="Vegetacao_grd", ResX=30, ResY=30,
Escala=100000, Min=0, Max=5);
TabVulnvegetacao = Novo ( CategoriaIni="Vegetação",
"CCFOe" : 2.0,
"FOAAcp" : 1.2,
"FODADe" : 1.0,
"FODADu" : 1.0,
"FODTB" : 1.0,
"FODTBDe" : 1.0,
"FPcif_1" : 2.7,
"Outra" : 3.0);
// Executa a operação
SaiPIvegetacaoponder = Pondere (EntraPIvegetacao, TabVulnvegetacao);}
--

{ // (20) Programa Atualiza tabela com operação de MÉDIA ZONAL da VEGETAÇÃO
Objeto utbs ("UTBMPU");
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
Digital entradaponderada ("Temas_Vulnerabilidade");
mapautbs = Recupere (Nome = "Unidades_Final");
entradaponderada = Recupere (Nome = "Vegetacao_grd");
utbs. "NOTAVEGE" = Atualize (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MedZ);}

```

```

{ // (21) Programa em LEGAL para PONDERAÇÃO do CLIMA
//Declaração de variáveis
Tematico EntraPIclima ("Clima");
Numerico SaiPIclimaponder ("Temas_Vulnerabilidade");
Tabela TabVulnclima (Ponderacao);
//Instanciação ou associação de variáveis
EntraPIclima = Recuperar (Nome= "Clima");
SaiPIclimaponder = Novo (Nome="clima_grd", ResX=30, ResY=30,
Escala=100000, Min=0, Max=5);
TabVulnclima = Novo ( CategoriaIni="Clima",
"IPluvio" : 2.4);
// Executa a operação
SaiPIclimaponder = Ponderar (EntraPIclima, TabVulnclima);}
--

{ // (22) Programa Atualiza tabela com operação de MÉDIA ZONAL do CLIMA
Objeto utbs ("UTBMPU");
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
Digital entradaponderada ("Temas_Vulnerabilidade");
mapautbs = Recuperar (Nome = "Unidades_Final");
entradaponderada = Recuperar (Nome = "clima_grd");
utbs. "NOTAPLUV" = Atualizar (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MedZ);}
--

{ // (23) Programa Atualiza tabela com operação de MAIORIA ZONAL do CLIMA
Objeto utbs ("UTBMPU");
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
Tematico entradaponderada ("Clima");
mapautbs = Recuperar (Nome = "Unidades_Final");
entradaponderada = Recuperar (Nome = "Clima");
utbs. "PLUVIOS" = Atualizar (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MaiZ);}
--

{ // (24) Programa de operação de MÉDIA PONTUAL DOS 5 TEMAS
Digital PIgradesolo ("Temas_Vulnerabilidade");
Digital PIgradeclima ("Temas_Vulnerabilidade");
Digital PIgradegeologia ("Temas_Vulnerabilidade");

```

```

Digital PIGradevegetacao ("Temas_Vulnerabilidade");
Digital PIGradegeomorfologia ("Temas_Vulnerabilidade");
Digital PIVulnerabilidadenumerica ("Temas_Vulnerabilidade");
PIvulnerabilidadenumerica = Novo (Nome = "Vulnerabilidade_Numerica", ResX=30,
ResY=30, Escala=100000, Min=0, Max=5);
PIgradesolo = Recuperar (Nome = "Solos_grd");
PIgradeclima = Recuperar (Nome = "clima_grd");
PIgradegeologia = Recuperar (Nome = "Geologia_grd");
PIgradevegetacao = Recuperar (Nome = "Vegetacao_grd");
PIgradegeomorfologia = Recuperar (Nome = "Geomorfologia_grd");
PIvulnerabilidadenumerica =
(PIgradesolo+PIgradeclima+PIgradegeologia+PIgradevegetacao+PIgradegeomorfologia
)/5;}
--

{// (25) Programa Atualiza tabela com operação de MÉDIA ZONAL DOS 5 TEMAS
Objeto utbs ("UTBMPU");
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
Digital entradaponderada ("Temas_Vulnerabilidade");
mapautbs = Recuperar (Nome = "Unidades_Final");
entradaponderada = Recuperar (Nome = "Vulnerabilidade_Numerica");
utbs. "MEDIA" = Atualize (entradaponderada, utbs OnMap mapautbs, MedZ);}
--

{// (26) Programa ESPECIALIZA TABELA
Objeto utbs ("UTBMPU");
Cadastral mapautbs ("Cadastral");
Numerico media ("Temas_Vulnerabilidade");
mapautbs = Recuperar (Nome = "Unidades_Final");
media = Novo (Nome = "media_pontual_utb", ResX =30, ResY =30,
Escala=100000,Min=0,Max=5);
media = Espacialize (utbs."MEDIA" OnMap mapautbs);}
--

{// (27) Programa FATIAMENTO 1
Digital PIVulnerabilidadenumerica ("Temas_Vulnerabilidade");
Tematico PIVulnerabilidadetematica ("Media_Fatia");

```

```

Tabela TBvulnerabilidade (Fatiamento);
PIvulnerabilidadenumerica = Recuperere (Nome = "media_pontual_utb");
PIvulnerabilidadetematica = Novo (Nome = "Fatia_UTBMPU", ResX=30, ResY=30,
Escala=100000);
TBvulnerabilidade = Novo (CategoriaFim = "Media_Fatia",
[1.0,1.0999] : "estavel",
[1.0999,1.1999] : "estavel1",
[1.1999,1.2999] : "estavel2",
[1.2999,1.3999] : "estavel3",
[1.3999,1.4999] : "moderadamente_estavel",
[1.4999,1.5999] : "moderadamente_estavel1",
[1.5999,1.6999] : "moderadamente_estavel2",
[1.6999,1.7999] : "moderadamente_estavel3",
[1.7999,1.8999] : "medianamente_estavel",
[1.8999,1.9999] : "medianamente_est_vul",
[1.9999,2.0999] : "medianamente_est_e_ou_vul",
[2.0999,2.1999] : "medianamente_vul_est",
[2.1999,2.2999] : "medianamente_vulneravel",
[2.2999,2.3999] : "moderadamente_vul1",
[2.3999,2.4999] : "moderadamente_vul2",
[2.4999,2.5999] : "moderadamente_vul3",
[2.5999,2.6999] : "moderadamente_vul",
[2.6999,2.7999] : "vulneravel1",
[2.7999,2.8999] : "vulneravel2",
[2.8999,2.9999] : "vulneravel3",
[2.9999,3.0] : "vulneravel" );
PIvulnerabilidadetematica = Fatie (PIvulnerabilidadenumerica, TBvulnerabilidade);}
--
{// (28) Programa FATIAMENTO 2
Digital PIvulnerabilidadenumerica ("Temas_Vulnerabilidade");
Tematico PIvulnerabilidadetematica ("Media_Fatia");
Tabela TBvulnerabilidade (Fatiamento);
PIvulnerabilidadenumerica = Recuperere (Nome = "media_pontual_utb");
PIvulnerabilidadetematica = Novo (Nome = "fatia_utb_5classes", ResX=30, ResY=30,
Escala=100000);

```



```

TBvulnerabilidade = Novo (CategoriaFim = "Media_Fatia",
[1.0000,1.3999] : "estavel",
[1.3999,1.7999] : "moderadamente_estavel",
[1.7999,2.2999] : "medianamente_est_e_ou_vul",
[2.2999,2.6999] : "moderadamente_vul",
[2.6999,3.0000] : "vulneravel1");
PIvulnerabilidadetematica = Fatie (PIvulnerabilidadenumerica, TBvulnerabilidade);}
--
{// (29) Programa FATIAMENTO 3
Digital PIvulnerabilidadenumerica ("Temas_Vulnerabilidade");
Tematico PIvulnerabilidadetematica ("Media_Fatia");
Tabela TBvulnerabilidade (Fatiamento);
PIvulnerabilidadenumerica = Recupere (Nome = "media_pontual_utb");
PIvulnerabilidadetematica = Novo (Nome = "fatia_utb_7classes", ResX=30, ResY=30,
Escala=100000);
TBvulnerabilidade = Novo (CategoriaFim = "Media_Fatia",
[1.0000,1.2999] : "estavel2",
[1.2999,1.5999] : "moderadamente_estavel1",
[1.5999,1.8999] : "medianamente_estavel",
[1.8999,2.1999] : "medianamente_vul_est",
[2.1999,2.4999] : "moderadamente_vul2",
[2.4999,2.7999] : "vulneravel1",
[2.7999,3.0000] : "vulneravel" );
PIvulnerabilidadetematica = Fatie (PIvulnerabilidadenumerica, TBvulnerabilidade);}

```