

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS – IFCHS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA - DEGEO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGEOG

ROBERTO EPIFÂNIO LESSA

**ANÁLISE ANTROPOGEOMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
MAUAZINHO (MANAUS-AM)**

**Manaus
2019**

ROBERTO EPIFÂNIO LESSA

**ANÁLISE ANTROPOGEOMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
MAUAZINHO (MANAUS-AM)**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), nível de Mestrado, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre. Área de contração: Domínios da natureza.

Orientador:

Prof^o. Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira
Universidade Federal do Amazonas-UFAM

Coorientadora:

Prof^a. Dr^a. Neliane de Sousa Alves
Universidade do Estado do Amazonas-UEA

**Manaus
2019**

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

L638a Lessa, Roberto Epifânio
Análise Antropogeomorfológica da bacia hidrográfica do Mauzinho (Manaus-Am). / Roberto Epifânio Lessa. 2019
147 f.: 31 cm.

Orientador: Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira
Coorientadora: Dr^a. Neliane de Sousa Alves
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Geomorfologia Antrópica. 2. Transformação Ambiental. 3. Urbanização. 4. Geomorfologia . I. Vieira, Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
 IFCHS/DEGEO/Programa de Pós-Graduação em Geografia
 Mestrado Conceito 4
 Aprovado pela Resolução Nº 009 – CONSUNI de 17/08/95
 Credenciado pela CAPES em set/2000
 Reconhecido através da Portaria Nº 1.077 - MEC, de 31 de agosto de 2012



Ata da Defesa Pública da Dissertação de Mestrado do(a) Senhor(a) **ROBERTO EPIFÂNIO LESSA**, discente do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Filosofia, Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal do Amazonas, Área de Concentração em Amazônia: Território e Ambiente, realizada no dia **12 de Abril de 2019**.

Aos doze dias do mês de Abril de dois mil e dezenove, às nove horas, na sala de Audiovisual do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Amazonas, realizou-se a Defesa Pública da Dissertação de Mestrado, intitulada **“ANÁLISE ANTROPOGEOMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO MAUAZINHO – MANAUS/AM”**, sob orientação do(a) Professor(a) Doutor(a) **ANTONIO FÁBIO SABBÁ GUIMARÃES VIEIRA (PPGEOG/UFAM)**, do(a) aluno(a) **ROBERTO EPIFÂNIO LESSA**, em conformidade com o Art. 83 do Regimento Geral de Pós-Graduação da Universidade Federal do Amazonas, como parte final de seu trabalho para a obtenção do grau de **MESTRE EM GEOGRAFIA**, área de concentração em **AMAZÔNIA: TERRITÓRIO E AMBIENTE**. A Banca Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Professor(a) Doutor(a) **Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira (PPGEOG/UFAM)**, Professor(a) Doutor(a) **Antonio José Teixeira Guerra, Membro Titular (UFRJ)** e a Professor(a) Doutor(a) **Marcos Castro de Lima (PPGEOG/UFAM)**. O(A) Presidente da Banca Examinadora deu início à sessão convidando os membros da Banca e o(a) Mestrando(a) a tomarem seus lugares. Em seguida, o(a) Senhor(a) Presidente informou sobre o procedimento do exame. A palavra foi facultada ao(a) Mestrando(a) para apresentar uma síntese do seu estudo e responder às perguntas formuladas pelos Membros da Banca Examinadora. Após a apresentação e arguição pelos Membros da Banca Examinadora, esta reuniu-se onde decidiu, por unanimidade, que o(a) discente foi **“...APROVADO...”**. A sessão foi encerrada. Eu, Maria das Graças Luzeiro, Secretária do PPGEOG, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim, pelos Membros da Banca Examinadora e pelo(a) Mestrando(a). Manaus (AM), **12 de Abril de 2019**.

Banca Examinadora	Rubrica	Nota
Prof(a) Dr(a) Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira Presidente (PPGEOG/UFAM)		“ 9,0 ”
Prof(a) Dr(a) Antonio José Teixeira Guerra Membro Titular (UFRJ)		“ 9,0 ”
Prof(a) Dr(a) Marcos Castro de Lima Membro Titular (PPGEOG/UFAM)		“ 9,0 ”
 Roberto Epifânio Lessa Mestrando	 Maria das Graças Luzeiro Secretária do PPGEOG	

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo fortalecimento durante os momentos difíceis e pela luz em tempos escuros.

Para começar quero agradecer a minha mãe Maria Leandra Epifânio, que é a pessoa mais incrível de mundo, sempre me passou força nos momentos difíceis longe de casa durante o mestrado, sendo minha confidente, minha amiga, sempre pronta para me escutar durante longas ligações telefônicas.

Ao meu orientador Professor Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira, que tenho como exemplo de pessoa, um profissional incrível que sempre me ajudou ao longo dessa caminhada, presente nos momentos alegres e tristes, uma dia quando eu crescer quero ser pelo menos metade do que o senhor é, não tenho palavras para expressar toda a gratidão que sinto por tudo que o senhor fez por mim durante o curso, contribuindo para meu crescimento profissional, sempre com um bom conselho tanto para assuntos da pesquisa quanto assuntos pessoais, meu MUITO OBRIGADO.

À minha segunda mãe, minha coorientadora Dr^a. Neliane de Sousa Alves, com quem trabalhei desde 2013 em projetos de iniciação científica durante minha graduação na UEA. Sem os seus conselhos eu acho que eu não estaria aqui hoje, sou grato por tudo, muito obrigado.

Agradeço ao meu irmão Rogério Epifânio e minha irmã Rosana Epifânio que sempre me ajudaram com minhas despesas durante o curso, sem a ajuda deles com certeza eu não estaria aqui hoje terminando a minha dissertação de mestrado.

A meu Tio Solon Epifânio e minha prima Solange Epifânio pela ajuda e apoio aqui em Manaus, meu muito obrigado.

A meu primo Vinícius Epifânio, pelas longas conversas, sempre me ouvindo e contribuindo com conselhos sobre a vida, me fazendo rir em momentos tensos, muito obrigado cara você faz parte dessa minha vitória.

Agradeço também a Juliana, Luam, Ítalo, Raquel, João Carlos, Larissa, Thiago Neto, Eduardo, Roseane, Vanessa, Fernando, Alexandre e Luís que sempre me mostraram que a vida pode ser um pouco melhor apesar das dificuldades, pessoas que sempre me fazem sorrir durante momentos difíceis, muito obrigado galera.

Agradeço ao meu grande amigo Adriano Henrique, que me ajudou bastante principalmente com os reparos nos computadores do laboratório de Geografia Física e no meu computador, sempre muito prestativo sendo um amigo de verdade, você tem toda minha gratidão.

Agradeço ao meu amigo Armando Frota que sempre esteve disponível para conversar sobre a minha dissertação e minha vida, sempre me passou forças para continuar durante momentos difíceis muito obrigado meu irmão.

Agradeço ao meu amigo de infância Roberto Melo de Oliveira, que sempre me deu os melhores conselhos para problemas da minha vida, mesmo morando longe sempre liga para saber do andamento dos meus projetos de vida, muito obrigado por tudo você é um irmão.

Agradeço também todos os professores do PPGEOG-UFAM que contribuíram para minha formação. Também agradeço ao professor Dr. Valdir Soares, professora Msc. Suzane Patrícia e Professora Dr^a. Ana Paulina que se tornaram meus grandes amigos e que sempre estavam prontos para me ouvir e dar algum conselho para questões da minha vida durante minha graduação na UEA.

Ao professor Msc. Rogério Marinho, Msc. João Carlos e Roberto Jarlly pela ajuda na confecção dos mapas, ao meu amigo Msc. Geziel Damasceno Bezerra que me ajudou com a elaboração das equações de medias ponderadas, agradeço ao Allefy Alexander L. Leão pela ajuda durante o trabalho de campo, muito obrigado cara, Fernando Alves dono do frigorifico FAC, que concedeu o espado do seu estabelecimento durante o trabalho de campo.

Agradeço o apoio dos laboratórios de Geografia Física e o Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos LATOSSOLO/DEGEO-UFAM, pelo uso do Vant

para coleta de imagens na área da bacia. Aos integrantes da família Latossolo, Janara, Sandreia, Gabriela muito obrigado por tudo.

Agradeço aos professores Dr. Antônio José Teixeira Guerra, Dr. Marcos Castro, Dr. João Candido pelos os apontamentos e conselhos durante o exame de qualificação do mestrado e defesa da dissertação. Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Amazonas (FAPEAM) pela bolsa de mestrado.

Agradeço a todos os funcionários do PPGEQG, que sempre resolveram os meus problemas quando solicitados, quero deixar expresso aqui minha gratidão e respeito à secretária do curso mestrado Dona Graça Luzeiro que sempre me atendeu com muita educação e respeito.

Por fim, sei que eu me esqueci de muitas pessoas, deixo aqui meus sinceros agradecimentos de forma geral a cada pessoa que contribuiu para minha formação.

Faço de mim
Casa de sentimentos bons
Onde a má fé não faz morada
E a maldade não se cria...
Forfun

Dedico a minha mãe Maria Leandra
Epifânio, mulher guerreira, forte e
honesto o meu maior bem.

RESUMO

Estudos de Antropogeomorfologia, no campo da ciência geográfica e na cidade de Manaus, são ainda de caráter incipientes, denotando a importância da utilização dessa linha de pesquisa nos estudos ambientais em áreas urbanas. A pesquisa em questão teve como objetivo principal analisar as transformações do meio físico, decorrentes das ações antrópicas, sucedidas na área da Bacia Hidrográfica do Mauzinho (BHM), localizada na zona leste da cidade de Manaus, Amazonas. Para alcançar este objetivo foi realizada a descrição das alterações do meio físico natural intensificadas pelo processo de ocupação na bacia; o mapeamento das áreas de riscos a erosão; e a caracterização de áreas sujeitas a voçorocamento. A caracterização geral da BHM realizou-se a partir da identificação da geologia local (Formação Geológica e Estrutural), compartimentação do relevo da região de Manaus, hidrografia, tipos de solos, clima e vegetação, finalizando com os aspectos humanos do contexto de ocupação da bacia e dados populacionais. A metodologia da pesquisa, a partir da abordagem geossitêmica, iniciou-se como uma revisão bibliográfica sobre os temas abordados ao longo da pesquisa. Na sequência foram realizados trabalhos de campo para levantamento e coleta de dados primários, seguido da sistematização destes. Os resultados da pesquisa contemplam a identificação da caracterização física do relevo por meio da determinação de parâmetros como: o índice de declividade que apontou os seguintes percentuais para as classes de relevo: relevo plano com 39% e suave/ondulado com 24,03%; as formas de terreno do tipo divergente-convexa correspondem a 14,09%; a hipsometria da bacia mostrou que a mesma tem uma amplitude altimétrica de 56 metros; a maioria das vertentes tem orientação direcionada para o sentido noroeste com 18,90%; quanto a geomorfologia geral da bacia está apresentada de três formas de relevos: platô, vertente e fundo de vales; os padrões de relevo da bacia indicam que a mesma possui vales bem definidos com vertentes que apresentam altos índices de declividade que variam de 20 a 45%. As análises das transformações na bacia ao longo dos anos apontam um aumento significativo das áreas urbanizadas correspondente a 48,51% da área total da bacia. A partir do processo de urbanização foi possível identificar os padrões de ocupações associados as formas do relevo: ocupação em Platô, Vertente e fundos de vales e o uso dos imóveis: a maioria corresponde a imóveis residenciais com 2.404 habitações e 2.415 edificações não possui cadastro. Foi identificado quatro (04) tipos de áreas de riscos a erosão: R1 (baixo), R2 (médio), R3 (alto) e R4 (muito alto), onde 39% da área da bacia encontra-se em setores de risco R4 e 40% dos imóveis estão nesse setor. Os resultados da pesquisa subsidiam a compreensão das dinâmicas do relevo que contribuem diretamente para a geração destas áreas de riscos. Portanto, a BHM apresenta alto grau de probabilidade de ocorrência de eventos que podem causar danos socioeconômicos para a população residente, principalmente nos setores de risco muito alto.

Palavras-chave: Geomorfologia Antrópica, Transformação Ambiental, Urbanização.

ABSTRACT

Antropogeomorphology studies in the geographic science's field, in the city of Manaus are still incipient, denoting the importance of using this line of research in environmental studies in urban areas. The research in question had as main objective to analyze the transformations of the physical environment, due to the anthropic actions, happened in the area of the Mauzinho Watershed (BHM), located in the eastern zone of the city of Manaus, Amazonas . To achieve this objective, the description was made of the changes in the natural environment intensified by the human occupation process within the basin; mapping of erosion risks; and the characterization of areas subject to gully erosion. The general characterization of the BHM was based on the identification of Manaus city: local geology (Geological and Structural Formation); subdivision of the relief region, hydrography, soil types, climate and vegetation, ending with the human aspects of the occupation context and population data. The methodology is based on the geosystemic approach, began a bibliographical review on the topics addressed throughout the research. Afterwards, fieldwork was carried out to collect primary data, followed by the systematization of these data. The results of the research contemplate the physical characterization of the relief by determining parameters such as: the slope index that indicated the following percentages for relief classes: flat relief with 39% and smooth / wavy with 24.03%; the forms of terrain of the divergent-convex type corresponding to 14.09%; the hypsometry of the basin showed that it has an altimetric amplitude of 56 meters; most of the slopes are oriented toward the northwest with 18.90%; As for the general geomorphology of the basin, there are three forms of relief: plateau, slope and bottom of valleys; the basin relief patterns indicate that it has well defined valleys with slopes that have high slope indices varying from 20 to 45%. The study of the changes in the basin over the years indicates a significant increase of the urban areas corresponding to 48.51% of the total area of the basin. From the urbanization process, it was possible to identify occupancy patterns associated with relief forms: occupation in Plateau, slope and valley bottoms and the use of real estate: the majority corresponds to residential properties with 2,404 dwellings and 2,415 buildings do not have to register. Four types of erosion risk areas were identified: R1 (low), R2 (medium), R3 (high) and R4 (very high), where 39% of the basin area is in R4 and 40% of the properties are in this sector. The results of the research support the understanding of the dynamics of relief that directly contribute to the generation of these risk areas. Therefore, BHM presents a high probability of occurrence of events that may cause socioeconomic damages to the resident population, especially in the very high-risk sectors.

Keywords: Anthropogenic Geomorphology, Environmental Transformation, Urbanization.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	24
2.1. Geologia.....	24
2.2. Geomorfologia.....	25
2.2. Hidrografia.....	28
2.3. Solos	29
2.4. Clima.....	29
2.5. Vegetação	31
3. ASPECTOS HUMANOS.....	32
3.1. Histórico da Ocupação da Bacia	32
3.2. Aspectos Populacionais	32
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	36
4.1. Geomorfologia Urbana	39
4.2. Antropogeomorfologia	42
4.3. Erosão do solo	47
4.3.1. Erosão laminar.....	48
Sulcos	49
Ravinas.....	50
Voçorocas.....	51
4.4. Riscos	52
5. METODOLOGIA.....	55
5.1. Caracterização dos aspectos físicos naturais	56
5.1.1. Parâmetros Geométricos da bacia	57
5.1.2. Parâmetros de Relevô	59
5.1.3. Parâmetros da Rede de Drenagem	62
5.2. Descrição das alterações no meio físico da bacia	65
5.3. Classificação das áreas de riscos erosivos na bacia	65
5.4. Caracterização de voçorocas existentes na área de estudo	69
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	70
6.1. Caracterização física da área de estudo	70
6.1.1. Parâmetros morfométricos	85
6.2. Análise das transformações da BHM	93
6.2.1. BHM no Ano de 2001	93
6.2.2. BHM Ano de 2006	94

6.2.3.	BHM no Ano de 2016	98
6.2.4.	BHM no ano de 2018.....	100
6.3.	Formas de ocupações.....	105
6.3.1.	Ocupação de Platôs	112
6.3.2.	Ocupações de Encostas.....	113
6.3.3.	Ocupações de Fundo de Vales.....	114
6.4.	Classificação das áreas de riscos à erosão	116
6.4.1.	Setores de Riscos R1	116
6.4.2.	Setores de Riscos R2.....	119
6.4.3.	Setores de Riscos R3.....	121
6.4.4.	Setores de Riscos R4.....	123
6.5.	Imóveis em áreas de riscos.....	127
6.6.	Ocorrência de voçoroca na BHM	130
7.	CONCLUSÃO.....	134
8.	REFERENCIAS	137

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Perfil 01	82
Figura 02: Perfil 02.....	82
Figura 03: Perfil 03.....	83
Figura 04: Perfil 04.....	83
Figura 05: Perfil 05.....	84
Figura 06: Perfil Longitudinal.....	84
Figura 07 : Evolução do uso do solo na BHM dos 2001 a 2018.....	104
Figura 08: Entrada de bueiro e lixo a céu aberto.....	107
Figura 09: Construção em encosta nos limites da BHM na avenida rio negro.	109
Figura 10: Diferenças entre altitudes.....	111
Figura 11: Ocupação em Platô.....	112
Figura 12: Ocupação em encostas.....	114
Figura 13: Ocupação em fundo de vales.....	115
Figura 14: Área de risco a erosão baixo.....	118
Figura 15: Área de risco a erosão médio.	120
Figura 16: Áreas de riscos a erosão alto.....	122
Figura 17: Área de riscos muito alta a erosão.....	123
Figura 18: Localização de imóveis em áreas de riscos à erosão na BHM.	128
Figura 19: Voçoroca localizada no final da rua Paraíso.	131

Figura 20: Localização da Voçoroca da rua paraíso.	132
---	-----

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Parâmetros Geométricos.....	57
Quadro 02: Parâmetro de Relevo.....	59
Quadro 03: Parâmetro de Rede de Drenagem.....	62
Quadro 04: Classificação de Aspectos.....	67
Quadro 05: Notas de Classes.	68
Quadro 06: Classificação de declividade.	70
Quadro 07: Detalhamento dos dados de Formas do Relevo.	72
Quadro 08: Detalhamento de dados de Orientação de Vertentes.....	76
Quadro 09: Classificação Geomorfológica da BHM.	80
Quadro 10: Resultados dos parâmetros Geométricos.	85
Quadro 11: Resultados dos Parâmetros do Relevo.	87
Quadro 12: Classificação da rugosidade da BHM.....	88
Quadro 13: Classificação de Textura Topográfica média.....	89
Quadro 14: Resultados de parâmetros de rede de drenagem da BHM.	90
Quadro 15: Classificação de densidade de drenagem.....	90
Quadro 16: Classificação de canais.	93
Quadro 17: Classificação do uso e ocupação do solo em 2001 na BHM.	93

Quadro 18: Classificação do uso do solo na BHM no ano de 2006.	96
Quadro 19: Classificação do uso do solo na BHM no ano de 2016.	98
Quadro 20: Classificação do uso do solo na BHM no ano de 2018.	101
Quadro 21: Dados sobre uso do solo na BHM nos anos de 2001, 2006, 2016 e 2018.	103
Quadro 22: Distribuição do uso de imóveis na BHM.	105
Quadro 23: Total de áreas de riscos a erosão na BHM.	126
Quadro 24: Classificação do uso de imóveis em áreas de riscos à erosão da BHM.	129

LISTA DE MAPAS

Mapa 01: formação Geológica.	24
Mapa 02: Esboço geomorfológico da cidade de Manaus e Arredores.	26
Mapa 03: Compartimentos do Relevo.	27
Mapa 04: Mapa de localização da BHM-Manaus, Amazonas.	34
Mapa 05: Localização do Bairro Mauzinho, Manaus. Amazonas.	35
Mapa 06: Taxas de Declividade da BHM.	71
Mapa 07: Mapa de formas de terrenos.	73
Mapa 08: Mapa Hipsométrico da BHM.	75
Mapa 09: Orientação de Vertentes.	77
Mapa 10: Mapa Geomorfológico da BHM.	79
Mapa 11: Localização dos Perfis do Relevo na BHM.	81

Mapa 12: Ordenamento de canais da BHM.	92
Mapa 13: Uso do solo da BHM no ano de 2001.....	95
Mapa 14: Uso do solo na BHM no ano de 2006.....	97
Mapa 15: Uso do Solo na BHM no ano de 2016.	99
Mapa 16: Uso do solo no ano de 2018.....	102
Mapa 17: Uso de imóveis na BHM.	106
Mapa 18: Zoneamento de área de riscos à erosão.	117
Mapa 19: Localização da voçoroca da rua paraíso.	130

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Precipitações médias mensais (mm) no período de 1998 a 2014. .	30
Gráfico 02: Distribuição de áreas de riscos a erosão na BHM.	126
Gráfico 03: Distribuição de imóveis em setores de riscos à erosão na BHM.	127

LISTA DE ABREVIATURAS

- (A): Área de drenagem
- (Ce): Comprimento de Eixo
- (Ct): Coeficiente de Torrencialidade
- (Dc): Densidade de Confluência
- (Dd): Densidade de Drenagem
- (Dh): Densidade Hidrográfica
- (Ff): Fator Forma
- (Ft): Fator Topográfico
- (Hm): Amplitude Altimétrica
- (Ic): Índice de Circularidade
- (Ir): Índice de Rugosidade
- (Is): Índice de Sinuosidade
- (Kc): Coeficiente de Compacidade
- (L): Comprimento do Rio Principal
- (Lt): Comprimento Total da Drenagem
- (P): Perímetro
- (Rb): Relação de Bifurcação
- (Rr): Relação de Relevo
- (Tt): Textura Topográfica
- AHP: Analytic Hierarchy Process
- ANA: Agencia Nacional de Águas
- BHM: Bacia Hidrográfica do Mauzinho
- CPRM: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
- EIAs: Estudos de Impactos Ambientais
- EOGT: Estudos de Ocupação e Gestão Territorial
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas
- PIM: Polo Industrial de Manaus

RIMAS: Relatórios de Impactos sobre o meio ambiente

SEMMAS: Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Manaus

SEMINF: Secretaria Municipal de Infraestrutura

SEMED: Secretaria municipal de Educação

SEHAF: Secretaria Municipal de Habitação

SIGs: Sistemas de Informações Geográficas

TGS: Teoria Geral dos Sistemas

USGS: United States Geological Survey

VANT: Veículo Aéreo Não Tripulado

1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 70 os estudos geomorfológicos tiveram um aumento significativo no Brasil. Esse aumento ocorreu em decorrência da valorização destes estudos interligados às questões ambientais, principalmente no domínio das cidades, assim, a geomorfologia foi ganhando notoriedade e espaço pela pertinência da aplicação direta desses conhecimentos para realização de análises ambientais (GUERRA *et al.*, 2006).

Este ramo da ciência geográfica está fortemente atrelado à abordagem Geossistêmica, que oferece atualmente diversas linhas de pesquisa para análise da paisagem, cuja diversidade promove subdivisão dentro da própria Geomorfologia.

Entre as linhas de pesquisas que surgiram, merece destaque a Geomorfologia Urbana, a Geomorfologia Ambiental e a Antropogeomorfologia ou Geomorfologia Antrópica, as quais ganharam maior interesse dos pesquisadores devido à necessidade do entendimento da dinâmica do relevo relacionada às ações antropogênicas, como: construção de edificações; abertura de ruas e cortes de vertente.

Desta forma, as bases teórico-metodológicas para a concepção da pesquisa estar fundamentada na Ciência Geográfica, mais especificamente em estudos de Geomorfologia Urbana, Geomorfologia Ambiental, Antropogeomorfologia e Áreas de Riscos a processos erosivos.

A pesquisa foi realizada dentro do perímetro da Bacia Hidrográfica do Mauzinho (BHM) localizada na Zona Leste da cidade de Manaus-AM, que têm limites com os bairros Vila Buriti, Distrito Industrial I, Distrito Industrial II e Colônia Antônio Aleixo, possuindo uma grande parte de sua extensão voltada para o Rio Negro (LEMOS, 2016).

Os estudos de Antropogeomorfologia no campo da ciência geográfica na cidade de Manaus, ainda são escassos, denotando a importância da utilização dessa linha de pesquisa em estudos de caráter ambiental no domínio da cidade, principalmente em pesquisas que tenham como objetivo analisar o processo de

urbanização que acontece de forma rápida e que produz ocupações irregulares, contribuindo para a geração de áreas de riscos erosivos.

Outro fundamento é a necessidade de realização de pesquisas que busquem um entendimento de como esse processo de urbanização ocorreu dentro da bacia e de que maneira vem alterando a morfologia natural do lugar gerando áreas de riscos relacionados diretamente à processos erosivos e ocorrência de voçorocas, assim, será possível identificar a relação dos impactos ambientais negativos gerados por ocupações irregulares na bacia com a morfologia natural da área.

Estes fatores contribuiriam para criação de banco de dados, para o gerenciamento das áreas de riscos erosivos e monitoramento de feições erosivas do tipo voçoroca que ocorrem na área de estudo. Para a ciência geográfica a pesquisa apresenta uma grande relevância, pois propõe uma metodologia de análise e mapeamento de áreas de riscos erosivos e de análise das transformações no ambiente urbano causadas pela ação humana ao longo dos anos, contribuindo para elaboração de novas bases cartográficas que podem ser utilizadas em análise geoambiental de bacias hidrográficas.

A adoção da bacia hidrográfica com o recorte espacial estudado, fundamenta-se na abordagem sistêmica pelo entendimento de que a bacia hidrográfica é um sistema aberto formado por subsistemas que estão em constante troca de energia. Segundo Albuquerque (2010), as bacias hidrográficas são caracterizadas como uma unidade física de fundamental importância para análises e entendimento de processos transformadores do relevo, principalmente no estudo de erosões.

A escolha da Bacia Hidrográfica do Mauzinho (BHM) se deu principalmente por ser uma área próxima ao Polo Industrial de Manaus (PIM), que foi um dos principais atrativos no aumento do processo migratório na cidade e também pelo grande número de deslizamentos de terra e processos erosivos de grande intensidade que ocorrem na área durante fortes chuvas que acontecem na cidade.

Localizada na zona Leste de Manaus, na qual, segundo o IBGE (2010), apresenta uma grande densidade e crescimento populacional e onde o processo de ocupação ocorreu de forma irregular. A maior parte dos riscos identificados em Manaus é decorrente da ocupação inadequada/irregular do terreno, e tem relação com a infraestrutura urbana e o ciclo hidrológico anual (CPRM, 2012).

No caso específico da Zona Leste, a morfologia do relevo, com altitudes em torno de 110 m, constituído por formas com acentuada declividade (entre 25° e 45°) (VIEIRA, 2008), contribui naturalmente para a ocorrência de processos como deslizamentos/escorregamentos que geralmente tendem a incidir durante chuvas intensas, promovendo o risco em determinadas áreas que podem causar perda de vida humana e/ou econômicas, principalmente durante as inundações.

Associado a esta morfologia, tem-se a ocupação intensificada do local, promovida devido à ocorrência de áreas passíveis de ocupação, principalmente às margens dos corpos d'água, aumentando assim a quantidade de famílias que migram para essas localidades em busca de um lugar para construir suas moradias.

Esse processo de ocupação ocorre de forma desordenada/irregular e influência diretamente na dinâmica dos processos geomorfológicos naturais, caracterizando assim a ação antrópica como um dos principais agentes indutores de risco no local.

Deste modo, o homem passa a ser considerado um agente transformador do relevo, contribuindo para a alteração das características naturais da bacia hidrográfica de acordo com o que foi exposto a pesquisa teve como questionamento as seguintes indagações: 1ª. Quais foram às modificações que ocorreram na área da bacia? 2ª. quais são as formas de ocupações e riscos erosivos na área da bacia? 3ª. quais os fatores e mecanismos que contribuem para a ocorrência de áreas de riscos erosivos?

Ao longo da pesquisa as respostas para os questionamentos foram sendo respondidas, com base nos questionamentos foi elaborado o objetivo principal da pesquisa que consistiu na realização de uma análise das transformações

decorrente das ações humanas no meio físico ocorridas no perímetro da bacia hidrográfica do Mauzinho e suas implicações para ocorrência de riscos erosivos.

Para alcançar os resultados do objetivo central da pesquisa, foram propostos três objetivos específicos: 1º. Descrever as alterações no meio físico da bacia hidrográfica; 2º. Mapear as áreas de riscos erosivos localizados dentro do perímetro da bacia e 3º. Caracterizar as áreas próximas de feições erosivas do tipo voçoroca.

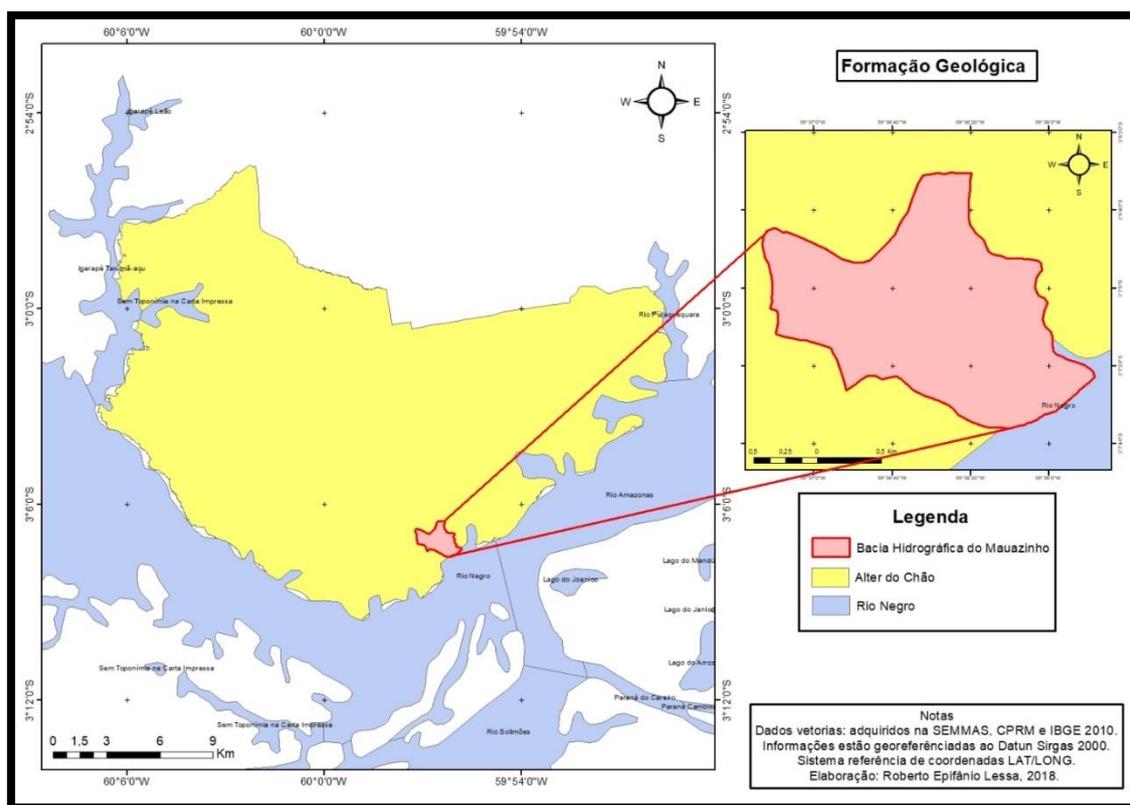
Este trabalho está dividido na seguinte estrutura: caracterização da área de estudo; fundamentação teórica; metodologia; caracterização física da área da bacia; análise das transformações; classificação de áreas de riscos a erosão e observação de ocorrência de voçoroca.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1. Geologia

Geologicamente a cidade área de pesquisa está implantada sobre a Formação Alter do Chão, conforme o mapa 01 que foi primeiramente definida por Kistler (1954) e por Daemon (1975) como sendo composta de arenitos avermelhados, argilitos, conglomerados e brechas intraformacionais, tradicionalmente atribuídos a sistemas fluvial e lacustre/deltaico.

Mapa 01: formação Geológica.



Fonte: CPRM, 2014.

As ocorrências dos processos de intemperismo nessa formação incidem sobre as rochas que geram um manto de alteração e lateritização das mesmas, procedendo na formação dos horizontes de solo, mosqueado e saprolítico com perfis bem desenvolvidos e uma camada de crosta laterítica de espessura e concreções variáveis. Formação tem ocorrência de rochas friáveis, pouco coesas, intercaladas por rochas mais endurecidas e restritas aos níveis de surgimento do Arenito Manaus e de crostas lateríticas e/ou linhas-de-pedra que são responsáveis pela preservação tabular do relevo (SILVA, 2005).

A formação Alter do Chão apresenta uma unidade geológica pobre na ocorrência de fósseis, sendo representados por plantas dicotiledôneas na região de Monte Alegre e vértebras de dinossauros (Dino *et al.* 1999). Nas bacias intracratônicas a litologia predominantemente é siliciclástica e a deposição em condições de paleoclima quente com semiaridez dominante, naturalmente restringiam a preservação dos restos da biota e não ofereciam condições adequadas de preservação fóssilífera (CPRM, 2014).

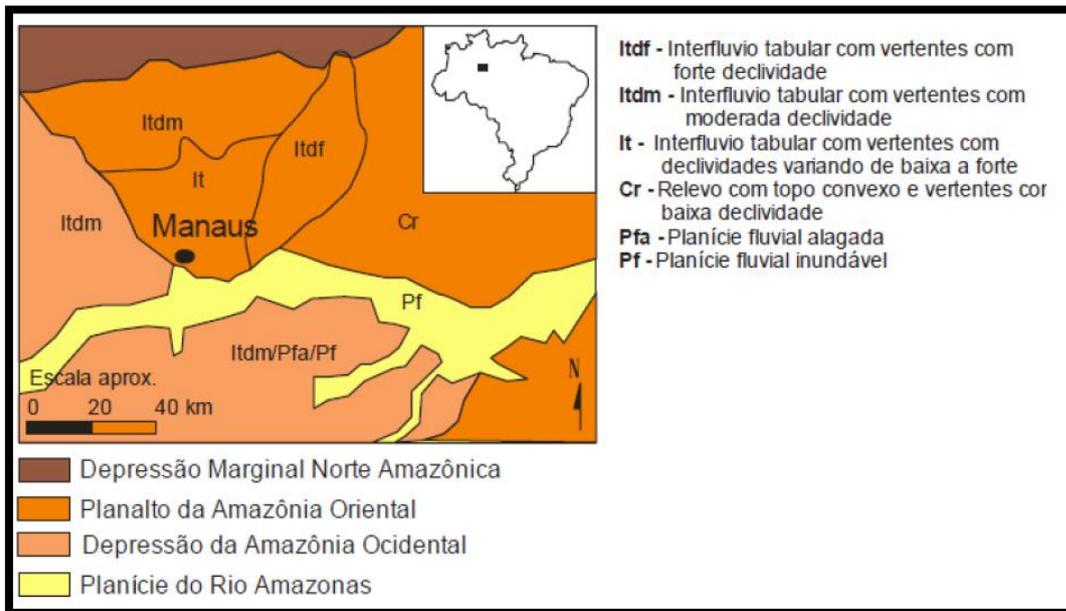
A partir dos dados de sísmicos, perfis elétricos, informações sedimentológicas e palinológicas referentes a subsuperfície dessa formação, foi possível identificar duas sucessões sedimentares (Dino *et al.* 1999): a primeira sequência inferior, caracterizada por influxo de terrígenos associados a um sistema fluvial meandrante que evolui para um sistema anastomosado, com retrabalhamento eólico, de idade neoptiana/eoalbiana e; a segunda sequência superior, composta de ciclos progradacionais flúvio-deltáicos-lacustre, de idade cenomaniense (Nogueira *et al.* 1999).

2.2. Geomorfologia

De acordo com Ross (2000), o município de Manaus está inserido no Planalto da Amazônia Oriental caracterizado pela ocorrência de terrenos de origem sedimentar numa faixa estreita que segue o rio Amazonas do curso médio até sua foz com altitudes que pode chegar até 400m na parte Norte e de 300m na parte Sul, que apresenta intensa atuação de processos erosivos, em contato com a Depressão da Amazônia Ocidental, a oeste, e com a Planície do Rio Amazonas, ao sul (mapa 02).

A área urbana da cidade de Manaus apresenta como principal característica geomorfológica a ocorrência dos interflúvios tabulares terminando em encostas côncavas, convexas a retilíneas (VIEIRA, 2008). Este mesmo autor afirma que ocorre uma diferenciação entre as zonas urbanas no que se refere à extensão desses platôs e às características das encostas (declividade, forma e comprimento).

Mapa 02: Esboço geomorfológico da cidade de Manaus e Arredores.



Fonte: Vieira (2008) modificado de Ross (2000).

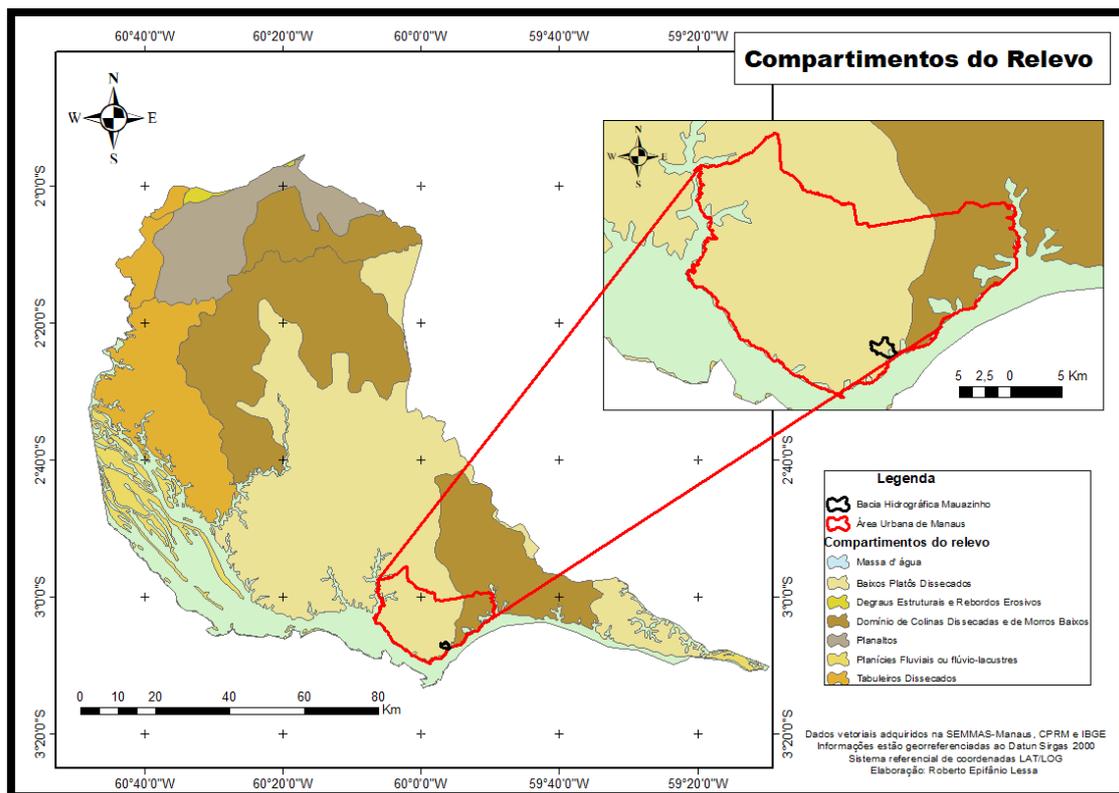
A Zona Leste apresenta como um destaque ou até mesmo uma peculiaridade de existência de platôs que terminam em encostas de grande declividade. Se comparadas com outras áreas da cidade de Manaus, as mesmas possuem encostas curtas e com predominância da forma convexa. As outras zonas se assemelham entre si, com encostas variando entre côncavas a convexas e declividade variando de elevada a baixa, com extensões também variadas (VIEIRA, 2008).

Segundo Vieira (2008) as cotas máximas desse relevo não ultrapassam os 120 metros, classificado como interflúvio tabular cortado por uma rede de canais. Esta superfície tabular serve como elemento de armazenamento da água da chuva.

Segundo Andretta (2014) uma vez excedida à capacidade de armazenamento e infiltração, forma-se um fluxo que segue em direção à encosta, escavando-a e causando o recuo da mesma e as feições erosivas, até chegar aos canais, levando os materiais retirados da encosta e assoreando os igarapés nas bases das encostas.

De acordo com o CPRM (2010), a compartimentação geomorfológica da área do município de Manaus apresenta seis (06) formas constituída por grandes duas grandes áreas os domínios na totalidade do município: Baixos Platôs Dissecados; Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos; Domínios de Colinas Dissecadas e Morros Bairros; Planaltos; Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres e Tabuleiros Dissecados (mapa 03):

Mapa 03: Compartimentos do Relevo.



Fonte: CPRM, 2010.

Na área de Manaus dois (02) compartimentos do relevo ganham maior destaque, pois neles a parte urbana do município está inserida: Domínios de colinas dissecadas e morros baixos e as áreas de baixos platôs. A área representada pelos Baixos Platôs dissecados de inundação e terraços fluviais extensos, considerados as únicas zonas de deposição dinâmicas na Amazônia, apresentando uma altura média que pode variar de 20m até 120m (CPRM, 2010). Já as áreas que correspondem aos domínios de colinas dissecadas e morros baixos, apresenta uma variação de altura que vai de 20m até aproximadamente 140m.

Na área de pesquisa, o fator relevo, é uma variável bem importante a ser analisada, pois quando se trata de gestão territorial, o relevo basicamente pode determinar quais são as melhores áreas para construção de estruturas urbanas na cidade.

2.2. Hidrografia

A cidade de Manaus está inserida na rede de drenagem representada por diversos cursos fluviais, dentre os quais se destacam as bacias hidrográficas do Mindu, Bindá, Passarinho e Quarenta (COSTA et al., 2008), cujas planícies de inundação se encontram, muitas vezes, ocupadas por diferentes tipos de intervenções humanas como: canalizações, retificação de cursos fluviais, aterramentos e com diferentes impactos nas margens e na própria planície. Os igarapés destas bacias desembocam no rio Negro, que apresenta oscilação no seu nível de cota em torno de 10 metros, entre o período de cheia e o de vazante (ROCHA, 2006).

A cidade de Manaus é recortada por uma densa malha de igarapés que formam o sistema fundamental das bacias de drenagem, destacando o Rio Negro como seu principal agente, tendo seu baixo curso situado nessa unidade morfoescultural (Planalto da Amazônia Oriental), funcionando como limite natural para expansão da cidade em direção ao sul, assim como os rios Tarumã-Açu a oeste e o Puraquequara a leste (VIEIRA, 2008).

Segundo Vieira (2008) em Manaus, há em torno de 19 bacias na sua área urbana, classificadas em função da localização, divisores de água e de suas referentes desembocaduras que foram divididas em três grupos pelas zonas administrativas da cidade, sendo eles: bacias da área Oeste que são 03 (três bacias), bacias do Sul 09 (nove bacias) e bacias do Leste 07 (sete bacias). Em termos de tamanho médio das áreas ocupadas pelas bacias “verificou-se que as do Oeste apresentam média de 68,4 km², em segundo lugar estão às bacias do Sul com média de 24,8 km², e as bacias do Leste com as áreas em torno de 11,9 Km²” (VIEIRA, 2008.p.33).

2.3. Solos

Na cidade de Manaus há predominância de três classes de solos: os latossolos, os espodosolos e os argissolos. O tipo de solo apresentado na região onde será realizada a pesquisa é de predominância de Latossolo amarelo que tem um baixo teor de Fe_2O_3 (<7%); sendo geralmente álico (alumínio), definido por uma textura argilosa ou muito argilosa, que teoricamente estaria menos propenso a erosão (VIEIRA, 2008).

A segunda classe é representada pelos Espodosolos, com horizontes de areia branca que podem atingir alguns metros de espessura, consistência solta; aparece nas bordas das encostas e acompanha os principais cursos d'água. A vegetação no local de ocorrência desses solos é do tipo campinarana, menos densa e exuberante do que a floresta equatorial (VIEIRA, 2008).

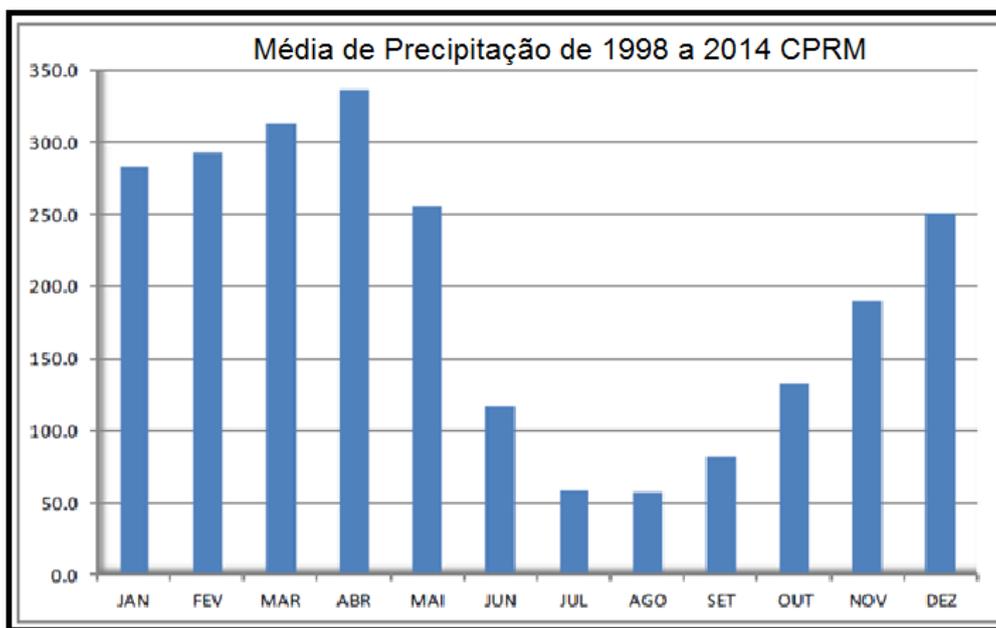
Uma terceira classe de solo é descrita por Santos (2002) como sendo frequente em Manaus, o Argissolo, o qual apresenta horizonte B nodular de aproximadamente 1 m de espessura, encontrado a 1,3 m de profundidade. As cores variam de bruno forte (7,5YR 5/6) a amarelo brunado (10YR6/6) passando por vermelho (2,5YR 4/6); consistência muito dura, porosa e com moderada drenagem (VIEIRA, 2008).

2.4. Clima

Segundo dados obtidos na CPRM (2014), de 1998 a 2014, a média de precipitação anual para a cidade de Manaus para esse período é 2.368,9mm, sendo o período de maior precipitação de dezembro a maio, onde o mês de abril foi considerado o mais chuvoso e os meses de julho e agosto com os menores índices de chuvas (gráfico 01).

Já segundo os dados coletados do website do INMET, e que foram tratados, apontaram que nos últimos 30 anos (1984 a 2014) a média de precipitação anual é de 2.349 mm.

Gráfico 01: Precipitações médias mensais (mm) no período de 1998 a 2014.



Fonte: CPRM (2014). Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2017.

Segundo os dados da CPRM os meses de dezembro a maio são os mais chuvosos, com destaque para o mês de abril - média de 329 mm, e os meses de julho a setembro sendo os mais secos, com precipitação média de 60 mm, em agosto (gráfico 01).

A temperatura média registrada em Manaus nesse período era de 26°C. A temperatura máxima absoluta fica em torno de 38°C, a mínima já registrada ficou perto dos 16°C (NIMER, 1989), sendo os meses de agosto e setembro, os mais quentes.

A umidade relativa do ar (média anual) fica em torno de 83% (INMET, 2015). As maiores umidades relativas foram observadas nos meses de janeiro a maio (média de 87%), e as menores, nos meses de agosto e setembro.

Assim, o clima da região de Manaus é caracterizado como pertencendo ao grupo Am da classificação de Köppen, descritos como Clima tropical, caracterizado por apresentar temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18°C, apresentando uma estação seca de pequena duração, que é compensada pelos totais elevados de precipitação, acima de 1500mm por ano.

2.5. Vegetação

A cidade de Manaus foi estruturada em uma área de predominância de vegetação de Floresta Ombrófila Densa. Segundo Sioli (1985), esta formação vegetal ocorre nos interflúvios planálticos das terras baixas, que podem apresentar altitudes que variam de 5 a 100 metros.

Sobre a Floresta Ombrófila Densa, Aguiar (1995) afirma que a mesma pode ser dividida em 03 tipos: Floresta Perenifólia Higrófila Hileiana Amazônica, ou mata de terra firme, Floresta Perenifólia Paludosa Ribeirinha Inundada, ou mata de igapó, e Floresta Perenifólia Periodicamente Inundada, ou mata de várzea, na área de estudo tem a ocorrência maior de Floresta Perenifólia Higrófila Hileiana Amazônica.

De acordo com Santos (2002), a vegetação da Amazônia está inteiramente inserida na Zona Neotropical, cujo sistema ecológico vegetal apresenta-se adaptado a um clima atual definido essencialmente pela temperatura média acima de 26° C e pelas chuvas distribuídas ao longo do ano.

Em Manaus, a vegetação predominante é a de floresta de terra firme, que se desenvolveu sobre um sistema de tabuleiros terciários, com drenagem bem encaixada (AGUIAR, 1995).

Santos (2002) destaca que essa vegetação tem o solo apenas como ponto de fixação mecânica e não como fonte de nutrientes. Nava (1999) descreve que na cidade de Manaus são comumente encontradas as espécies vulgarmente conhecidas como Cupiúba, Jarana, Amapá, Morototó, Paricá, Piquiá, Sapucaia, Pracuúba, Matamatá, Acariquara, entre outras.

3. ASPECTOS HUMANOS

3.1. Histórico da Ocupação da Bacia

A parte urbanizada da bacia é constituída pelo bairro Mauazinho que abrange as comunidades Mauazinho I, Mauazinho II, Jardim Mauá, Parque Mauá e Jerusalém (LEMOS, 2012). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010), o bairro Mauazinho tem todo seu perímetro inserido na área da bacia hidrográfica, o mesmo possui aproximadamente 7,237 km² com população de cerca de 23.560 habitantes e a área da bacia tem em torno de 3,140 Km² (mapa 04).

A partir deste episódio, o bairro começou a dar sinais de expansão na sua área de ocupação fazendo com que o mesmo fosse dividido, passando a ter uma segunda etapa chamada de Mauazinho II. Segundo dados do IBGE (2010), essa segunda etapa do bairro possuía cerca de 4 mil habitantes.

A área da bacia do Mauazinho está localizada na primeira etapa do bairro, considerada a parte mais povoada conforme a imagem da figura 04, a qual mostra a localização da Bacia hidrográfica do Mauazinho, fazendo limites com os bairros Distrito Industrial I, Distrito Industrial II, Vila Buriti, localizada nos limites da zona leste da cidade de Manaus, próximo ao porto da Ceasa que dá acesso a BR 319 (JORNAL DO COMÉRCIO, 2005) (mapa 05).

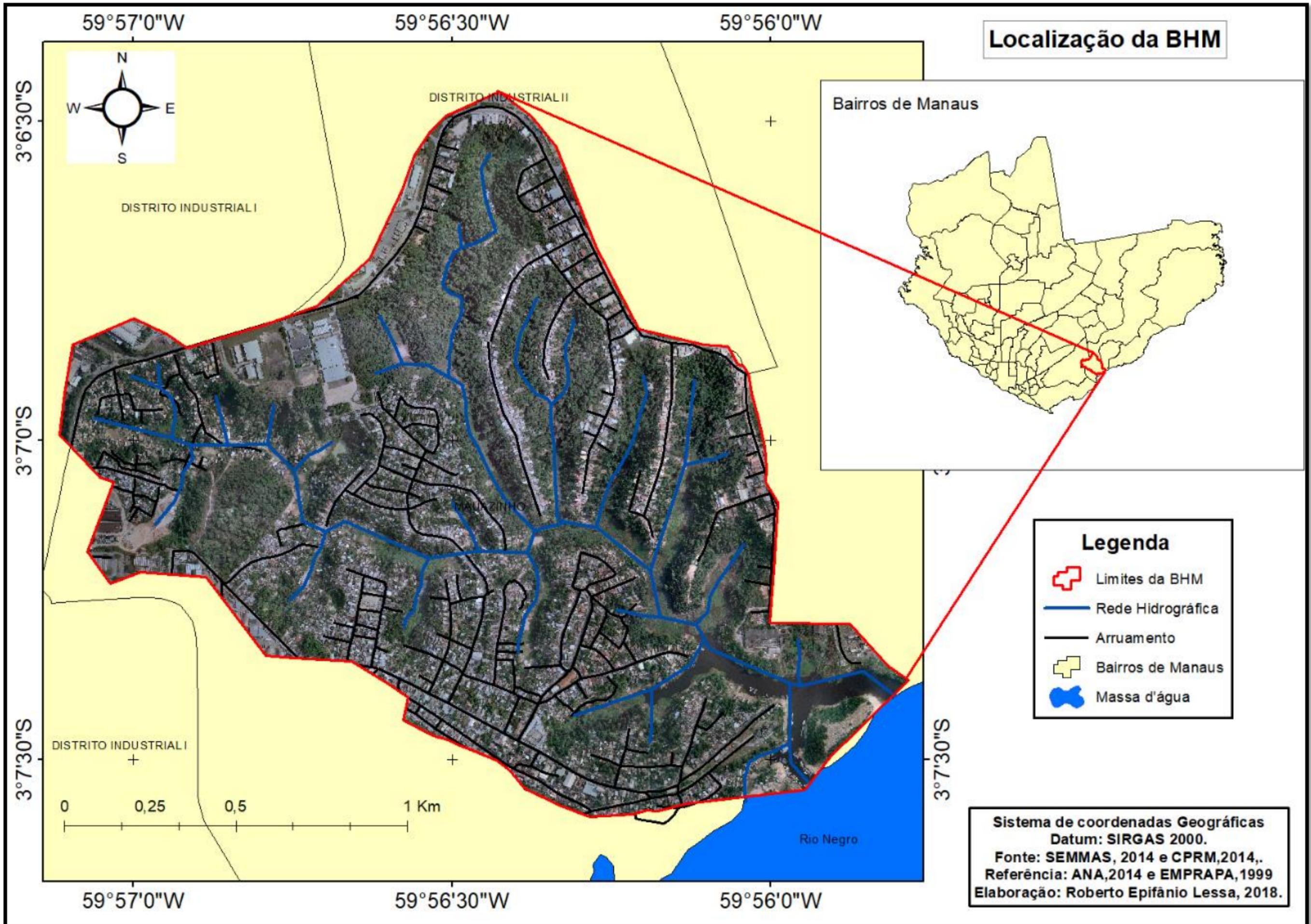
Um ponto que o jornal dá bastante destaque é o fato de que, na segunda etapa do bairro, entorno de 4 mil pessoas não são assistidas no setor de educação, saúde, segurança e muito menos saneamento básico da cidade de Manaus, colocando a população exposta a riscos geológicos/geomorfológicos, ambientais e sociais (JORNAL DO COMÉRCIO, 2005).

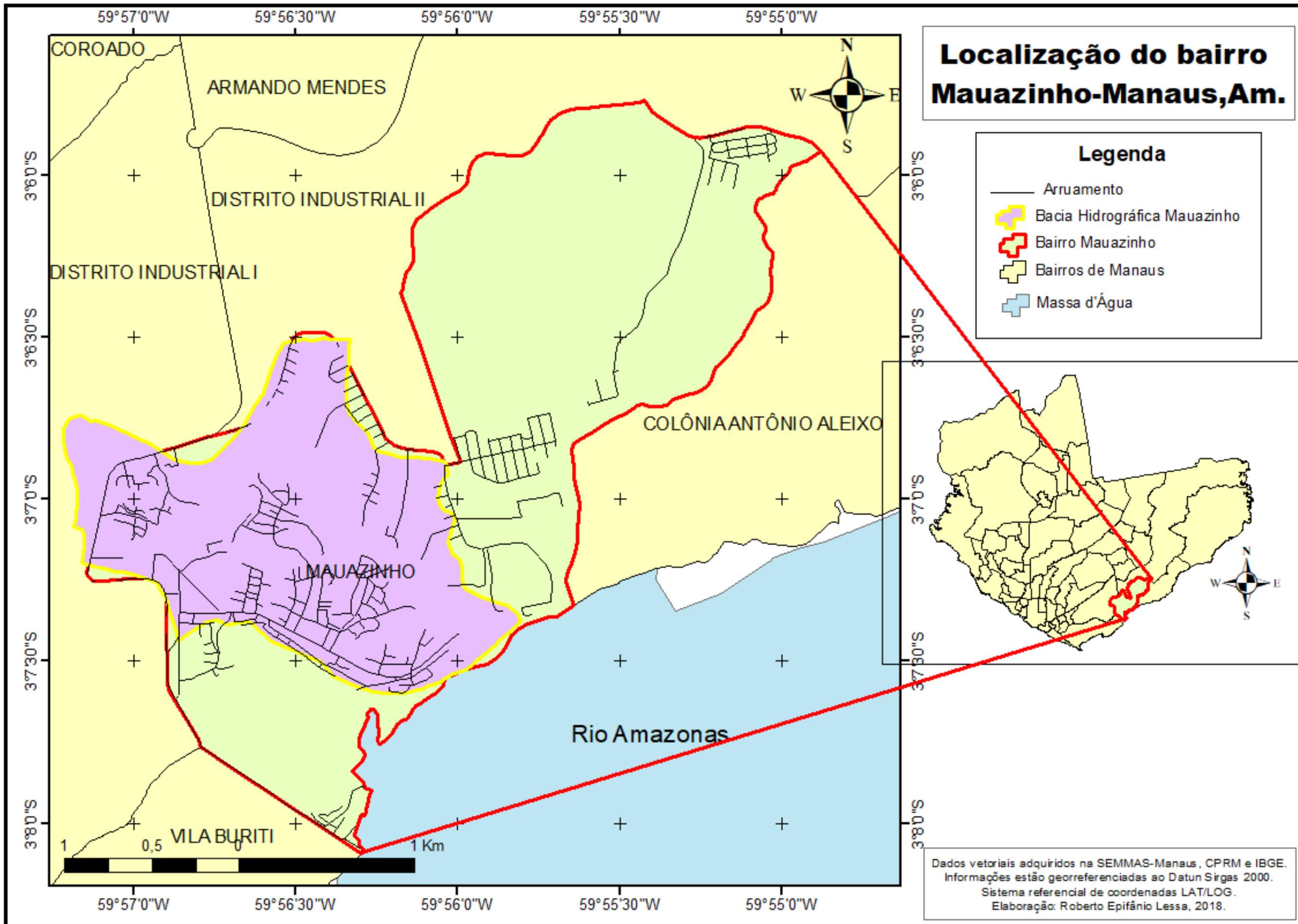
3.2. Aspectos Populacionais

O bairro Mauazinho está localizado na área da bacia hidrográfica que recebe o mesmo nome do bairro. Possui uma população de 23.560 pessoas, sendo esse dado referente ao último censo realizado pelo IBGE no ano de 2010.

Segundo o IBGE (2010) a população masculina representa 11.816 habitantes, e a população feminina, 11.744, portanto, 49,85% mulheres e

50,15% homens. O bairro possuía, em 2010, 6.066 domicílios particulares, com uma média de 4,2% pessoas por casa, sendo cerca de 7,8% domicílios não ocupados e 92,2% ocupados.





4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Desde a sistematização da Geografia como uma ciência autônoma, ocorreram mudanças ao longo da sua história e sua aplicação no campo científico, no qual foi inserida ao seu arcabouço teórico metodológico variadas temáticas das ciências humanas, exatas e da terra. Isso ocorreu em face da necessidade do entendimento das transformações que ocorrem no espaço geográfico levando em consideração todos os elementos atuantes nessas modificações.

Os reflexos dessas mudanças podem ser expressos nas paisagens, principalmente nas áreas com grandes concentrações humanas. Esses processos de modificação do espaço geográfico a partir das intervenções humanas causam alterações no ambiente natural, transformando as propriedades dos sistemas que possibilita estudos que busquem inter-relacionar as dinâmicas dessas modificações que ocorrem no tempo e no espaço.

Assim, a Geomorfologia como ramo da Geografia começa a ganhar destaque, sobretudo nos estudos que procuram entender as dinâmicas das transformações dos relevos que modificam os ambientes naturais ou antrópicos.

Vitte (2011, p. 91) afirma que “nos últimos anos a literatura nacional e internacional relacionada à Geomorfologia tem registrado um intenso debate sobre os caminhos da Geomorfologia dentro da Geografia”. A Geomorfologia começa a ganhar destaque devido a sua aplicabilidade em trabalhos de temáticas ambientais, e sua relevância aumenta à medida que outras ciências se apoiam em suas formulações científicas, como é o caso da Geologia. Sobre essa colocação Ab’Saber (1958) já argumentava que a Geomorfologia é uma ciência de contato entre Geologia e Geografia, e sua aplicação vem buscando o maior entendimento das dinâmicas que ocorrem no relevo.

Segundo Vitte (2015), no Brasil as primeiras referências geomorfológicas são do século XIX, quando os naturalistas procuravam compreender o meio ambiente. O conhecimento geomorfológico no Brasil é recente e incorpora os

conceitos da Teoria Geral dos Sistemas, aplicando ideias relativas ao equilíbrio dinâmico.

De acordo com Colangelo (1997), a expansão dos estudos geomorfológicos no Brasil é recente devido à própria valorização das questões ambientais. A análise geomorfológica se aplica diretamente à análise ambiental e possibilita a atuação da geomorfologia em diversas escalas de análises.

A partir deste contexto, a Geomorfologia começou a ganhar destaque dentro da ciência geográfica, principalmente devido sua contribuição nos estudos dos relevos que no primeiro momento eram estudados por meio de suas formas e como essas eram alteradas ao longo dos tempos.

Sobre o tema, Jatobá (2006) afirma que o principal papel da Geomorfologia nos estudos geográficos é compreender as formas de relevo e quais os processos que deram origem a essas formas e que materiais são gerados a partir dos eventos que moldam a superfície da terra.

Para entender o conhecimento concreto da Geomorfologia e as configurações do relevo que são estudadas por esse ramo da ciência geográfica, é importante conhecer primeiramente as estruturas e as formas de relevo que podem ser identificadas nas diversas escalas temporais e espaciais, sendo preciso, antes de qualquer coisa, procurar entender ou explicar como essas formas de relevo foram originadas e de que maneira evoluem ao longo da história geológica do relevo (MARQUES, 2015).

Assim, identificando o objeto de estudo da Geomorfologia que consiste no entendimento dos processos responsáveis capazes de criar, alterar ou destruir as formas de relevos. De tal modo, a Geomorfologia estuda toda a superfície terrestre, procurando levar em consideração o processo geomorfológico, que vem moldando o relevo terrestre, gerando novas formas nas mais variadas escalas seja temporal ou espacial.

Gonçalves e Guerra (2001) afirmam que para o melhor entendimento das transformações do relevo terrestre é preciso entender a dinâmica dos processos atuantes dentro desse sistema, que consiste em um grande fluxo de troca de

energia entre seus elementos, assim fazendo com que o pesquisador tenha que buscar conhecimento em outros campos dentro da ciência geográfica e do saber, tais como: Pedologia, Climatologia, Geologia, Biogeografia, Hidrologia, etc.

Para Marques (2015) a ocorrência e o funcionamento dos processos alteradores do relevo na superfície terrestre, têm sua origem por meio do entendimento de forças originadas do interior do planeta (forças endógenas) e externas (forças exógenas), eventos originados na atmosfera e das atividades humanas.

Atualmente os estudos voltados para a Geomorfologia têm dado destaque para participação biológica nos estudos ligados a gênese e também no desenvolvimento dos processos atuantes nas transformações dos relevos, mostrando o papel das atividades humanas que vêm se intensificando de forma bastante diversificada nas transformações das paisagens, assim, tornando o homem um agente capaz de criar ou destruir as formas de relevo incluso nos sistemas ambientais (MARQUES, 2015).

Dentro deste contexto, a ação antrópica vem ganhando cada vez mais espaço nos estudos geomorfológicos, promovendo inovações nas áreas de atuação da Geomorfologia, surgindo algumas ramificações dentro deste ramo da ciência geográfica que oferece, atualmente, diversas linhas de pesquisa para análise da paisagem, fazendo com que ocorra uma divisão dentro da própria abordagem geomorfológica nos estudos geográficos (JORGE, 2011).

Na atualidade os estudos que envolvem a Geomorfologia são bastante importantes para a compreensão das estruturas espaciais sendo empregada principalmente em Estudos de Impactos Ambientais (EIAs), Relatórios de Impactos Ambientais (RIMAs) e Estudos de Ocupação e Gestão Territorial (EOGT). Grande parte desses estudos são amparados por uso de técnicas baseadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), devido às possibilidades imprescindíveis para o planejamento e mapeamento do espaço geográfico (SOUZA, et al., 2013).

Os estudos relacionados à geomorfologia vêm ganhando destaque devido sua importância no diagnóstico das atividades humanas que se desenvolvem na superfície terrestre e estão situadas sobre alguma forma de relevo e tipo de solo, essas estruturas darão subsídios para o entendimento e evolução dos processos que podem desencadear danos de pequeno e grande porte ou impactos menores dependendo do tipo de uso e manejo do solo e das características físicas do local.

Sobre a importância da Geomorfologia, Guerra e Guerra (1997) destacam que a aplicação desse conhecimento apresenta uma grande relevância para a ciência Geográfica, pois se insere como diagnóstico das condições ambientais que contribui para orientar a alocação e o assentamento das atividades humanas no relevo, fato que já ocorreu em grandes civilizações ao longo da história das estruturas das cidades ao redor do mundo.

Com a grande variação do uso do relevo a partir das atividades humana ao longo da estruturação das sociedades foram surgindo novos caminhos metodológicos para a Geomorfologia, nascendo outras linhas de pesquisas que, buscam entender a transformação do relevo sob diferentes óticas, entre essas linhas merecem destaque a Geomorfologia Ambiental; Geomorfologia Urbana; Geomorfologia Antrópica ou Antropogeomorfologia, que ganharam maior interesse dos pesquisadores devido à necessidade do entendimento da dinâmica do relevo relacionada às ações antropogênicas alteradoras das paisagens.

4.1. Geomorfologia Urbana

A partir da problematização que existe entre as relações do homem com o meio ambiente natural, a Geomorfologia proporciona diversas possibilidades de estudos na busca de novos parâmetros para pesquisas com finalidade de reconhecimento dos principais impactos causados pelo homem no espaço geográfico.

A transformação do relevo constitui um dos principais objetos de estudo da Geomorfologia, e nas últimas décadas esses estudos vêm destacando as

ações antropogênicas no meio biofísico principalmente com o aumento do crescimento populacional na atualidade (RODRIGUES, 2007).

Fato que deve ser levado em consideração é a abordagem de questões ligadas à análise dos sistemas físico-ambientais, principalmente em estudos sobre o resultado das interações antrópicas nos sistemas ambientais (PASCHOAL et al, 2015).

Tal apontamento se faz em razão do atual estágio técnico científico vivido pela sociedade, no qual o ambiente passa a ser modificado por fenômenos de ordem natural (tufões, furacões, terremotos etc.), e também por atividades antrópicas (crescimento das cidades e atividades relacionadas com a agricultura e pecuária) que provocam impactos negativos ao ambiente ocasionado principalmente pelo processo de urbanização na estruturação das cidades, que considera as transformações provocadas em sistemas naturais, diretamente pela construção de infraestrutura urbana e indiretamente pela influência das atividades humanas e suas relações com o meio físico (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Define-se como Geomorfologia Urbana a relação existente entre os fatores do meio físico e os impactos provocados pela ocupação humana (GOUDIE; VILES, 1997), considerando que tais impactos podem ser positivos ou negativos no tempo e no espaço.

Considerada uma das novas subdivisões da Geomorfologia, a Geomorfologia Urbana dá maior ênfase às ações dos processos que ocorrem sobre o ambiente alterado pelas atividades humanas. Atualmente são inúmeros os trabalhos publicados com esta temática, a exemplo de Rodrigues (2004), Jatobá (2006), Ross (2010), Guerra (2011), Jorge (2011), Silva (2013), Vitte e Guerra (2014).

Jorge (2011) destaca que o ponto de partida para o estudo geomorfológico em ambientes de urbanização inicia a partir da necessidade de verificar parte da história da inserção variável antrópica em estudos dentro da Geomorfologia.

As mudanças que vêm ocorrendo de forma acelerada no ambiente construído pelo homem têm relação com o crescimento humano e desordenado, muito comum nas grandes e médias cidades do Brasil, pois para Guerra e Jorge (2013) esse desenvolvimento, muitas vezes, não obedece aos condicionamentos biofísicos do lugar original de implantação das cidades, no contexto histórico dos processos de urbanização no Brasil. Sobre urbanização, Rodrigues (2004) afirma que:

As interações antrópicas relacionadas aos fenômenos da urbanização vêm, desde a década de 1950, se processando de forma bastante acelerada no Brasil, desdobrando-se em diversos e graves problemas de ordem ambiental (p.69).

No Brasil isso acontece devido a políticas públicas ineficientes para realização de uma gestão e planejamento ambiental integrado, principalmente na elaboração dos planos diretores das cidades que nem sempre levam em consideração a Geomorfologia dos terrenos para a gestão territorial do espaço geográfico fazendo com que ocorram problemas de cunho socioambiental, principalmente nas grandes cidades (VITTE, 2014).

Os ambientes alterados pela ação do homem no Brasil começaram a ser motivo de preocupação há algumas décadas, quando o homem começou a sentir uma perda na qualidade de vida urbana, período reconhecido como de crise ambiental urbana que para Rodrigues (2007) foi caracterizado pela preocupação com a fonte dos recursos naturais e as possíveis alterações nos ciclos naturais nas variadas escalas (regional e global) “provocados pelo avanço de técnicas mais transgressoras ao ambiente eminentes em espaços urbanizados” (RODRIGUES, 2007, p.86).

Aliados ao crescimento urbano são notadas profundas mudanças na paisagem urbana no Brasil, principalmente após a década de 1970. E é no espaço urbano, segundo Lacerda (2005), sobretudo em regiões metropolitanas, que se verifica que o equilíbrio ambiental é profundamente afetado.

4.2. Antropogeomorfologia

A Geomorfologia, durante seu desenvolvimento, por meio de seus métodos e técnicas, sempre buscou realizar a inclusão do homem nos estudos específicos sobre as formas de relevos e transformação da paisagem. Dessa necessidade surge uma nova linha de estudo chamada de Antropogeomorfologia ou Geomorfologia Antrópica que apresenta maiores possibilidade para realização de estudos voltados para uma única temática, facilitando a análise das atividades humanas que modificam o relevo terrestre.

Com o aprofundamento das interações entre o homem e o meio natural no espaço urbano, criam-se situações singulares e evidências específicas que podem ser melhores analisadas por meio de suas particularidades, ou seja, com a fragmentação dos estudos ocorre o surgimento de temáticas, como o estudo de encostas urbanas, planejamento ambiental, solos, geotécnica, bacias hidrográficas e Antropogeomorfologia (SANTOS FILHO, 2011).

A Antropogeomorfologia ou Geomorfologia Antrópica é uma subdisciplina relativamente nova, embora tenha precursores considerais, visto que existem trabalhos que foram publicados há quase 150 e 70-80 anos atrás por Marsh (1864) e Sherlock (1922, 1931), que naquela época já davam destaque as transformações do relevo a partir das atividades antropogênicas, no entanto os estudos geomorfológicos começaram a concentrar seus trabalhos nas atividades antrópicas relacionadas com as formas de relevos, com maior destaque a partir dos anos 60 (ROZSA, 2002).

Rozsa (2002, p.233) destaca a importância dos seres humanos como agentes geomorfológicos em estudos dentro da ciência geográfica, pelo o fato do homem ocupar aproximadamente 149 milhões de Km² da superfície terrestre e as “suas atividades econômicas influenciam de forma direta nas modificações das paisagens gerando impactos nas estruturas naturais do relevo”.

Assim, a modificação da paisagem da Terra pelo homem é tão antiga como a própria história da humanidade; pode-se dizer que a história humana é também a história da antropogeomorfologia. Segundo Nir (1983) o potencial

impacto humano sobre o ambiente, e na superfície ao mesmo tempo, é basicamente determinada por dois fatores: progresso científico e crescimento populacional.

Onde o primeiro é representado segundo Rozsa (2002), pelas circunstâncias socioeconômicas, que alteram a Geomorfologia de forma dramaticamente a partir das atividades geradas no amago da revolução industrial, que começou na Inglaterra no século XVII, e se espalhou pela Europa e América do Norte no final do século XIX.

Passagem histórica marcada pelo uso do carvão, motor a vapor e introdução de outras inovações técnicas usadas na exploração de novas matérias-primas em larga escala, mecanizadas através de atividades industriais que substituiu o predomínio das atividades agrícolas e economia baseada no artesanato resultando em um aumento de produtividade. Isso também envolveu um rápido progresso na mineração, no transporte e na agricultura que foram promovendo drasticamente mudanças nas paisagens ao longo da história.

Segundo Nir (1983) a próxima etapa do desenvolvimento industrial começando em 1870 recendendo o nome de segunda revolução Industrial. Caracterizada pelo uso e aplicação disseminada da eletricidade que transformou a vida econômica e cotidiana da população naquela época. Com a invenção do motor de combustão foi possível construir máquinas cada vez maiores e mais eficientes, por sua vez, aumentando consideravelmente a demanda por gasolina, transformando radicalmente o transporte e dando um novo impulso à indústria química.

Desde meados do Século XX o desenvolvimento da eletrônica e a utilização de energia nuclear, período que foi chamado de terceira revolução industrial, foi marcado por eventos que causaram grandes mudanças não só no perfil da sociedade mais também nos padrões de relevos tanto nos ambientes urbanos como nos ambientes rurais.

Segundo Nir (1983) três períodos podem ser distinguidos na história da população mundial. O primeiro durou desde o aparecimento de raça humana até

o final do Paleolítico, o segundo a partir do Neolítico à Revolução Industrial e o Terceiro começou com a revolução industrial. Os períodos coincidem com as três principais eras técnico-culturais (caça-coleta, agrícola e industrial). O relacionamento entre demografia e desenvolvimento econômico é óbvio, no entanto, bastante complexo. Por um lado, o aumento da população pode atuar como um obstáculo ao desenvolvimento econômico, porque o crescimento populacional pode estabelecer seus próprios limites.

Por outro lado, a pressão demográfica pode impor produção mais intensiva, bem como invenções e a disseminação de novas tecnologias. O progresso técnico pode iniciar o desenvolvimento econômico, o que pode permitir um crescimento populacional e pode criar uma demanda por padrão de vida, isso significa que o progresso técnico e crescimento populacional, intensificam-se mutuamente sua influência. Além disso, uma crescente demanda por padrões cada vez mais altos de vida também pode gerar mais intervenção humana em processos geomórficos naturais (SANTOS; COSTA, 2016).

Assim o entendimento atual é que o homem através da sua história vem causando mudanças nas propriedades dos sistemas naturais, principalmente nas formas de relevos, não só para a implantação de indústrias mas também na criação de cidades, visto que o crescimento demográfico acompanhou o avanço das atividades econômicas na história da humanidade, sendo o relevo o mais afetado por essas transformações.

No Brasil, estudos antecessores atrelados à Antropogeomorfologia foram realizados por Rodrigues (2005; 2007), Jorge (2011), Santos Filho (2011), Gouveia (2010; 2013) Dias (2014), Costa e Souza (2015) Santos e Costa (2016) que procuram esclarecer os conceitos de morfologia original e morfologia antropogênica em estudos temporais, lançando mão da cartografia geomorfológica para a estimativa de transformações no relevo decorrentes de processos de urbanização, classificação e mapeamento de riscos associados às condições do relevo resultante das atividades antropogênicas.

Antropogeomorfologia é o estudo que resulta da presença e da intervenção humana no meio ambiente natural, no tempo e espaço, das

mudanças no ambiente físico provocadas por ação antrópicas, considerando em sua análise três elementos morfológicos básicos: formas, materiais e processos da superfície terrestre (RODRIGUES, 2005; HART, 1986 apud SANTOS FILHO, 2011).

Em relação às formas, os estudos são voltados para identificar as principais formas de relevo que são geradas devido às atividades humanas e como essas atuam na vida da população residente desses espaços alterados. Os materiais gerados a partir do processo de ocupação também são importantes para entender como esses são acumulados e atuam modificando as propriedades do solo e promovem transformações da paisagem principalmente em ambientes urbanos.

A Antropogeomorfologia subdivide-se em duas áreas principais para facilitar o estudo do meio ambiente alterado (GOUDIE, 1993, 2004; GOUDIE; VILES, 1997, 1994; RODRIGUES, 1999, 2007 apud JORGE, 2011): A primeira refere-se a pesquisas dos impactos da atividade humana sobre a Terra, em especial, nos solos, processo conhecido como metapedogênese, que trata da modificação das propriedades físicas e químicas dos solos devido à ação antrópica. A segunda relaciona-se com estudos dos impactos da atividade humana sobre a superfície da terra, sobre as formas de relevo pela ação do homem que altera o relevo e as variáveis ambientais em função da concepção de edifícios.

Essas duas divisões foram propostas por Goudie e Viles (1994) e são usadas com bastante frequência em estudos que englobam temáticas relacionadas com a Geomorfologia Urbana e Antropogeomorfologia.

Uma das principais reflexões feitas em estudos de Antropogeomorfologia são questões relacionadas ao fenômeno de construção da cidade, que segundo Goudie e Viles (1994), deve ser levado em conta o fator antrópico, considerando também os danos gerados no solo.

Sobre danos no solo, Derisio (2012) afirma que cada modo de utilização do solo pode provocar algum tipo de alteração no meio ambiente, assim, a

construção civil pode causar na ocupação do solo a exploração extrativa do mesmo, resultando na remoção de grandes quantidades de materiais e na alteração das formas de relevo.

Do ponto de vista do solo, o principal dano decorrente da sua utilização é a erosão, a qual é causada pela ação das águas e do vento, e a consequente remoção das partículas do solo. Para Guerra (2014), essa remoção da camada superficial causa alterações de relevo, aumenta a ocorrência de áreas de riscos, provocando o assoreamento de corpos d'água.

As intervenções antrópicas relacionadas com o uso do solo durante o processo de urbanização numa cidade acontecem de forma rápida e desordenada, que se reflete em uma variedade de problemas graves de ordem ambiental (RODRIGUES; GOUVEIA, 2013). Esses problemas de ordem ambiental podem afetar de forma direta a qualidade de vida da população residente, podendo refletir na economia, saúde, aumentando impactos negativos no modo de vida da população (ROSS, 2010).

Diante desse quadro, a Antropogeomorfologia assume o papel muito importante para análise das alterações da morfologia natural da paisagem dentro da cidade, estudando as formas de relevo resultantes das atividades humanas ao longo da estruturação das sociedades gerando problemas ambientais. Para Rodrigues e Gouveia (2013), os principais problemas socioambientais encontrados em ambientes urbanos são: movimentos de massa, corridas e enxurradas, degradação e esgotamentos de recursos hídricos, inundações, contaminação de solo por disposição de rejeitos, aumento de taxas de erosões e de assoreamentos, recalques, colapsos de solo.

Nessa perspectiva, a consideração das ações antrópicas, potencialmente modificadoras do equilíbrio dinâmico desse sistema, torna-se fundamental para o entendimento das mudanças nos tipos de coberturas superficiais que implicam de forma radical na ruptura nos balanços de processos originais que ocorrem de forma natural (JORGE, 2011).

4.3. Erosão do solo

O processo de erosão do solo inicia-se através de mecanismos que envolvem a ação de desprendimento e disposição de materiais pelas forças erosivas dos pingos de chuvas e também pelo escoamento superficial (Z.H. SHI et al., 2012). A erosão é um dos principais processos da dinâmica superficial responsável pela modelagem da superfície terrestre que é regida por agentes como clima, ação da água e ventos, natureza de material, relevo e ação antrópica sob o relevo (SANT'ANA; NUMMER, 2010).

Nos últimos anos os estudos sobre erosão ganharam um aumento significativo principalmente no campo da Geografia devido à importância para a realização de gerenciamento territorial, uma vez que as consequências dos processos erosivos têm causado fortes modificações nas dinâmicas do relevo tanto no meio rural como no meio urbano.

Segundo Sant'Ana e Nummer (2010), nos últimos anos ocorreram intensivas pesquisas e discussões no meio acadêmico sobre os principais mecanismos e parâmetros que são responsáveis pela erosão e também quais as melhores medidas a serem adotadas para o seu gerenciamento, controle e prevenção de áreas afetadas por processos erosivos intensificados pela ocupação humana, com o destaque para os processos desencadeados a partir da erosão hídrica que costuma ocorrer com mais frequência em ambientes urbanos.

Nesta pesquisa serão destacadas as formas de erosões hídricas: Erosão Laminar ou em Lençol e Erosão Linear, que são causadas pela ação da força da água, essas formas podem ocorrer simultaneamente em uma mesma localidade (BERTONI e NETO, 2014).

O início do processo erosivo ocorre a partir do impacto das gotas de água da chuva em contato com o solo, conhecida *splash* (GUERRA, 2014). O *splash* pode causar a ruptura dos agregados do solo, que facilita o transporte das partículas presentes neste a partir do escoamento superficial. Além disso, os agregados vão preenchendo os poros da superfície do solo promovendo a

selagem e diminuição da taxa de porosidade do solo, fazendo com que ocorra um grande aumento da velocidade e da força da água durante o escoamento superficial (*runoff*) (GUERRA, 2014).

Segundo Bertoni (2014) o *Splash* é caracterizado como o primeiro passo para o início do processo de erosão no solo, pois as gotas de água podem ser consideradas como bombas que ao entrar em contato com o solo provocam alteração na sua morfologia, diminuindo a capacidade de infiltração do solo proporcionando condições favoráveis para o desenvolvimento do processo erosivo mais intenso sob o mesmo.

4.3.1. Erosão laminar

Segundo Araújo (2005) a erosão laminar consiste na remoção do solo de uma área inclinada em camadas finas. Do ponto de vista energético, a erosão por salpicamento parece ser mais importante do que a laminar, porque a maior parte das gotas de água da chuva tem velocidade média de aproximadamente de 22 a 33 km/h, já a velocidade do fluxo de água pode variar de aproximadamente de 1 a 2 km/h.

Para Campos (2014, p. 23) a erosão laminar é “causada pelo escoamento laminar das águas das chuvas que resulta na remoção progressiva e uniforme dos horizontes superficiais do solo e geralmente ocorre em locais com pouca ou nenhuma vegetação”. Assim o escoamento superficial ganha relevância principalmente devido a sua intensidade nos processos que envolvem a dinâmica da erosão laminar.

Vale destacar que erosão laminar é diferente da erosão linear, que é causada pela concentração das linhas de fluxo difusos das águas acumuladas durante o escoamento superficial (CAMPOS, 2014).

Durante esse processo de escoamento superficial ocorre o ressecamento e a lavagem da encosta que vão caracterizando as formas de erosão laminar; a primeira ocorre quando camadas superficiais de solos com texturas grosseiras secam e perdem sua coesão aparente, e a última quando a chuva erode sem causar ravinas ou voçorocas. A erosão em lençol é um mecanismo de escape

importante da encosta e fonte de sedimentos para áreas situadas a jusante (ARAÚJO, et al., 2005).

Segundo Bertoni (2014) as erosões laminares são dificilmente perceptíveis em ambientes urbanos, já em ambientes rurais, em área de culturas perenes em terrenos mais suscetíveis à erosão, pode-se perceber após anos, a partir da observação das raízes de árvores que ficam expostas indicando que as camadas do solo foram arrastadas com o passar do tempo.

Erosão linear

Segundo Manguiera (2017) as erosões lineares são basicamente formadas a partir da interação da água e de fatores condicionantes na formação de processos erosivos como Clima, Geologia, Relevo, Solo, e ação humana nas suas mais variadas formas de alteração do ambiente (desflorestamento, construção civil e obras de loteamentos de terras).

O processo de erosão linear do solo ocorre devido à concentração das linhas de fluxos das águas pluviais derivadas do escoamento superficial, que pode resultar na criação de incisões no terreno, essas feições são identificadas como: sulcos, ravinas e voçorocas (ARCAYA, 2007).

Sulcos

O processo de erosão em sulcos ocorre devido à desagregação e o transporte dos fragmentos do solo, através do aumento da ação da força hidráulica pelo escoamento superficial concentrado gerando os sulcos, causado pela força das águas das chuvas (BEZERRA et al., 2010).

Sulcos são caracterizados como pequenas incisões na forma de filetes bem rasos, concebidos em áreas onde ocorrem erosão laminar intensificada. Este processo ocorre geralmente nas linhas que apresentam maior concentração das águas durante o escoamento superficial, resultando na ocorrência de pequenas incisões ao longo do terreno, a ocorrência de sulcos é maior em relevos acidentados que não possuem a cobertura vegetal (SOUZA, 2015).

Embora a erosão em sulco seja menos visível, os prejuízos causados por esse tipo de processo, podem afetar grandes áreas, principalmente em áreas rurais. Sem nenhuma dúvida é importante o entendimento dos mecanismos que fazem com que esse processo ocorra, sendo uma das ações mais importantes quando se fala de erosão hídrica, a sua ocorrência costuma ser registrada com maior frequência em regiões onde as chuvas são mais intensas.

Com relação à classificação de sulcos a partir do parâmetro profundidade será considerado sulcos as incisões que apresentarem profundidade de 0,5 cm a 50 cm conforme a classificação de Vieira (2008), Campos (2014) e Souza (2015).

Ravinas

Segundo Campos (2014) as ravinas são consideradas pequenas escavações que se transformam por erosão, embora insignificantes no seu estágio inicial, podem se ampliar e consumir rapidamente grande quantidade de terra da camada correspondente aos horizontes O e A, deixando exposto o seu subsolo fazendo com que aumente a quantidade de erosões laminares e sulcos na área afetada por esse processo.

As ravinas geralmente possuem forma retilínea, alongada e estreita, podem também se ramificar dependendo da intensidade do fluxo de água durante o escoamento superficial e não chegam a atingir o nível freático do terreno, de maneira geral ocorrem entre os eixos de drenagem e apresentam perfil transversal em forma de “V” (SOUZA,2015).

Bigarella (2003) afirma que as ravinas podem ser entendidas como um pequeno canal relativamente profundos, sendo originado por corrente de água durante o escoamento superficial, aumentado pelo desenvolvimento progressivo de ranhuras, sulcos e valas nas vertentes, transformando-se em canais efêmeros maiores.

Sobre a classificação de ravinas a partir das suas dimensões muito se discute para se chegar a um padrão de definição: Guerra (2010), afirma que

podem ser consideradas ravinas as incisões que apresentam até 50 cm de largura e profundidade.

Já Camapum et al. (2006) afirmam que o termo deve ser empregado a canais que apresentem uma profundidade superior a 10 cm e máxima limitada a 50 cm ou aquela profundidade a partir da qual começa a ocorrer à instabilidade dos taludes, decorrente da deficiência de coesão real e de cimentação, adotada para a maioria delas; Para Vieira (2008), Campos (2014) e Souza (2015), a incisão é caracterizada como ravina quando apresenta profundidade de 50 cm a 1,50 m. Nesta pesquisa é utilizada essa classificação, pois a mesma se adapta melhor as características da área de estudo.

Voçorocas

Segundo Guerra (2010;2014), Campos (2014), Souza (2015) e Mangueira (2017), quando as ravinas atingem seu estágio limite, chegando até o lençol freático, começa a atuar processos que estão relacionados com a circulação dinâmica das águas subterrâneas e dão o início ao processo de voçorocamento.

Sobre o tema Mangueira (2017, p.12) afirma que “as voçorocas normalmente têm sua origem em sulco e ravinas que aumentam suas dimensões devido à ação das águas superficiais”. Portanto, se as incisões erosivas do tipo sulco e ravinas não tiverem as devidas contenções podem vir a evoluírem trazendo maiores impactos negativos ao ambiente.

Segundo Souza (2015) as voçorocas são formas resultante de processos de erosão que apresentam maior complexidade, dentro dos estudos de processos erosivos no quadro da evolução de erosões lineares, e são associadas a fatores relacionados com alteração do padrão morfológico, hidrológico e pedológico causadas principalmente devido a atividades antrópicas sob o meio ambiente (desmatamento, atividades agrícolas e processo de ocupação de território), chamados fatores controladores.

Como já foi propagado, as voçorocas são as feições erosivas mais visíveis, principalmente devido ao seu poder de degradação do solo, que podem

causar mudanças significativas nos padrões de drenagem de determinado lugar de ocorrência.

Vieira (2008) afirma que a identificação de uma voçoroca é determinada pela ocorrência de quedas em blocos das camadas de solo, paredes verticais e fundo plano, com formação em “U” na sua seção transversal possuindo uma profundidade acima de 1,50 metros, ressaltando que essa forma de identificação é utilizada como base para a classificação e identificação das voçorocas existentes na área de pesquisa.

As voçorocas podem apresentar elevado poder de destruição no ambiente de ocorrência, suas dimensões chegam a atingir até dezenas de metros de largura, profundidade e centenas de metros de comprimento (IPT, 2007).

Os processos de erosão interna das voçorocas ocorrem de forma diversificada como um sistema, com troca de energia entre os elementos, gerando solapamentos, desabamentos e escorregamentos, cujas atuações são difíceis de reconhecer devido à complexidade na forma de ocorrência na dinâmica interna das voçorocas (MANGUEIRA, 2017).

4.4. Riscos

O risco pode ser definido como a probabilidade de perigo, da catástrofe possível. Ele pode existir apenas em relação a um indivíduo e a um grupo social ou profissional, uma comunidade, uma sociedade que aprende por meio de representações mentais e com ele convive por meio de práticas sociais específicas (DAGNINO; CARPI JUNIOR, 2006).

Segundo Veyret (2007), não há riscos sem a presença de uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer seus efeitos, o risco é a tradução de ameaça, de um perigo para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal.

Os estudos de riscos não se constituem em um novo campo científico, não se trata de uma nova disciplina, mas de uma abordagem ampla, que pode ser integrada com as ciências exatas e da terra como a Geologia, Química;

Física; Meteorologia e Engenharias, e ciências humanas como: Geografia; Sociologia; Economia e Direito (REBELLO, 2010).

A conceituação de riscos tem sido empregada em várias áreas do conhecimento e adaptada em pesquisas científicas relacionadas a estudos do ambiente urbano. Com isso, repetidamente, o termo risco é trocado ou associase a potencial, suscetibilidade, vulnerabilidade, sensibilidade ou danos potenciais (DAGNINO; CARPI JUNIOR, 2006).

Nos dias atuais, estudos com a temática do risco vêm sendo desenvolvidos em vários campos do conhecimento, que colocam o próprio conceito de risco em evidência, configurando uma série de debates, avaliações e estudos no meio científico principalmente nos campos das ciências exatas e da terra com as ciências humanas (DERISIO, 2012). Para Santos Filho (2012), o risco é a probabilidade de que um acontecimento, mesmo que não esperado, se torne realidade. Sendo assim, a possibilidade de algo ocorrer já pode ser considerada um risco.

Segundo Castro et al. (2005), risco para uma conceituação básica é um adjetivo de qualificação, por exemplo: risco ambiental, risco geomorfológico, risco social, risco tecnológico, risco natural, biológico, e tantos outros que estão envolvidos de forma direta ou indireta no cotidiano de qualquer cidadão numa sociedade moderna. Para a pesquisa são considerados os riscos geomorfológicos, com ênfase nos riscos erosivos que tem relação direta com as transformações que vem ocorrendo de forma acelerada dentro do ambiente urbano.

Os riscos geomorfológicos são parte integrante de um conceito mais amplo, denominado riscos naturais, que correspondem à probabilidade de ocorrer danos e perdas provocados por uma catástrofe e num determinado local ou região devido à ação de um processo natural, acelerado - ou não - por ações antrópicas (DIAS, 2010).

Em relação a esse tipo de risco, vários estudos são voltados para o entendimento dos processos promotores de áreas com possibilidade de

ocorrência de catástrofes em ambiente urbano, principalmente em áreas que apresentam grande número de vertentes de elevadas declividades.

Sobre riscos naturais, Veyret (2007, p.64) afirma que “são aqueles que são pressentidos, percebidos e suportados por um grupo social ou um indivíduo sujeito à ação possível de um processo físico no determinado local”. O risco natural é a denominação preferida para fazer referência àqueles riscos que não podem ser facilmente atribuídos ou relacionáveis à ação humana, embora, nos dias atuais, essa seja uma tarefa cada vez mais difícil (REBELO, 2003).

De forma mais ampla, Rebelo (2003) apresenta a seguinte tipologia dos riscos naturais: riscos tectônicos e magmáticos; riscos climáticos; riscos geomorfológicos, como: erosão, movimentações de massa, desabamento ou deslizamento e outros, como os decorrentes da erosão eólica e do descongelamento de neves de altitude e os riscos hidrológicos.

A relação entre eventos naturais e ação antrópica causam fenômenos enquadrados como sendo de risco, que geram prejuízos aos componentes do meio físico, biológico e social (CERRI et al., 1998). Na Geografia, o estudo de riscos se interessa em estudar a percepção e a gestão de riscos, acompanhado através de uma dimensão espacial. Abordagens variadas podem conduzir a diferentes tipologias (VEYRET, 2007).

Dentro do espaço urbano de uma grande cidade é observada uma variedade de riscos geológicos que podem causar perda de vida humana ou perda material. Alguns estudos referentes a riscos em cidades do Brasil apontam que os problemas relativos à erosão e a processos de movimentos de massa que ocorrem com bastante frequência em cidades médias e grandes, afetam principalmente a população cuja situação socioeconômica é de subdesenvolvimento ou em desenvolvimento. Os problemas tornam-se mais acentuados devido à escassa estrutura para evitar tais fenômenos (GUERRA, 2011). Outra variável, que deve ser levada em conta em estudos relacionados com riscos Geológicos, refere-se às formas de ocupações que ocorrem no espaço geográfico por meio das atividades humanas.

5. METODOLOGIA

O método adotado para a realização da pesquisa teve como base a abordagem sistêmica, sustentada pela Teoria Geral dos Sistemas (TGS), sistematizada e consolidada através de estudos elaborados por Sotchava (1977) e Bertrand (1972), a qual apresenta como categoria central de análise, a paisagem. Esse caminho teórico permitiu, então, compreender os elementos que compõem a paisagem e suas interações dentro da área de estudo.

Nesse ponto, a abordagem sistêmica mostra-se fundamental para a compreensão da geomorfologia Amazônica em suas escalas, seus aspectos relacionais e suas interações no espaço geográfico.

Para realização da pesquisa e compreensão dos processos que se desenvolvem na Bacia Hidrográfica Mauzinho, foi imprescindível o levantamento de informações a partir da compilação de um levantamento e uma revisão de literatura nas áreas de Geomorfologia, Geomorfologia Urbana, Antropogeomorfologia e Riscos.

A revisão bibliográfica traz uma discussão sobre as bases teóricas e conceituais de trabalhos já realizados, que têm relação com temática central da pesquisa, que serão usadas durante a investigação, alusivas aos processos geomorfológicos e antropogênicos que ocorrem dentro da área de estudo. Livros, artigos, dissertações e teses auxiliaram nesse contexto, com o levantamento sendo realizado em trabalhos que estão articulados com a temática da Geomorfologia Urbana e Antropogeomorfologia e Riscos, tais como: Christofolletti (1980), Goudie e Viles (1994), Rodrigues (2004, 2007, 2013), Jatobá (2006); Vieira (2008), Rebello (2008, 2010), Veyret (2007), Dias (2010), Ross (2010), Guerra (2011), Guerra e Jorge (2013, 2014), Guerra e Vitte (2014), Andretta (2014), Lemos (2016) e Frota Filho (2016).

Após a realização do levantamento bibliográfico, a etapa seguinte foi constituída em atividade de trabalho de campo com o objetivo de reconhecer o terreno, as transformações na área, descrever as feições erosivas, a drenagem, o relevo, registros fotográficos e observar as formas de ocupação.

Foram realizados 03 trabalhos de campo: 01 para realizar voo na área com o Vant; 01 para caracterização da área próxima da voçoroca; e 01 para caracterizar as áreas de riscos erosivos e formas de ocupação.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram realizadas a descrição e a caracterização geográfica da área da bacia hidrográfica do Mauzinho, com destaque para os aspectos geomorfológicos, incluindo o caminho teórico para compreender os processos no meio físico que se desdobram a transformação do padrão de relevo gerado por meio do processo de ocupação da bacia ao longo do tempo, e que intensificam os processos erosivos no local.

A problemática central das transformações do relevo dentro da bacia hidrográfica foi analisada por meio do levantamento e coleta de dados primários (trabalhos de campo) e secundários (relatórios técnicos e arquivos vetoriais junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Agência Nacional de Águas (ANA), Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Manaus (SEMMAS) e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, também conhecida como Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

Para concepção e direcionamento dos estudos, a pesquisa foi dividida em quatro (04) etapas, na qual cada uma delas teve uma metodologia específica, conforme segue: caracterização dos aspectos físicos naturais; descrição das alterações no meio físico da bacia hidrográfica; classificação das áreas de riscos erosivos existentes e identificação e feição erosiva do tipo voçoroca que ocorrem na área de estudo.

5.1. Caracterização dos aspectos físicos naturais

A caracterização dos aspectos físicos que remete ao recorte espacial consiste em identificação da formação geológica (litologia e estrutura), geomorfológica (morfometria do relevo), climática (classificação climática), vegetal (tipologia da vegetação), solos (morfologia e classes de solos), em seguida também foram identificados os aspectos sociais (ocupação da área, tipo de ocupação, dados socioeconômicos e contexto histórico da bacia).

Para a realização dessa etapa foram coletados dados junto a CPRM, SEMMAS-Manaus, IBGE e ANA referente às características naturais citadas anteriormente. Além disso, foi realizada uma análise morfométrica da bacia hidrográfica. A área da bacia foi identificada de acordo com a delimitação das bacias hidrográficas de Manaus realizadas por Vieira (2008).

O procedimento para a análise morfométrica da bacia consistiu na identificação de parâmetros geométricos, de relevo e de drenagem da bacia hidrográfica utilizando o modelo descrito segundo (TONELLO et al.,2006).

5.1.1. Parâmetros Geométricos da bacia

Esses parâmetros incluem as medidas iniciais referentes a análise de bacias hidrográficas que são: Área de drenagem (A), Perímetro (P), Comprimento de Eixo (Ce), Coeficiente de Compacidade (Kc), Fator Forma (Ff) e Índice de Circularidade (Ic) (quadro 01).

Quadro 01: Parâmetros Geométricos.

	Características físicas	Unidades
Parâmetros Geométricos	Área de drenagem (A)	Km ²
	Perímetro (P)	Km
	Comprimento de Eixo (Ce)	Km
	Coeficiente de Compacidade (Kc)	Adimensional
	Fator Forma (Ff)	Adimensional
	Índice de Circularidade (Ic)	Adimensional

Organizado por: Roberto Epifânio Lessa (2018).

A identificação da área de drenagem (A) representada em km² e Perímetro (P) referente a toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial e o perímetro referido para essa área representada em Km. Os parâmetros serão obtidos através do uso de ferramentas de cálculo de área e perímetro, contidas no *software* ArcGis 10.1.

Comprimento do eixo: que corresponde ao comprimento horizontal e vertical da bacia que foi dependente da orientação da bacia. Para a obtenção deste parâmetro será usada a ferramenta *measure*, do *software* ArcGis 10.1.

Coeficiente de compacidade (K_c): foi obtido pela analogia entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo cuja área seja igual à área de drenagem desta bacia.

Para obtenção de K_c foi utilizada a fórmula desenvolvida por Villela e Mattos (1975):

$$K_c = P / \sqrt{A}$$

Onde:

K_c é o coeficiente de compacidade;

P é o perímetro (Km);

A é a área de drenagem (Km²).

Fator forma (F_f): foi representada através da relação entre a área e o comprimento axial da bacia. Será utilizada a seguinte equação elaborada por Christofolletti (1980):

$$F_f = A / L^2.$$

Onde:

F_f é o fator de forma;

A é a área de drenagem (Km²);

L é o comprimento do rio principal (Km).

O parâmetro referente ao Índice de circularidade (I_c): foi obtido pela relação da área total da bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da bacia. Para determinar o I_c será utilizada a seguinte equação desenvolvida por Christofolletti (1980):

$$I_c = A / P^2$$

Onde:

I_c é o índice de circularidade;

A é a área de drenagem (Km²);

P é o perímetro.

5.1.2. Parâmetros de Relevo

Segundo Mosca (2015) as características de relevo de uma bacia hidrográfica têm um papel essencial no controle dos fatores hidrológicos, dentro desse sistema, pois a rapidez do escoamento superficial, e logo seu tempo de concentração, podem ser determinados pela declividade do terreno. Assim, mostrando a importância da determinação das características do relevo de uma bacia hidrográfica dentro de estudos ambientais.

Ao longo da pesquisa foram identificados os seguintes parâmetros de relevo referente a análise morfométrica da BHM: Altitude Máxima, Altitude Média, Altitude Mínima, Declividade Máxima, Declividade Média, Declividade Mínima, Amplitude Altimétrica (Hm), Relação de Relevo (Rr), Índice de Sinuosidade (Is) Índice de Rugosidade (Ir) Textura Topográfica (Tt) e Fator Topográfico (Ft) conforme o (quadro 02).

Quadro 02: Parâmetro de Relevo.

	Característica Física	Unidade
Parâmetro de Relevo	Altitude Máxima	Metros
	Altitude Média	Metros
	Altitude Mínima	Metros
	Declividade Máxima	%
	Declividade Média	%
	Declividade Mínima	%
	Amplitude Altimétrica (Hm)	Metros
	Relação de Relevo (Rr)	m/Km
	Índice de Sinuosidade (Is)	Adimensional
	Índice de Rugosidade (Ir)	Adimensional
	Textura Topográfica (Tt)	Adimensional
	Fator Topográfico (Ft)	Adimensional

Org.: por Roberto Epifânio Lessa (2018).

A etapa inicial para análise de parâmetros do relevo dentro da área da bacia hidrográfica foi iniciada com a identificação das Altitudes Máxima, Altitudes

Média e Altitudes Mínima: Parâmetros que serão determinados através software ArcGis 10.1, pelo módulo 3D Analyst Tools.

As Declividades Máximas, Declividades Médias e Declividades Mínimas: foram obtidas através software ArcGis 10.1 após a modelagem das classes de declividade utilizando como parâmetro a metodologia proposta pela EMBRAPA (1999) que consiste na classificação em Plano; suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado de acordo com as cotas de declividade média.

Para identificar a Amplitude Altimétrica (H_m) foi utilizado a seguinte equação proposta por Schumm (1956) e Christofolletti (1980):

$$H_m = H_{max} - H_{min}$$

Onde:

H_m é Amplitude Altimétrica;

H_{max} é Altitude Máxima;

H_{min} é Altitude Mínima.

Para determinar a Relação de Relevô (R_r): foi utilizada a seguinte equação desenvolvida por Schumm (1956):

$$R_r = H_m / L$$

Onde:

R_r é a relação de relevô;

H_m é a amplitude altimétrica;

L comprimento do eixo da bacia.

O Índice de Sinuosidade (I_s): foi determinado através da equação desenvolvida por Christofolletti (1980):

$$I_s = L_t / L$$

Onde:

I_s : é o índice de sinuosidade;

L_t : é o comprimento do rio principal;

L é o comprimento do eixo da bacia.

O Índice de Rugosidade (I_r): foi utilizado para análise dimensional da topografia da bacia, onde será convencionado as informações pertinentes à amplitude topográfica e à densidade de drenagem, será usada a seguinte forma proposta por Christofolletti (1980):

$$I_r = H \times Dd$$

Onde:

I_r : é o índice de rugosidade;

H : é a amplitude Altimétrica;

Dd : é a densidade de drenagem.

Textura Topográfica (T_t): que serviu para definir o grau de entalhamento e dissecação do relevo, onde será possível identificar o espaçamento que existe entre canais de drenagens usando a seguinte equação proposta por Christofolletti (1980):

$$T_t = P/Dd$$

Onde:

T_t : é a Textura topográfica;

Dd : Densidade de drenagem.

P : Perímetro em (Km)

Fator Topográfico (F_t): Relaciona os dados morfométricos das bacias hidrográficas, através de parâmetros hipsométricos e hidrológicos, para avaliar a capacidade de escoamento superficial de uma bacia (TEIXEIRA; CRUZ, 2005). É a relação do índice de circularidade com a densidade hidrográfica e a gradiente do relevo expresso pela razão de relevo que foi definido de acordo com a seguinte equação conforme Christofolletti (1980):

$$F_t = Dh \times Ic \times Rr$$

Onde:

F_t é o fator topográfico;

Dh é a densidade hidrográfica;
Ic é o índice de circularidade e
Rr é a razão de relevo.

5.1.3. Parâmetros da Rede de Drenagem

Para análise dos parâmetros de rede de drenagem foram identificadas suas características e relacionadas com as principais medidas da rede hidrográfica bacia, que possibilitou a identificação de: Comprimento do Rio Principal (L), Comprimento Total da Drenagem (Lt), Densidade de Drenagem (Dd), Densidade Hidrográfica (Dh) Densidade de Confluência (Dc), Relação de Bifircação (Rb), Coeficiente de Torrencialidade (Ct) e Ordem da Bacia conforme o quadro 03.

Quadro 03: Parâmetro de Rede de Drenagem.

	Caraterísticas Físicas	Unidades
Parâmetro de Rede de Drenagem	Comprimento do Rio Principal (L)	Km/m
	Comprimento Total da Drenagem (Lt)	Km
	Densidade de Drenagem (Dd)	Km/Km ²
	Densidade Hidrográfica (Dh)	Curso/Km ²
	Densidade de Confluência (Dc)	Adimensional
	Relação de Bifircação (Rb)	Adimensional
	Coeficiente de Torrencialidade (Ct)	Adimensional
	Ordem da Bacia	Adimensional

Org. por: Roberto Epifânio Lessa (2018).

A primeira etapa para analisar os parâmetros de rede de drenagem ocorreu na identificação do comprimento do rio principal (L): É a distância da foz

até a nascente mais distante da mesma. Para a obtenção do comprimento do canal principal da bacia foi utilizada a ferramenta *calculate Length* do software ArcGis 10.1.

Para identificar o comprimento total da rede de Drenagem (Lt): foi representada a soma de toda a rede de drenagem presente na composição da bacia. Assim será obtido o comprimento de todos os canais da bacia utilizando a ferramenta *calculate Length*, do software ArcGis 10.1 para realizar essa etapa.

Para a obtenção da densidade de drenagem (Dd) foram relacionados o comprimento total dos canais de escoamento e a área da bacia hidrográfica. A densidade da drenagem determinada através da equação proposta por Horton (1945):

$$Dd = L/A$$

Onde:

Dd: é a densidade da drenagem;

L: é o comprimento de todos os canais;

A: é a área da bacia.

Para a identificação da Densidade hidrográfica (Dh) foi realizada a analogia entre o número de rios e a área da bacia hidrográfica. Que segundo Christofletti (1980), a densidade hidrográfica é de fundamental importância para o entendimento do comportamento hidrográfico de uma área, assim como, a capacidade de gerar novos cursos d'água. A Dh será obtida pela fórmula:

$$Dh = N/A$$

Onde:

Dh: é a densidade hidrográfica;

N: é número total de canais;

A: é a área da bacia.

Densidade de Confluência (Dc): Representa de uma forma mais simples a densidade da drenagem de uma bacia, obtida pela divisão número de

bifurcações da rede de drenagem pela área da bacia segundo CHRISTOFOLETTI (1980), é dada pela expressão:

$$Dc = Nc/A$$

Onde:

Dc: é a densidade de confluência;

A: é a área da bacia em km²;

Nc: é o número de confluências da rede de drenagem.

Relação de Bifurcação (*Rb*): indica o grau de dissecação da bacia hidrográfica, quanto maior for o valor do índice de bifurcação maior será o grau de dissecação, valores geralmente abaixo de 2 indica relevo colinoso, segundo descrição de Castro e Carvalho (2009). O parâmetro (*Rb*) obtido pela fórmula:

$$Rb = Nw/Nw+1$$

Onde:

Rb: é a relação de bifurcação;

Nw: é o número de seguimentos de determinada ordem e

Nw+1: é o número de segmentos da ordem imediatamente superior.

Coefficiente de torrencialidade (*Ct*): Possibilita quantificação da tendência de uma bacia hidrográfica em relação a possibilidade de ocorrência de inundação ao longo de seu perímetro. Esse parâmetro será identificado através da expressão:

$$Ct = Dh \times Dd$$

Onde:

Ct: é o coeficiente de torrencialidade;

Dh: é a Densidade hidrográfica;

Dd: é a Densidade drenagem.

O ordenamento de canais da Bacia foi estabelecido a partir da identificação da hierarquia fluvial visando à classificação de dos cursos d'água da área de estudo. De um modo geral, a ordem dos cursos d'água será determinada através do programa ArcGis, módulo *Hidrology*, o qual segue os critérios introduzidos por (STRAHLER, 1952).

A partir da análise desses dados, foi possível a realização da elaboração de mapas que indiquem áreas com maiores instabilidades que apresentem alguma forma de riscos erosivos do terreno para a população local.

5.2. Descrição das alterações no meio físico da bacia

Nessa etapa, foi realizado um monitoramento das transformações causadas pela ação antrópica na bacia, levando em consideração o processo de urbanização que intensifica as mudanças nas características do terreno da área.

Para realização desta parte da pesquisa, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento com o intuito de observar as transformações espaciais no sítio urbano da bacia, descrevendo os cenários do tempo passado por meio de uma análise temporal de imagens de satélites a partir dos anos de 2001 -Landsat 5 data dia 14 de março de 2001; 2006 - Landsat 7 data dia 11 de junho de 2006; 2016 dia 13 de outubro de 2016 e 2018 dia 28 de fevereiro de 2018- Sentinel. Os dados foram obtidos com o auxílio do programa Google Earth Pro, visto que a bacia não possui uma escala adequada para ser trabalhada em outras plataformas, sendo alterada a escala temporal a acordo com a disponibilidade das imagens contidas no programa.

Foi verificado a expansão da malha urbana e perda da cobertura vegetal ao longo dos anos. Busca-se aqui uma maior compreensão sobre as principais formas de transformações ocorridas na área de pesquisa na escala temporal, possibilitando a geração de mapas de classificação do uso e ocupação da terra, com a identificação de áreas de vegetação, áreas urbanizadas, áreas de solo exposto e áreas de lamina d'água, sendo importante para verificação das áreas alteradas devido ao processo de ocupação da bacia hidrográfica.

5.3. Classificação das áreas de riscos erosivos na bacia

Para a realização e avaliação de áreas de riscos à erosão na bacia hidrográfica Mauazinho, foi utilizado Geoprocessamento e média ponderada proposta por Xavier (2001) que facilitou o trabalho no cruzamento de variáveis através de peso atribuído para cada aspecto e suas classes. A média ponderada

é o resultado final adquirido depois da atribuição de pesos para os aspectos avaliados e notas para os atributos desses aspectos (XAVIER e SILVA,2001).

A média é diferente da média ponderada, pois a primeira apenas realiza a somatória de todos os fatores, enquanto a segunda, dentro do geoprocessamento, é adquirida por uma avaliação dos pesos atribuídos para os aspectos de informações, e as notas são dadas para cada uma das classes de dados. O entendimento da Média Ponderada fica mais claro a partir da seguinte equação:

$$MP_n = \frac{\sum_{k=1}^n P_k N_k}{\sum_{k=1}^n P_k}$$

Onde:

MP_n é a média ponderada dos n aspectos

\sum : Somatório de P_k e N_k com k variando de 1 a n

P_k é o peso atribuído ao k-ésimo aspecto

N_k é a nota atribuída às classes dos aspectos

n é o número de aspectos avaliados

A avaliação ambiental com o uso da média ponderada permitiu que todos os aspectos identificados na área de pesquisa, sejam considerados e comparados para realizar prospecções e prognósticos, assim possibilitou a definição das áreas de riscos à erosão. A equação foi usada em ambiente virtual dentro do Arc Map 10.1 que comporta usar a ferramenta *calculate raster*, capaz de realizar cálculos automáticos com base na equação em dados rasterizados.

A partir da identificação de aspectos do meio físico como declividade, forma de terreno e uso e ocupação do solo (conforme o quadro 04), com o uso do método de Suporte a Decisão AHP (Analytic Hierarchy Process) foi possível determinar os pesos para os aspectos e as notas para as classes, facilitando a análise dos dados referente aos aspectos em ambiente virtual.

Cada aspecto recebeu um peso a partir das características de suas classes, e ao final foi realizado o cruzamento desses dados com os dados da área de estudo com o objetivo de gerar uma base cartográfica identificando as

áreas de riscos erosivos. Esta, por sua vez, baseada na média ponderada de cada aspecto, foi identificada as áreas de acordo com cada grau de risco de erosão do solo, variando de risco (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto).

Quadro 04: Classificação de Aspectos.

Aspecto	Peso (%)
Declividade	50
Uso e ocupação do Solo	20
Forma de Terreno	30

Org. por: Roberto Epifânio Lessa (2018).

O aspecto de declividade recebeu o maior peso (50), pois a declividade influencia nos processos de erosão do solo de forma acelerada. O aspecto de formas de terreno recebeu peso (30), um peso intermediário. O uso e ocupação do solo recebeu peso (20) por apresentar um nível intermediário abaixo das formas de terreno.

Cada aspecto citado anteriormente teve notas atribuídas para cada uma de suas classes de acordo com o quadro 05. Para o aspecto de declividade foram atribuídas as notas mais elevadas às classes que apresentarem maiores cotas, pois foi considerada que estas possuem maior suscetibilidade a risco de erosão do solo.

Para a base de dados referente ao aspecto de formas do terreno foram atribuídas notas baixas às áreas de formas planas e retilíneas, e notas mais elevadas para as áreas convergentes-convexas e divergente-convexas.

Para o aspecto de uso e ocupação do solo foram atribuídas notas altas para o solo, exposto devido à sua suscetibilidade à erosão dos solos, e notas mais baixas para floresta e lâmina d'água, pois possuem menos riscos de erosão.

Para se alcançar o objetivo estabelecido foram usados os seguintes produtos cartográficos: Mapa de declividade gerado a partir de modelo digital de elevação (MDE) baseado na classificação da EMBRAPA 1999; Mapa de formas

do terreno conforme classificação da EMBRAPA 2004; Mapa de uso e ocupação do solo.

Quadro 05: Notas de Classes.

Declividade		Formas de Terreno		Uso e ocupação do solo	
Classe	Nota	Classe	Nota	Classe	Nota
0-3%	1	Convergente-côncava	5	Lamina d'água	1
3-8%	2	Convergente-Retilínea	2	Vegetação	3
8-13%	5	Convergente-convexa	8	Área Urbana	6
13-20%	7	Planar-côncava	4	Solo Exposto	10
20-45%	8	Planar-retilínea	1		
>45%	9	Planar-convexa	7		
		Divergente-Convexa	9		
		Divergente-Retilínea	3		
		Divergente Côncava	6		

Org. por: Roberto Epifânio Lessa (2018).

Com o uso das médias ponderadas, ao final dessa etapa da pesquisa será possível, fazer uma classificação das áreas de riscos dentro da bacia hidrografia, assim, será feita uma categorização dos graus de riscos variando de risco muito baixo (notas de 0-2), baixo (notas 2-4), médio (notas 4-6), alto (notas 6-8) e muito alto (notas 8-10), com base nas notas finais será elaborado um mapa de área de riscos erosivos para a bacia hidrográfica Mauzinho.

5.4. Caracterização de voçorocas existentes na área de estudo

Nesta etapa da pesquisa foi realizado o mapeamento e caracterização da voçoroca que ocorre dentro da área de estudo, sendo georreferenciada com o uso de um GPS (Garmin) dentro do SIG ArcGis 10.5.3, identificando sua localização, durante os trabalhos de campo com as observações as peculiaridades da voçoroca como presença de vegetação proximidade de moradias estrutura urbana, acumulo de lixo no interior, danos nas estruturas de casas causada pela a presença da voçoroca.

Ao final dessa etapa foi possível identificar as características e ocorrência de voçorocas dentro da área de pesquisa, possibilitando o entendimento da evolução das mesmas ao longo dos anos, através disso será possível propor medidas paliativas para a realização de obras de contenção dos processos que desencadeiam a evolução de voçorocas na área de estudo, ajudando no gerenciamento das áreas de riscos erosivos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. Caracterização física da área de estudo

Para o entendimento das dinâmicas antropogeomorfológicas na BHM, foi realizado um mapeamento das condições naturais dos componentes que constituem as formas de relevo da área, que possibilitou a identificação das cotas de declividade, formas de terreno, hipsometria, orientações das vertentes, classificação da geomorfologia da bacia e perfil do relevo.

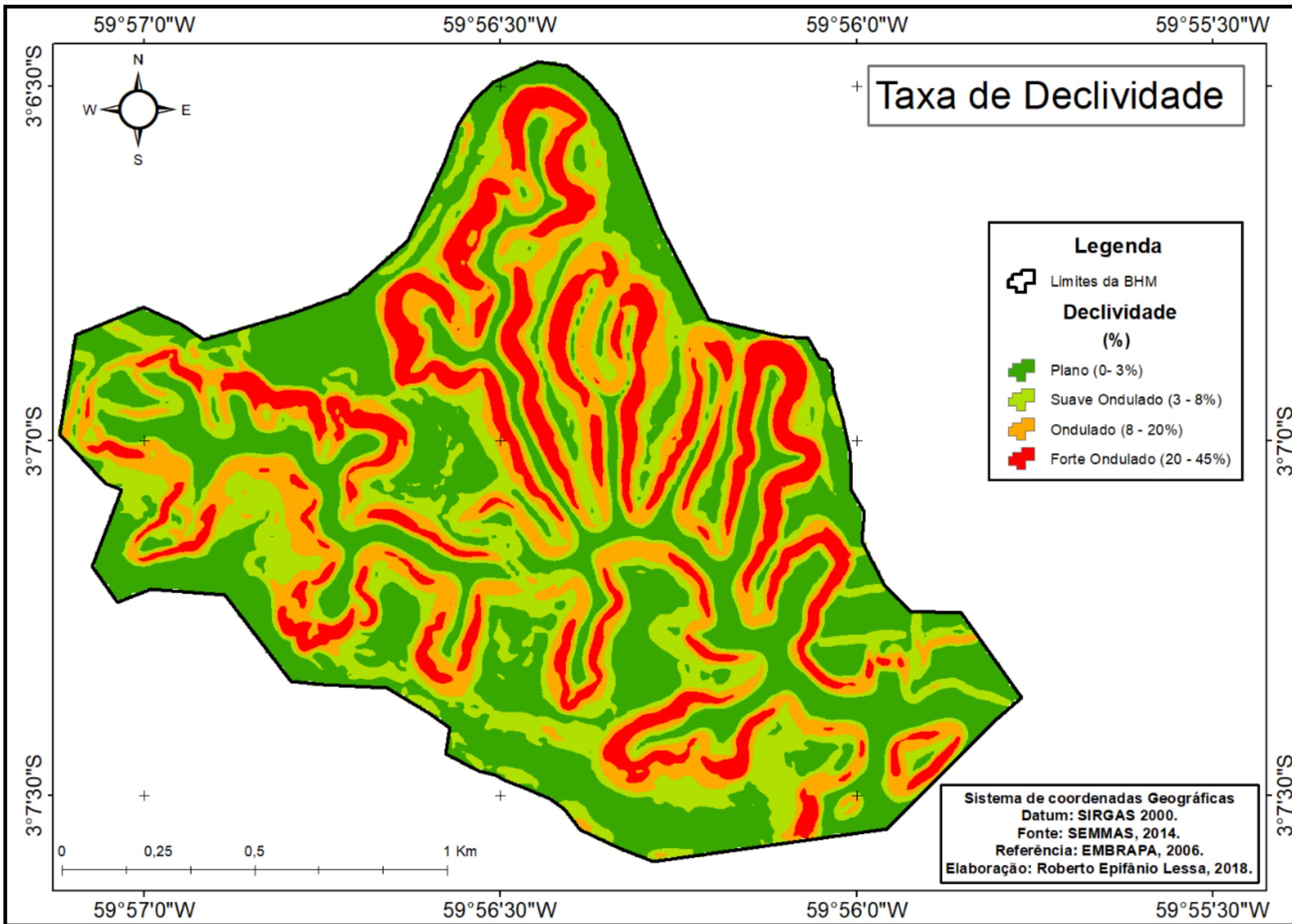
Essas características foram de fundamental importância para o entendimento dos processos da dinâmica atual do relevo na área da BHM, cujo processo de ocupação encontra-se em estágio de consolidação, ou seja, praticamente toda a bacia já foi ocupada.

Em relação a declividade do relevo a BHM apresenta 4 classes de acordo com a proposta metodológica da EMBRAPA (1999). Os valores apresentam cotas de declividade que variaram de 0 a 45 % (quadro 06). Assim, as classes de relevo que predominam na área na bacia são do tipo Plano com uma área estimada em (39,5%) 1.075Km², Suave Ondulado com (24,3%) 0,660Km², ondulado (20,7%) 0,563Km² e forte ondulado com (15,5%) 0,417Km² da área total da bacia.

Quadro 06: Classificação de declividade.

Declividade	Forma de Relevo	Porcentagem (%)	Área total (km)
0 - 3%	Plano	39,5	1.075
3 – 8%	Suave ondulado	24,3	0,660
8 – 20%	Ondulado	20,7	0,563
20- 45%	Forte ondulado	15,5	0,417
TOTAL		100	2.721

Fonte: EMBRAPA,1999. Org. Roberto Epifânio Lessa, 2018.



O mapa 06 apresenta a distribuição das classes de relevo na área da bacia. É possível destacar a alta representatividade das maiores cotas (0 a 8%) as quais apresentam declividades em torno de 0 a 8% (plano e suave ondulado). Nota-se que as maiores declividades estão próximas às cabeceiras de drenagem de pequenos tributários do canal principal, nos canais de 1ª ordem. Essas áreas denotam uma fragilidade natural do relevo a qualquer tipo de intervenção e, portanto, são as que apresentam maior potencial de riscos a deslizamentos e ao desenvolvimento de processos erosivos na bacia.

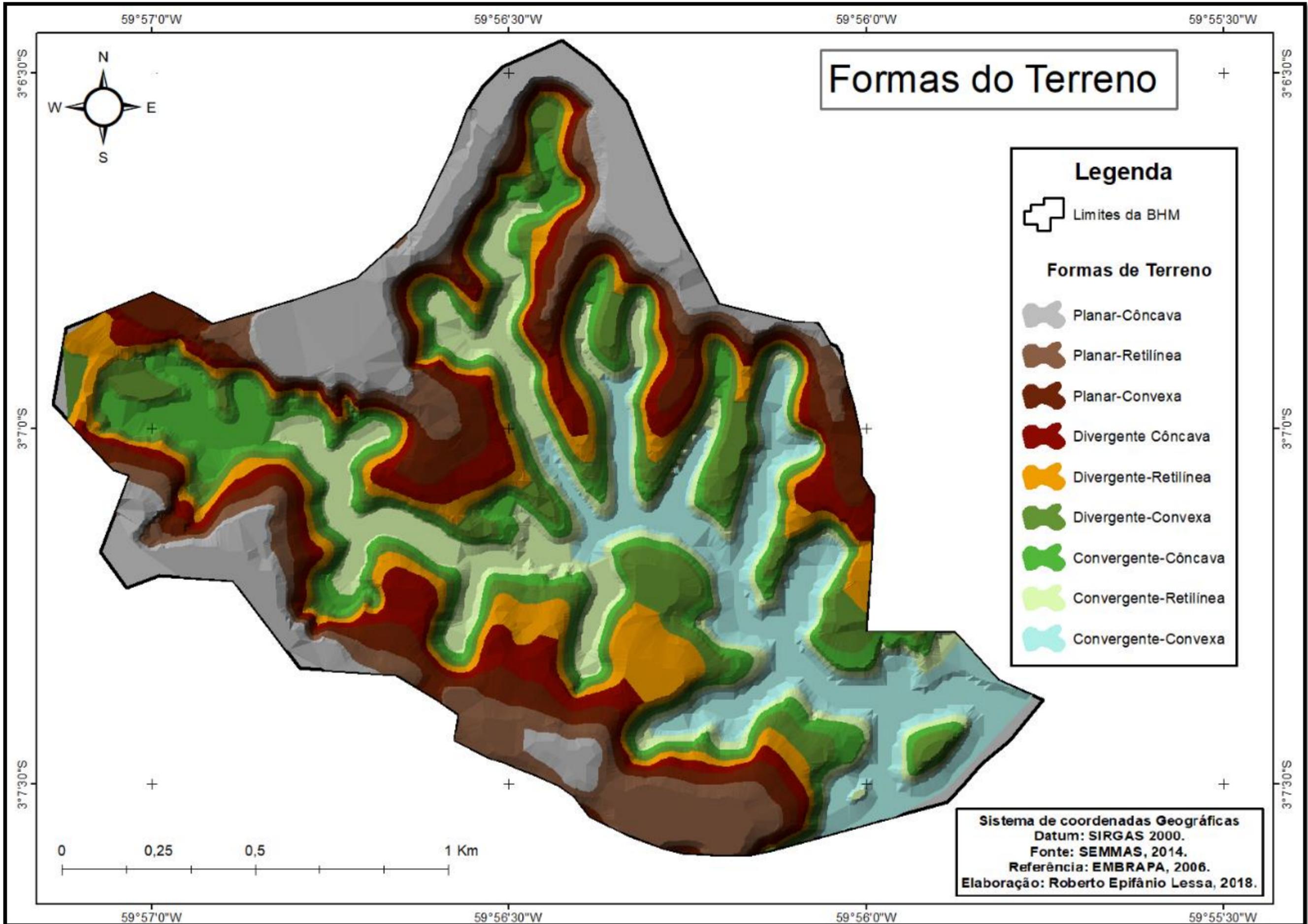
Os dados relativos as formas de terreno apresentam uma combinação da curvatura vertical e horizontal do relevo. Na bacia os dados mostram maiores valores para a curvatura horizontal nas combinações convergente e divergente conforme o quadro 07.

Quadro 07: Detalhamento dos dados de Formas do Relevo.

Formas de Terreno	Área (Km)	Porcentagem (%)
Divergente côncava	0,373	13,72
Divergente retilínea	0,335	12,32
Divergente convexa	0,383	14,09
Plana côncava	0,346	12,73
Plana retilínea	0,283	10,41
Plana convexa	0,281	10,34
Convergente convexa	0,240	8,83
Convergente retilínea	0,256	9,65
Convergente côncava	0,215	7,91
Total	2.721	100

Fonte: EMBRAPA,1999. Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

Das formas de terreno mapeadas na bacia a mais representativa foi a combinação divergente-convexa com 14,09%, divergente-côncavo com 13,72%, e a forma divergente-retilínea com 12,32%. A forma das vertentes tem importância devido a influência que exerce sobre o escoamento superficial da água, pois dependendo da curvatura pode exercer maior ou menor potencial a formação de incisões erosivas e/ou a deflagração de movimentos de massa.



Assim, na bacia predominam as formas associadas tanto para processos erosivos (convexo) como para a ocorrência de deslizamentos (côncavo). No mapa 07, está a distribuição das formas de vertente na bacia do Mauzinho classificadas de acordo com os critérios da EMBRAPA (1999).

Outra constatação é que a BHM apresenta alta vulnerabilidade a deslizamentos de terra, fato observado pela forma divergente convexa predominante na bacia, que aumenta o risco de deslizamentos. Conforme destaca Fernandes e Amaral (1996, p.158): “as condições de divergência convexa na concentração dos fluxos de água e sedimentos tornam as porções côncavas do relevo segmentos preferências da paisagem para a ocorrência de deslizamentos”.

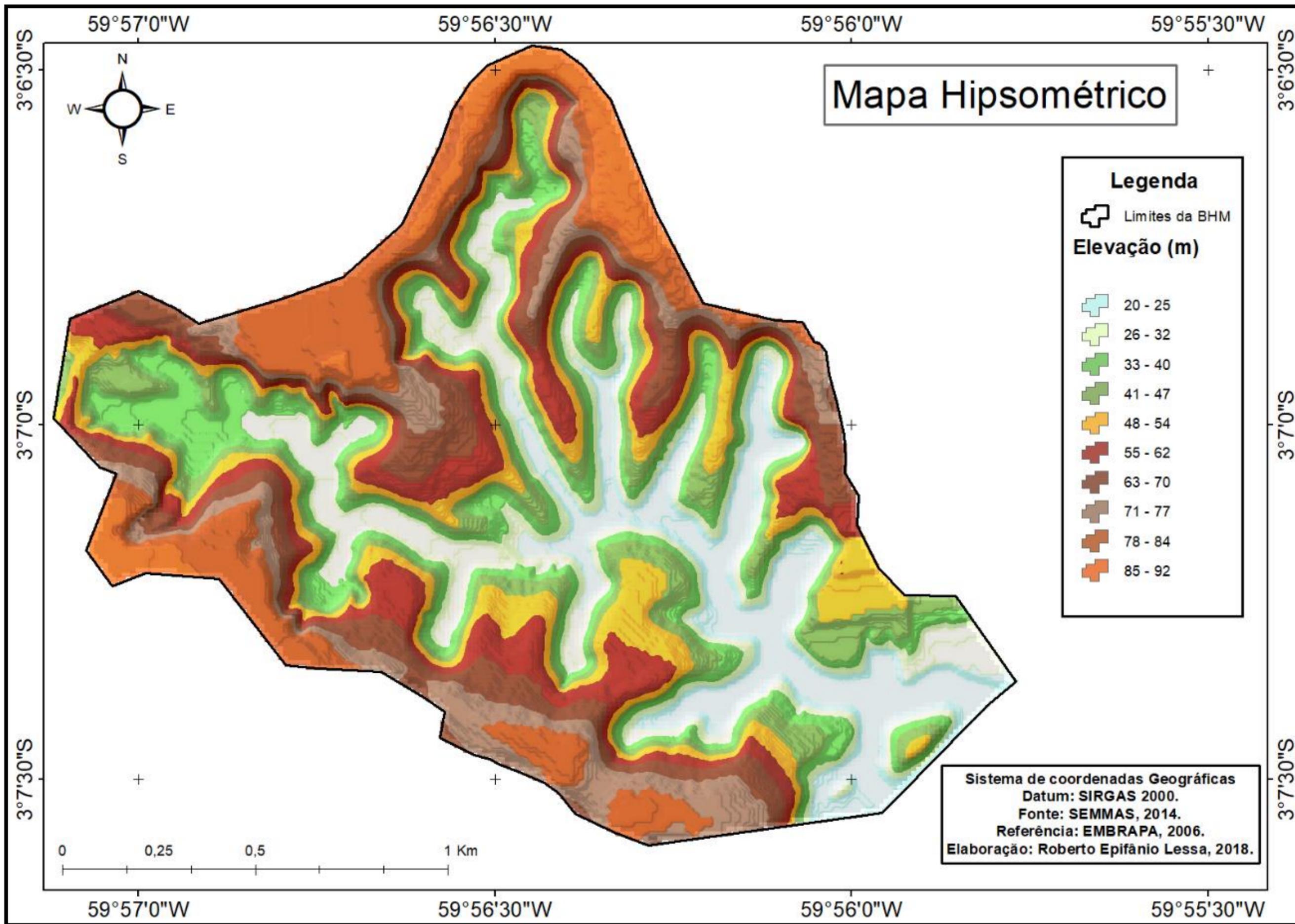
Coelho Neto e Avelar (2007) também afirmam que a porção côncava do relevo principalmente nas cabeceiras de drenagem favorece a convergência de fluxos d'água subsuperficiais em direção ao seu eixo central fazendo com que os solos se tornem instáveis e suscetíveis à ocorrência de deslizamentos.

A baixa quantidade de áreas planas na bacia acabou direcionando as ocupações humanas para as áreas inundáveis dos leitos dos igarapés e para as encostas íngremes do relevo, ou seja, sobre as áreas naturalmente mais frágeis da bacia. Isto explica em parte o elevado número de registros de ocorrências anuais tanto para deslizamentos quanto para inundação.

A bacia apresenta fragilidade para a ocorrência de processos erosivos e para deslizamentos. Este fato corresponde à identificação de feições erosivas em desenvolvimento na bacia.

O nível bastante elevado de alteração do relevo bem como o alto número de cabeceiras de drenagem também responde pelo aparecimento de processos erosivos.

Oliveira (1999) afirma que a delimitação de bacias menores possibilita a identificação de áreas de risco de erosão por voçorocas, uma vez que estes locais podem constituir cabeceiras de drenagem e fontes de alimentação de processos erosivos originados sobre vertentes.



Com relação aos dados relacionados com as cotas de altitude do terreno, a BHM apresenta cotas de altitudes que variam de 92 a 20 metros, resultando em uma amplitude altimétrica de 56 metros conforme os dados mostrados no mapa de hipsometria (mapa 08).

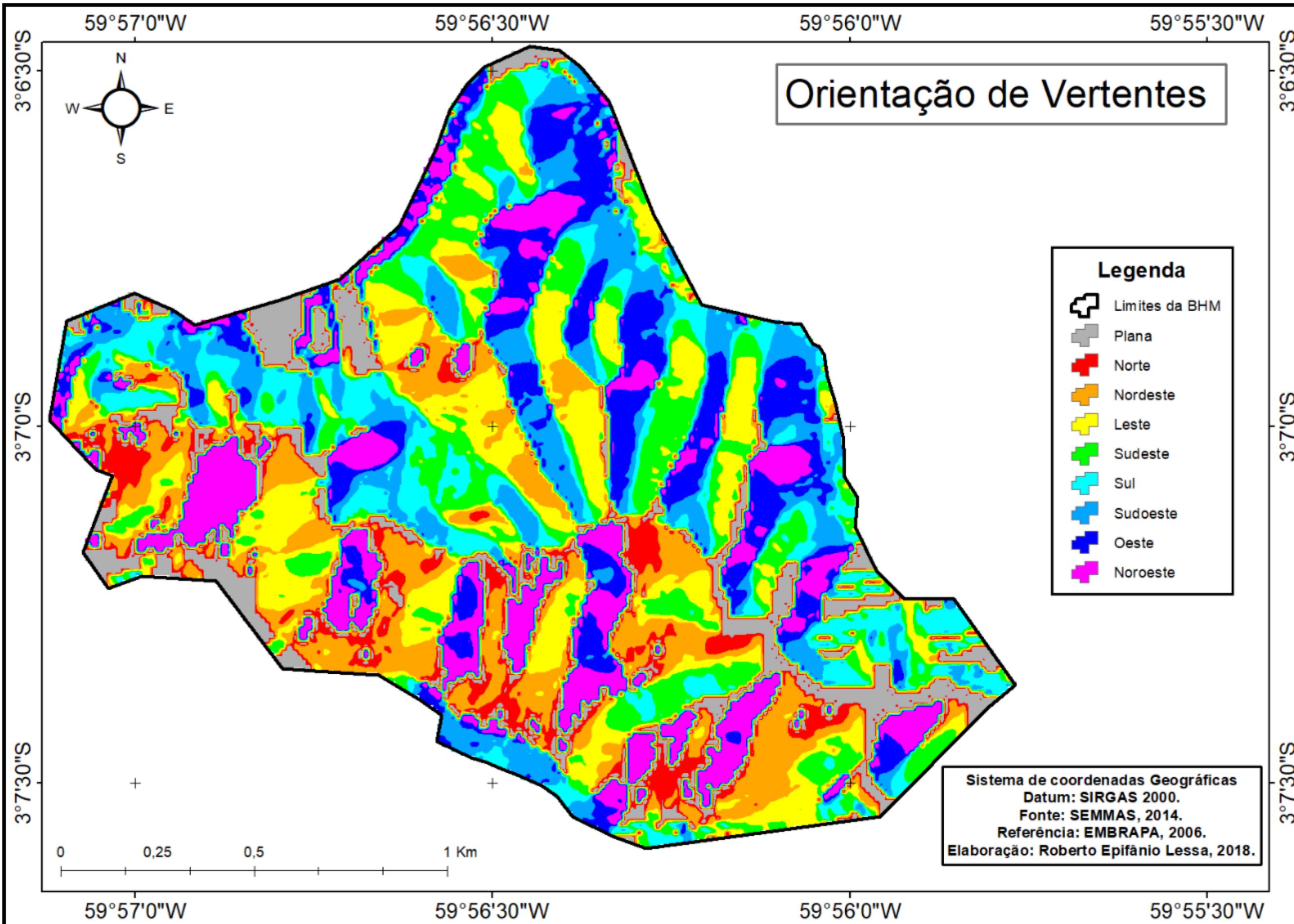
A distribuição das cotas mais altas na bacia encontra-se na porção NW, onde estão áreas densamente ocupadas, apresentando os platôs bem definidos. As cotas mais baixas de até 20m localizam-se no centro da bacia, e apresentam uma suscetibilidade maior à ocorrência de inundações e enchente.

A partir da classificação das orientações das vertentes na BHM, foi possível identificar o direcionamento do fluxo de água dos canais, contribuindo para o entendimento da ocorrência de processos erosivos na área. As vertentes direcionadas para o noroeste correspondem a 18,90% das vertentes da bacia, seguida da direção sudoeste com 13,34% (quadro 08) e mapa 09.

Quadro 08: Detalhamento de dados de Orientação de Vertentes

Orientação de Vertentes	Área (Km)	Porcentagem (%)
Noroeste	0,513	18,90
Oeste	0,317	11,65
Sudoeste	0,363	13,34
Sul	0,295	10,84
Sudeste	0,258	9,48
Leste	0,281	10,32
Nordeste	0,258	9,52
Norte	0,248	9,41
Plana	0,177	6,50
Total	2.721	100

Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018.



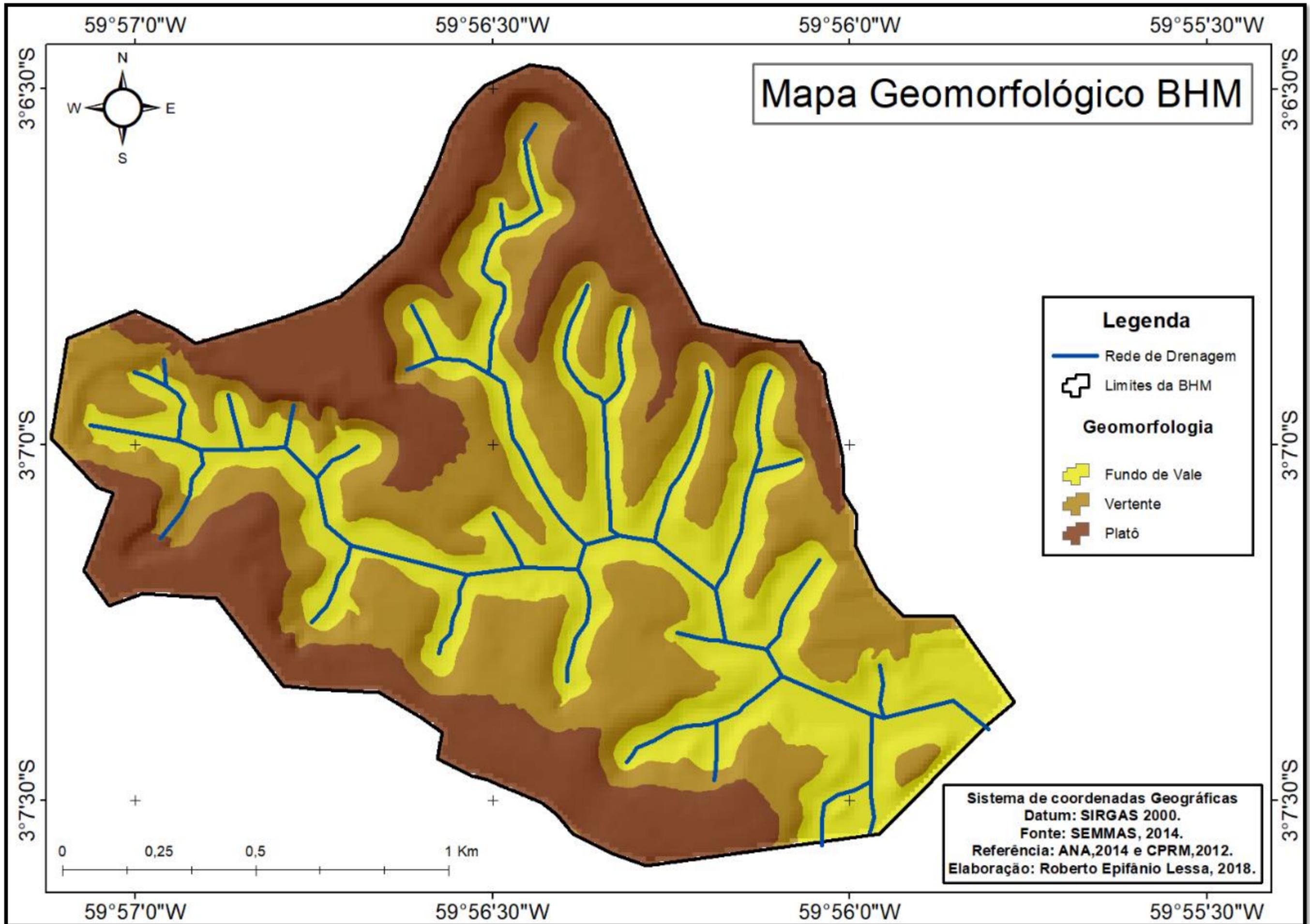
Quanto à representação da orientação de vertentes voltadas para o noroeste, oeste, sudoeste e sul, foi observada uma maior ocorrência correspondente a 43,89% da área total da BHM, direcionamentos estes que contribuem de forma mais intensa para a ocorrência de processos erosivos.

As ocorrências de orientação de vertentes na forma plana indicam um equilíbrio entre áreas mais estáveis, com apenas 6,50% da área total, estando às áreas de maior umidade concentradas principalmente ao longo da margem dos corpos d'água. Deve-se observar com cautela a ocorrência de áreas mais úmidas relacionadas a vertentes voltadas para sul, sudeste e sudoeste que em alguns trechos estão associadas à ocorrência de solos com maior instabilidade e suscetíveis a ocorrência de processos erosivos, constituindo áreas de maior inconstância potencial, em especial após o enchimento dos igarapés (XAVIER, 2005).

Com relação à orientação das vertentes, ao longo do dia e no decorrer do ano no hemisfério norte, as vertentes voltadas para norte, nordeste e noroeste estão expostas a uma maior incidência direta de radiação solar e, conseqüentemente, são áreas com menor umidade natural. Já as áreas orientadas para o sul, sudeste e sudoeste recebem menor incidência de radiação solar e retêm ao longo do dia e do ano uma quantidade maior de umidade no solo e nos materiais inconsolidados superficiais (XAVIER, 2005).

Estas áreas de acúmulo de umidade, quando associadas a declividades mais acentuadas, configuram pontos de instabilidade potencial da superfície por ocasião da ocorrência de eventos pluviométricos mais significativos, e podem deflagrar a instalação de processos erosivos e movimentos de massa, que eventualmente viriam a promover um aumento no assoreamento dos canais de drenagem (MANGUEIRA,2017).

Com base em dados das formas de relevo foi possível elaborar o mapa geomorfológico da área, onde foram classificadas as formas de relevo da BHM, que apresentam uma variação altimétrica de 20 a 92 metros em relação a foz e a nascente, caracterizadas em 03: Platô, Vertente e Fundos de vales (mapa 10).



As áreas de vertentes, encontram-se nas partes mais elevadas da bacia, que apresentam uma variação de altitude de 93 a 73 metros, e onde estão localizados os divisores de água da bacia. Nas proximidades da nascente, a declividade que varia de suave a moderada. A maior área da bacia é o fundo de vales, representando cerca de 35,35% da área total, seguida de 34,58% para área de vertentes e 29,87% de área de platô (Quadro 09).

Quadro 09: Classificação Geomorfológica da BHM.

Geomorfologia	Área (Km)	Porcentagem (%)
Platô	0,813	29,87
Vertente	0,941	34,58
Fundo de Vale	0,962	35,35
Total	2.721	100

Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018

Nas de predomínio de vertentes, as altitudes variam de 58 a 70 metros, apresentando um relevo classificado como ondulado a forte ondulado, como declividades que variam de 20 a 45%.

Nessas áreas, as vertentes são em geral retas e curtas e apresentam formas convexas com as maiores taxas de declividade, fato que pode favorecer a ocorrência de processos erosivos mais intensos.

O fundo de vale identificado na área da bacia apresentou uma variação altimétrica de 20 a 58 metros, não apresenta terraços de várzea, principalmente devido a ação humana que gera altas taxas de assoreamento dos leitos principais da drenagem da bacia.

Foi realizado, ao longo do trabalho a elaboração de cinco (05) perfis transversais e o perfil longitudinal do canal mais extenso do rio principal da BHM (mapa 11).

O perfil 01 localizado nas proximidades da nascente do canal principal apresenta uma extensão de 1,8 km com altitude máxima de 90 metros e uma mínima de 30 metros, ou seja, uma amplitude de 60 metros (figura 01) com um relevo declivoso ao longo do trajeto do perfil.

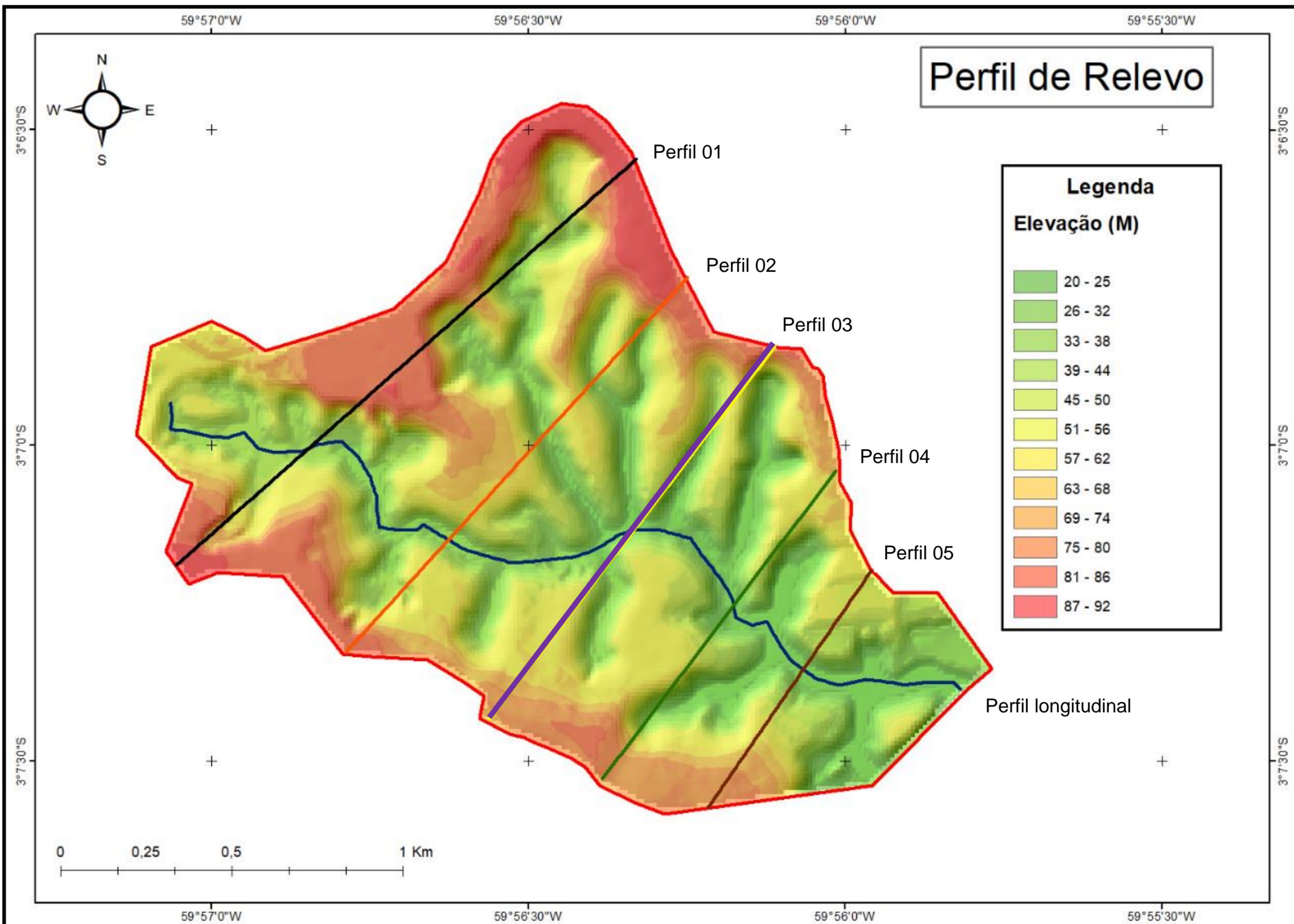
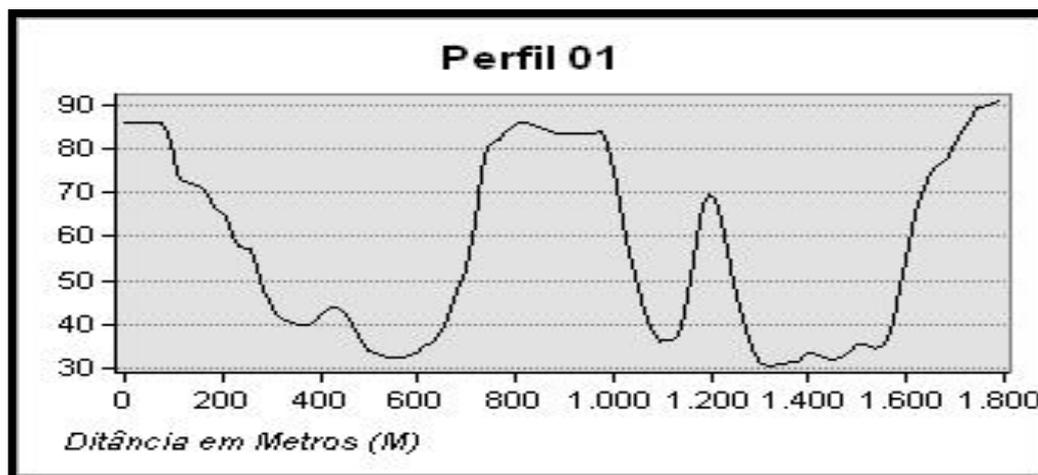


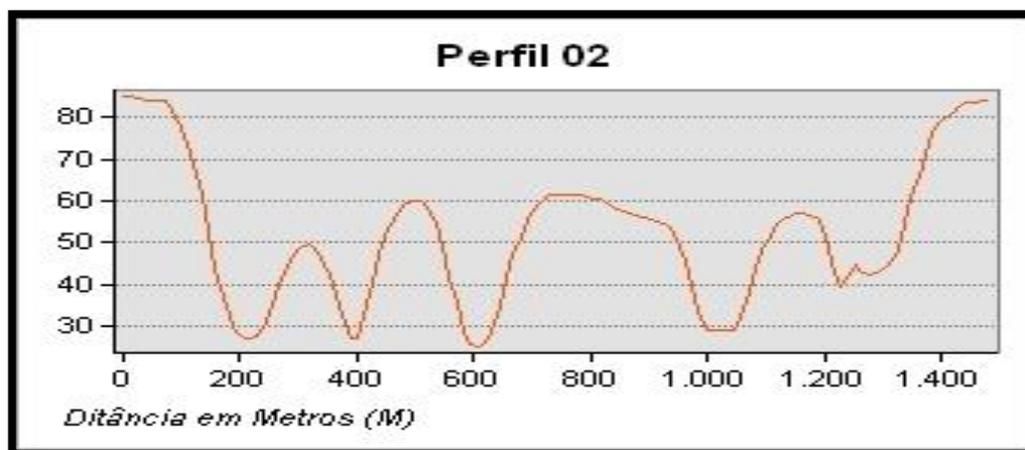
Figura 01: Perfil 01



Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018

O perfil 02, tem uma extensão de 1,4 km e apresenta maiores variações nas cotas de altitudes, com cotas mínimas de aproximadamente 25 metros e de 86 metros nas partes mais altas nas proximidades das bordas da bacia, apresentando uma amplitude altimétrica de 61 metros. Este perfil é o que apresenta mais variações nas formas de relevo, mostrando os fundos de vales bem definidos e vertentes dissecadas (figura 02).

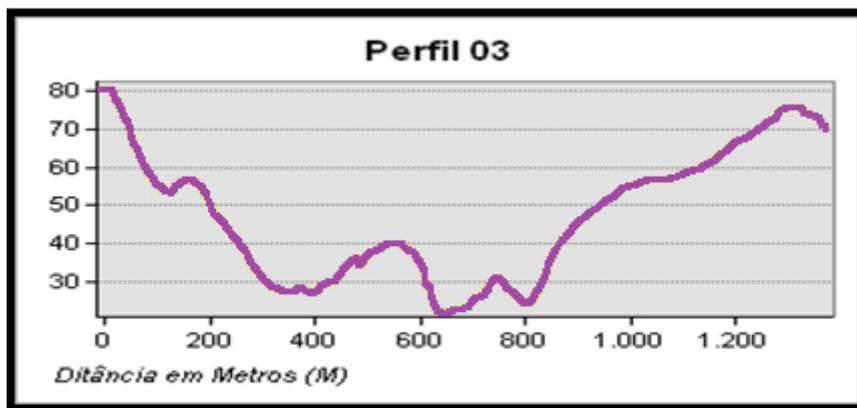
Figura 02: Perfil 02.



Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

O perfil 03, apresenta uma altitude que varia de 80 metros nas partes mais altas e nas partes mais baixas com altura de 20 metros, ou seja, com uma amplitude altimetrica de 60m. O perfil foi traçado no centro da bacia, com extensão de 1,2Km, com formato de “U”, com fundos de vales bem definidos (figura 03).

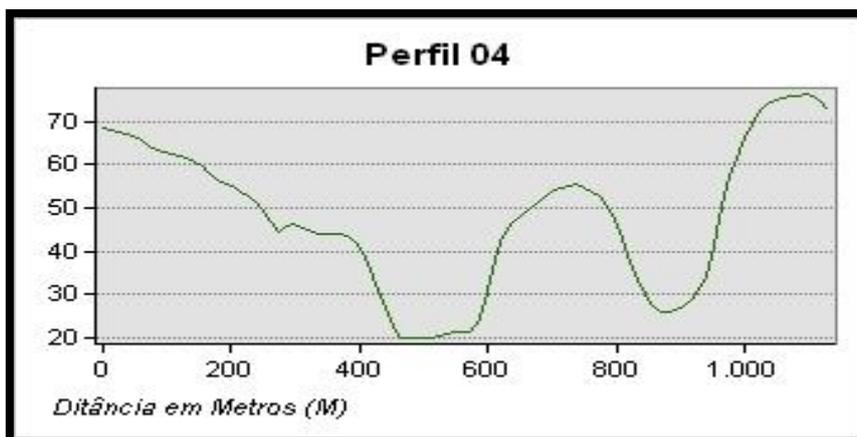
Figura 03: Perfil 03.



Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

O perfil 04, apresenta cotas máxima de 75 metros e mínimas de 20 metros, com uma extensão de aproximadamente 1km. Localiza-se nas proximidades do exutório do canal principal da bacia, com uma amplitude altimetrica de 55m de altura (figura 04).

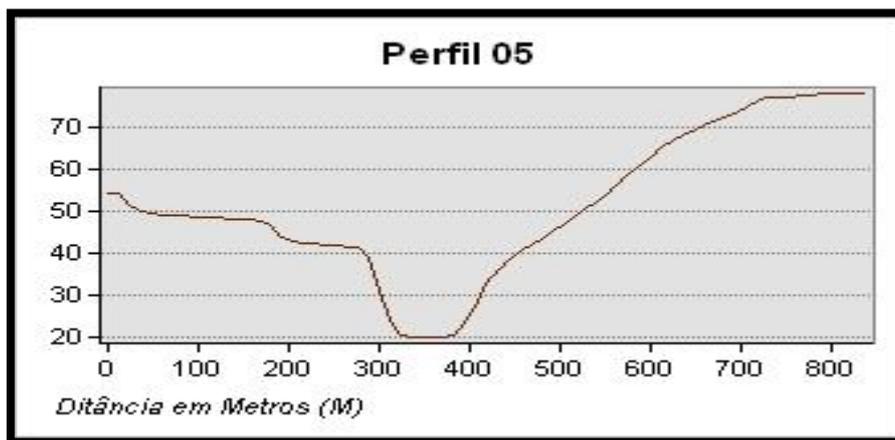
Figura 04: Perfil 04.



Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

A perfil 05 traçado na área próxima da foz do canal principal ou exutório da bacia, apresenta uma extensão de aproximadamente 800 metros, com altitude máxima de 79 metros e mínima de 20 metros, com uma amplitude altimétrica de 59 metros, apresentando um relevo cheio de vertente com altas declividades (figura 05).

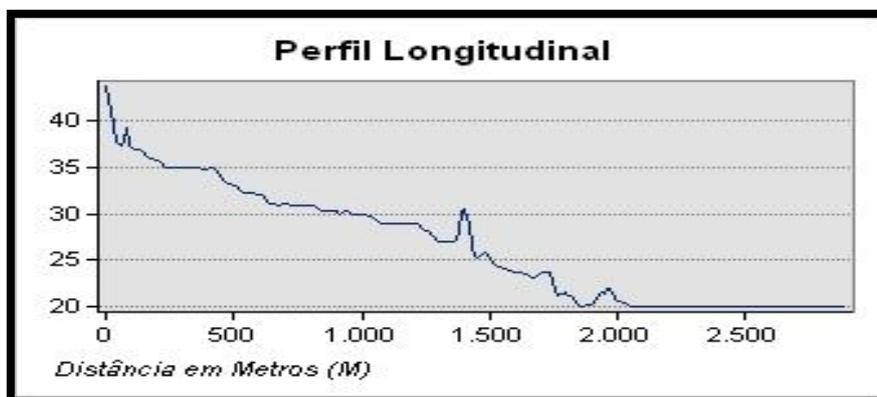
Figura 05: Perfil 05.



Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018

O perfil longitudinal da bacia, representado na cor azul, apresenta uma extensão de 2,5km, e altitude máxima de 40 metros na cabeceira e mínima de 20 metros na sua foz, com amplitude altimétrica de 20 metros, conforme os dados da figura 06 com os picos de altitudes em área de ocupações intensificadas mudando os padrões de relevo.

Figura 06: Perfil Longitudinal.



Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

6.1.1. Parâmetros morfométricos

Parâmetros Geométricos

Com relação aos dados morfométricos, a bacia BHM possui 2,72 km² de área de drenagem e perímetro de 7,72 km. O comprimento do eixo do canal principal é de aproximadamente 4,78 km. As análises das características geométricas foram realizadas a partir dos seguintes parâmetros: Coeficiente de Compacidade (Kc), Fator de Forma (Ft) e Índice de Circularidade (Ic), (quadro 10).

Quadro 10: Resultados dos parâmetros Geométricos.

Parâmetros Geométricos	Características físicas	Unidades
	Área de drenagem (A)	2,72 Km ²
	Perímetro (P)	7,72 Km
	Comprimento de Eixo (Ce)	4,78 Km
	Coeficiente de Compacidade (Kc)	4,70
	Fator Forma (Ff)	0,40
	Índice de Circularidade (Ic)	0,45

Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018

Para Cardoso et al. (2006) o coeficiente de compacidade (Kc) constitui a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de uma circunferência de um círculo de área igual à da bacia. A susceptibilidade às enchentes medida pelo coeficiente de compacidade depende da proximidade do valor obtido da unidade, isto é, quanto mais próximo de 1 e maior que 3 o risco de ocorrências de enchentes é grande (CARDOSO et al., 2006).

A BHM apresentou Kc igual 4,70. Assim, apresentando uma forte tendência a ocorrência de enchentes, pois a mesma ultrapassa o valor referência afastado de 1 e maior que 3. Neste sentido, há uma indicação de que a bacia não apresenta forma circular, possuindo, portanto, uma tendência à forma alongada.

Outro parâmetro geométrico trata-se do fator de forma (F), que para a BHM o valor obtido foi de 0,45, considerado um valor baixo, pois segundo Gandolfi (1971) bacias suscetíveis à enchente, de formas circulares, têm seus valores iguais ou acima da unidade 1.

Pode-se afirmar que BHM tem baixa suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação. A BHM apresentou I_c igual a 0,45, ou seja, excluindo-se eventos de intensidades anormais, esta bacia não possui tendências a enchentes e cheias.

Neste sentido, Barbosa (2013) afirma que bacias alongadas apresentam pequenos valores do fator de forma e são menos susceptíveis às inundações, uma vez que se torna menos provável que uma chuva intensa cubra toda a sua extensão.

Contudo, a realidade em torno da BHM é contrastante, pois, a mesma passou por um processo de ocupação que ocorreu de forma rápida e irregular, dentro do contexto histórico da ocupação da cidade de Manaus, assim a área da BHM não possui um sistema de drenagem urbana adequado, que vem contribuindo para a ocorrência de processos erosivos inundações e enchentes que são intensificados com a ação das águas pluviais e também pelo acúmulo de resíduos sólidos.

Parâmetros de Relevô

Quanto aos parâmetros de relevô na BHM, foram identificados: Amplitude Altimétrica (Hm), Declividade Média, Relação de Relevô (Rr), Índice de Sinuosidade (Is), Índice de Rugosidade (Ir), Textura Topográfica (Tt) e o Fator Topográfico (quadro 11).

A BHM possui uma amplitude altimétrica média de 56 metros, caracterizada por uma altitude mínima de 20 m e máxima de 92m, conforme o mapa de altimetria a bacia assim sua amplitude altimétrica é considerada baixa pois fica com um valor abaixo dos 99m (RODRIGUES, 2004).

Quadro 11: Resultados dos Parâmetros do Relevo.

	Característica Física	Unidade
Parâmetro de Relevo	Altitude Máxima	92 m
	Altitude Média	56 m
	Altitude Mínima	20 m
	Declividade Máxima	45%
	Declividade Média	24%
	Declividade Mínima	3%
	Amplitude Altimétrica (Hm)	72 m
	Relação de Relevo (Rr)	27,90m /Km
	Índice de Sinuosidade (Is)	0,54
	Índice de Rugosidade (Ir)	273,06
	Textura Topográfica (Tt)	2,03
	Fator Topográfico (Ft)	3,51

Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

Em relação às características de relevo de acordo com Villela e Mattos (1975), o conhecimento das informações sobre altitude é importante devido a influência que exercem sobre a precipitação, sobre as perdas de água por evaporação e transpiração e, conseqüentemente, sobre o escoamento superficial da água, comprovado no gráfico de declividade, que mostra que a bacia possui relevo pouco declivoso.

As inclinações de relevo de uma bacia podem influenciar na velocidade de escoamento e no acúmulo de água. Sala e Gasparetto (2010) enfatizam a importância de considerar a declividade como controladora de boa parte da velocidade do escoamento, interferindo no tempo que a água da chuva leva para chegar até os leitos das drenagens.

A BHM possui escoamento rápido ao apresentar relação de relevo igual a 27,90 m/km, considerado alto se comparado com outras bacias urbanas de Manaus (VIEIRA, 2008).

Segundo Carvalho e Neto (2012), a amplitude altimétrica e a relação de relevo definem, em parte, a velocidade de escoamento. Quanto menores forem os valores, mais lento é o escoamento, aumentando o acúmulo de água no interior da bacia. No entanto, ao mesmo tempo em que baixos declives permitem uma permanência maior das águas, também favorece, conseqüentemente, a infiltração e evaporação.

Assim sendo, a BHM pode ser considerada como de escoamento rápido visto que a bacia apresenta altas variações do relevo com ocorrência de vertentes e vales bem definidos favorecendo a ocorrência de processos erosivos e movimentos de massa.

O canal principal da BHM o igarapé do mauazinho, apresenta índice de sinuosidade de 0,54 ou seja, o canal apresenta índice $< 1,01,0$ indicado que o canal tende a ser retilíneo. A sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais.

Com relação a rugosidade do terreno do terreno na BHM, a mesma apresentou um valor de 273,06, quando maior o valor, maior será a rugosidade do terreno caracterizado por menores comprimentos de rampas e maiores taxas de declividade nas vertentes. Conforme o quadro 12, a BHM é considerada uma bacia com índice de rugosidade mediano, apresentando formas suave ondulado, que podem contribuir para uma taxa de infiltração acelerada.

Quadro 12: Classificação da rugosidade da BHM.

Classe	Valor
Franca	0 – 150
Média	151 – 550
Forte	551 – 950
Muito forte	>950

Fonte: Rodrigues, 2004. **Org.:** Roberto Epifânio Lessa, 2018.

A BHM possui textura topográfica classificada como grosseira pois apresenta Tt igual a 2,03 menor que 4,00 apresentando o maior espaçamento

entre seus canais na rede de drenagem, segundo a classificação de Christofolletti (1969) (quadro 13).

Quadro 13: Classificação de Textura Topográfica média.

Textura topográfica média	Classes de Tt
Menor que 4,00	Grosseira
Entre 4,0 e 10,0	Média
Maior que 10,0	Fina

Fonte: Christofolletti, 1969. **Org.:** Roberto Epifânio Lessa, 2018.

O valor encontrado para o Fator Topográfico (Ft) para a BHM foi considerado alto com 3,51, sendo assim a bacia apresenta alta capacidade de enchente e forte probabilidade de ocorrência de deslizamento de terra e aumento de processos erosivos.

Compreende-se que além da constituição geológica do terreno e da cobertura vegetal do mesmo, a declividade é o fator topográfico mais relevante no condicionamento da gênese e evolução do processo erosivo, haja vista que quanto maior for a inclinação da encosta, mais acentuado será o processo de escoamento superficial (TONELLO et al., 2006).

Parâmetros de Drenagem

Para a identificação dos parâmetros de rede de drenagem foram analisados os dados referentes ao Comprimento de Canal (L), Comprimento Total de Canais (Lt), Densidade de Drenagem (Dd), Densidade Hidrográfica (Dh), Densidade de Confluência (Dc), Relação de Bifurcação (Rb), Coeficiente de Torrência (Ct) e Ordem da Bacia (quadro 14).

O comprimento do canal principal (L) da BHM, tem aproximadamente 2,58 Km de extensão o mesmo é denominado de Igarapé do Mauzinho, com o comprimento total de todos os canais (Lt) de aproximadamente 10,356 Km.

Quadro 14: Resultados de parâmetros de rede de drenagem da BHM.

	Caraterísticas Físicas	Unidades
Parâmetro de Rede de Drenagem	Comprimento do Rio Principal (L)	2,58 Km
	Comprimento Total da Drenagem (Lt)	10,356Km
	Densidade de Drenagem (Dd)	3,80 Km/Km ²
	Densidade Hidrográfica (Dh)	13,23 cursos /Km ²
	Densidade de Confluência (Dc)	9,19
	Relação de Bifircação (Rb)	3,12
	Coeficiente de Torrencialidade (Ct)	50,27
	Ordem da Bacia	3 ^a Ordem

Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

Em relação às características da rede de drenagem, a densidade de drenagem (Dd) da bacia que, segundo Santos et al., (2012), é uma das características mais importantes para análise morfométrica das bacias hidrográficas, a BHM é de 3,80km/km² considerada muito alta de acordo com a classificação de Beltrame (1994) que define as faixas para a densidade de drenagem (quadro 15).

Quadro 15: Classificação de densidade de drenagem.

Dd (Km/Km²)	Denominação
< 0,50	Baixa
0,50 – 2,00	Mediana
2,01 – 3,50	Alta
>3,50	Muito Alta

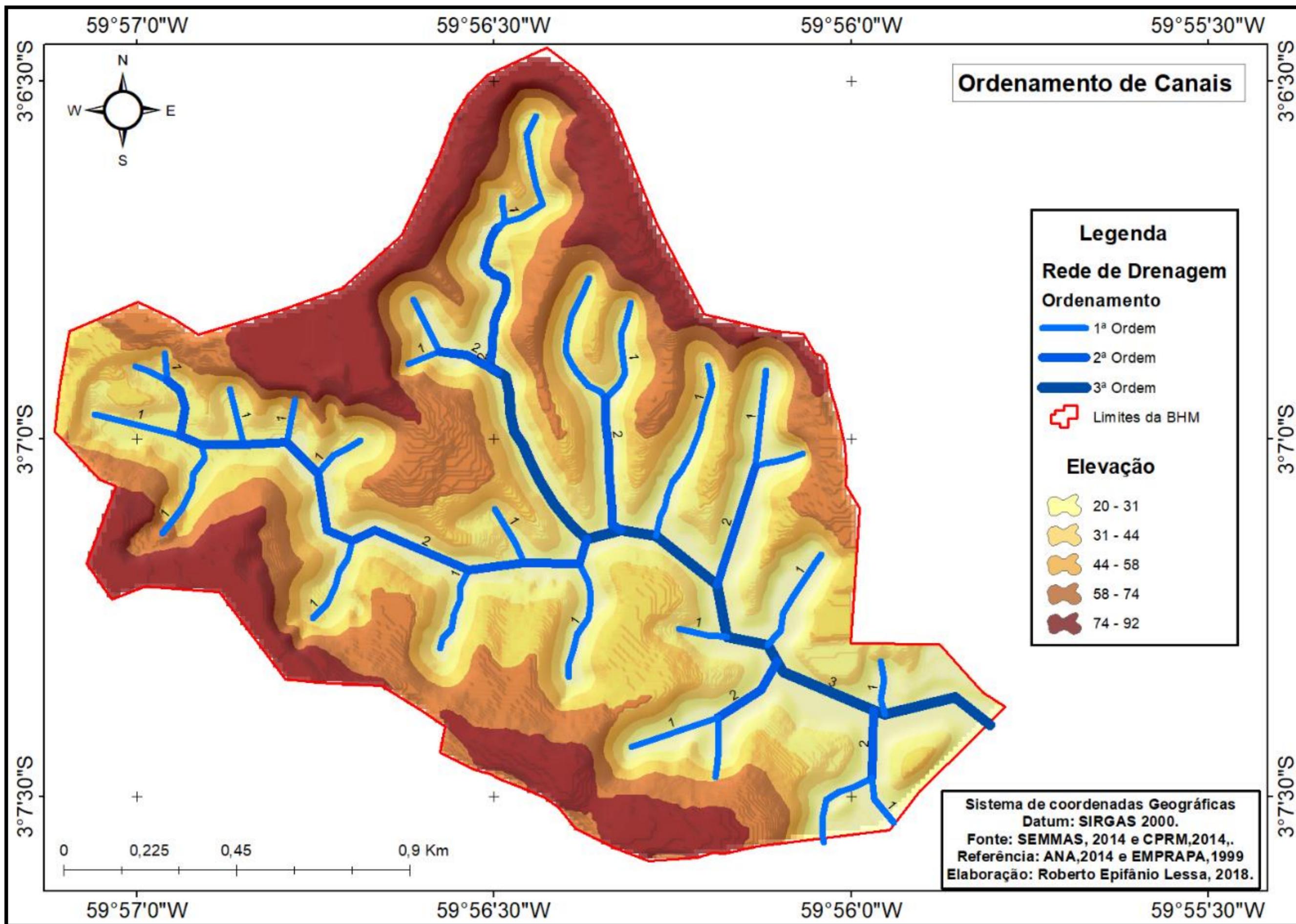
Fonte: Beltrame, 1994. Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

A densidade de drenagem verificada para área da BHM é reflexo da presença de um relevo suave ondulado cuja condição de alta impermeabilidade do solo permite rapidez da velocidade d'água em direção ao fundo do vale consequente ocorrendo áreas sujeitas à cheias e erosões com maior potencial de danos. Outro parâmetro que demonstra alta susceptibilidade da bacia em sofrer inundações pode ser verificado pela Densidade Hidrográfica (Dh) de 12,13 Curso/Km² indicando um alto valor visto o tamanho da bacia. Isto indica um ambiente favorável à geração de processos erosivos e aumento nas taxas de sedimentação e inundações dos principais canais de drenagem na área.

Nota-se, também, que dentro da BHM a probabilidade de encontrar pelo menos uma união de dois cursos d'água ou mais é muito alta devido a sua área apresentar uma Densidade de Confluência (Dc) de 9,19, valor considerado alto para bacias urbanizadas. Os resultados encontrados para a Relação de Bifurcação (Rb) a partir das observações da relação entre o número de canais de segunda ordem para canais de terceira ordem foi de 3,12 como valor médio total. O índice encontrado indica que a bacia possui um grau de dissecação médio visto que, quanto maior for o valor do índice de bifurcação maior será o grau de dissecação, valores geralmente abaixo de 2 indicam relevo colinoso.

O padrão de drenagem da bacia indica sua alta relação entre o comprimento de rio principal com a área ocupada pela, possivelmente devido a um ineficiente escoamento de fluxo de água e dificuldade de a água acessar o lençol freático, apresentando maior propensão a inundações, fato este corrobora do pelo valor alto valor do Coeficiente de Torrencialidade (Ct) de 46,09.

A bacia apresentou grau de ramificação de 3^a ordem (mapa 12), na hierarquia proposta por Strahler (1952), indicando ser pouco ramificada, pois ordem inferior ou igual a 4 é comum em pequenas bacias hidrográficas e reflete os efeitos diretos do uso da terra conforme COELHO (2005). Considera-se que, quanto mais ramificada for a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem. A bacia apresenta 28 canais de primeira ordem, 7 canais de segunda ordem e 1 canal de terceira ordem (quadro 16).



Quadro 16: Classificação de canais.

Ordem dos canais	Quantidade de canais
1ª Ordem	28 canais
2ª Ordem	7 canais
3ª Ordem	1 canal
Total de canais	36 canais

Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

6.2. Análise das transformações da BHM

Com base no levantamento das imagens de satélite, foi possível identificar as transformações que ocorreram na bacia ao longo dos anos de 2001, 2006, 2016 e 2018 e caracterizar as perdas e ganhos de áreas de vegetação, avanço da urbanização, solo exposto e áreas de lâmina d'água.

6.2.1. BHM no Ano de 2001

Os valores absolutos e relativos para cada classe de uso e ocupação da terra no ano de 2001 estão apresentados no **quadro 17**, onde a área total de cada variável estudada corresponde a 100% da BHM. Onde 52,04% da área foi classificada como área de vegetação; 35,65% de área urbana; 8,53% de solo exposto e 3,79% de lâmina d'água.

Quadro 17: Classificação do uso e ocupação do solo em 2001 na BHM.

2001	Taxa de área (%)	Total de área (Km²)
Área Urbana	35,65%	0.970
Vegetação	52,04%	1.416
Solo Exposto	8,53%	0.232
Lâmina d'água	3,79%	0.103

Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

O mapa 13 mostra o uso do solo na área da BHM no ano de 2001, onde é evidente que as áreas de maior taxa de urbanização encontrassem nas bordas da bacia nas áreas de platôs parte mais valorizada pelo mercado imobiliário, onde estão localizados os principais instrumentos urbanos, como avenidas principais com comércios e pontos de ônibus, serviços de saúde, bancos,

lotéricas e escolas. Nesse ano a área urbana total era de aproximadamente 0,970Km².

A partir da análise da imagem pode-se afirmar que o processo de urbanização da bacia foi iniciado das áreas mais altas, em direção as áreas de vertentes e de fundos de vales.

As áreas localizadas nas extensões de platôs, possuem o formato plano, que facilitou a construção de edificações ao longo do processo de ocupação da bacia.

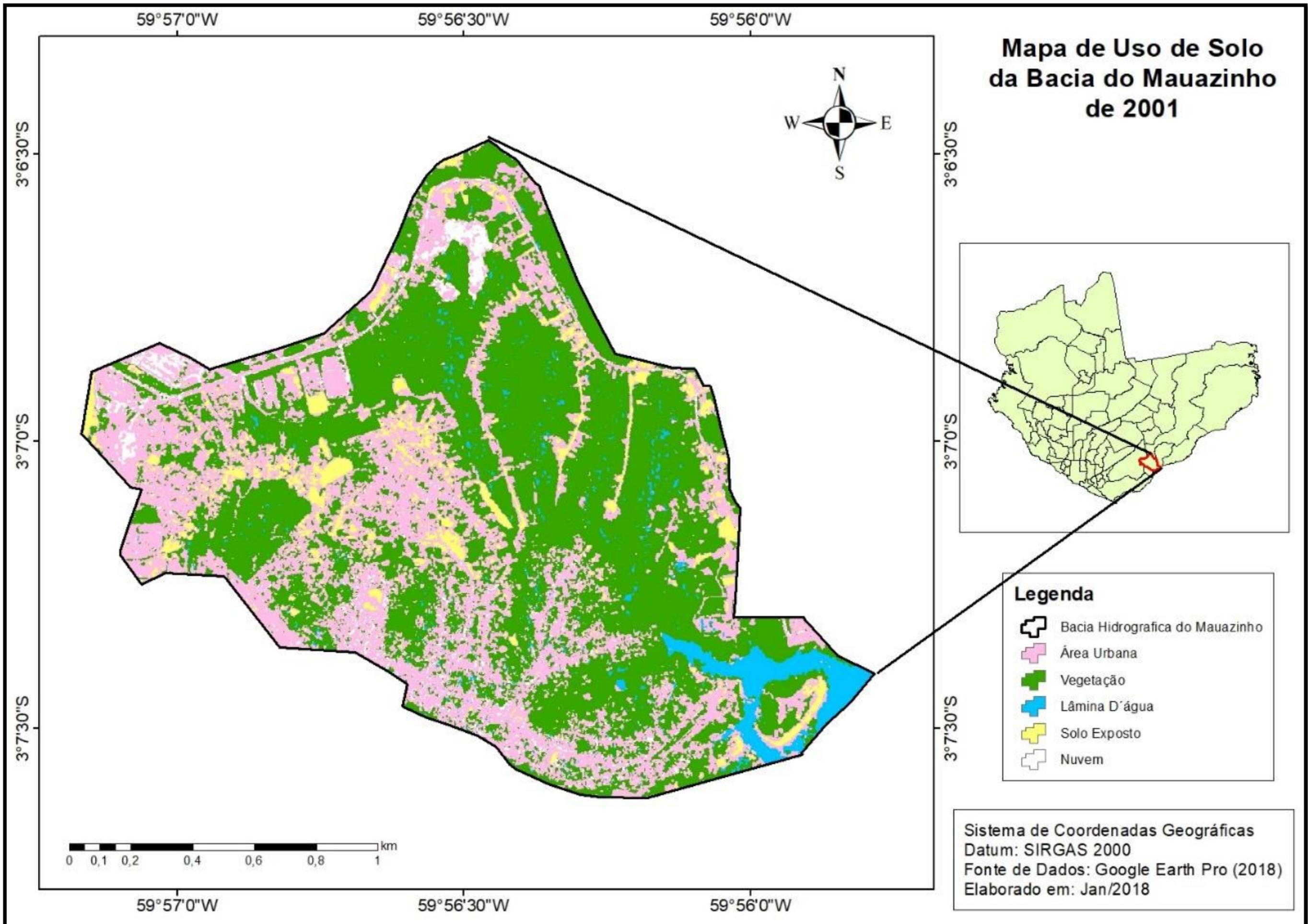
As áreas de vegetação eram de 52,04%, que representavam cerca de 1.416km², e localizavam-se ao longo dos canais principais da rede de drenagem, área com declividade elevadas, principalmente nas cabeceiras dos canais, com variações de 20% a 45% de taxa de declividade, consideradas áreas de difícil acesso.

Nesse ano as áreas de solo exposto localizavam-se nas proximidades das bordas e seguiam em direção das vertentes, nas partes centrais da bacia, apresentando uma taxa de 6,30% da área sendo igual a 0,171Km² da área total.

As áreas identificadas como lâmina d'água, caracterizadas pelo acúmulo de água nas partes mais baixas da bacia nas áreas de cursos d'água, apresentou uma taxa de 3,79%, com aproximadamente 0,103Km², sua maior ocorrência se deu nas áreas localizadas nas proximidades do exutório da bacia.

6.2.2. BHM Ano de 2006

Os resultados da classificação supervisionada para o ano de 2006, conforme a quadro 18, mostrou que no intervalo de 2001 para 2006, ocorrem alterações nas variáveis estudadas.



As áreas urbanas tiveram um aumento de 0,84%, chegando a 36,49%; as áreas de vegetação perderam aproximadamente de 2,72% com 49,32%; as áreas de lâmina d'água tiveram um aumento de 0,44% apresentando 4,23%; e as áreas de solo exposto tiveram uma expansão de 1,43% chegando a 9,96% de área.

Quadro 18: Classificação do uso do solo na BHM no ano de 2006.

2006	Taxa de área (%)	Total de área (Km²)
Área Urbana	36,49%	0.993
Vegetação	49,32%	1.342
Solo Exposto	9,96%	0.271
Lâmina d'água	4,23%	0.115

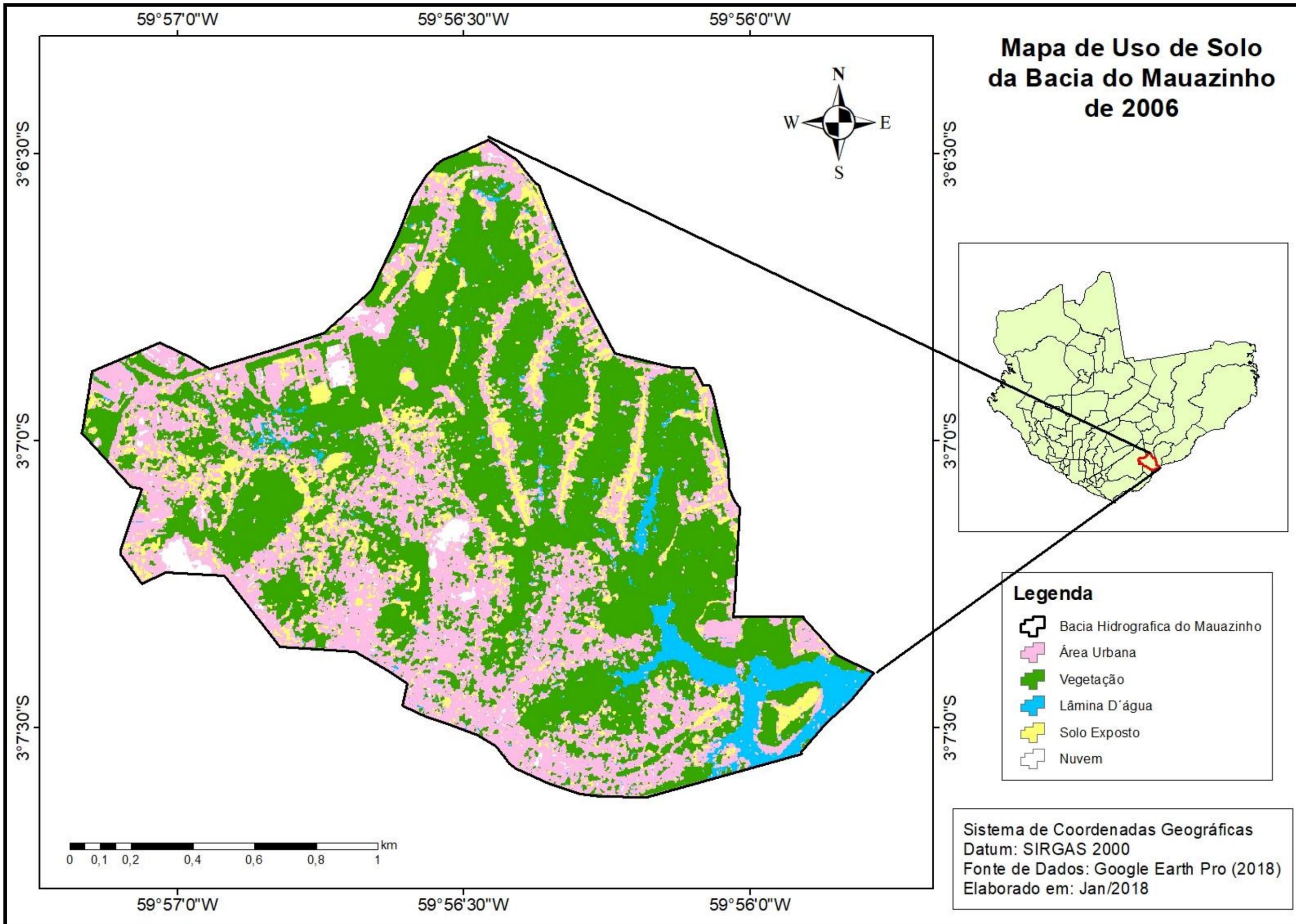
Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

O mapa 14 mostra a evolução das transformações no ano de 2006, as maiores alterações identificadas no mapa foram a perda de área de vegetação e ganhos de extensões de solo exposto, e um aumento das áreas urbanas e de lâmina d'água.

No ano de 2006, a área urbana foi se intensificando nas bordas da bacia e se consolidando em direção das vertentes, apresentando uma área total de 0,993Km², esse aumento se deu principalmente pelo aumento das estruturas das vias de acesso em áreas localizadas na parte NE da BHM.

Já a área de vegetação teve uma diminuição devido a derrubada de árvores para construção de moradias e novos arruamentos principalmente na parte NE da bacia, contribuindo para o aumento das áreas urbanizadas. A área de vegetação apresentou 1,342Km².

As áreas de lâmina d'água, representando a hidrografia, tiveram um aumento de significativo chegando a 0,115Km², se expandindo em direção as nascentes dos canais principais com pontos de inundações urbanas nas partes NO, N e NE da BHM.



As áreas de solo exposto tiveram um aumento de área chegando a 0,271Km², esse aumento se dá por conta do aumento das áreas urbanizadas, pois essas, foram estruturadas nas áreas que apresentavam boas condições para construção, que correspondem as áreas desmatadas, agora ocupadas por moradias, ocorrendo com maior intensidade nas partes centrais da bacia.

6.2.3. BHM no Ano de 2016

No de 2016 as alterações observadas na BHM, mostram que as áreas urbanizadas foram se consolidando uma vez que essas foram sendo expandidas principalmente em direção ao centro da bacia, com um aumento nas áreas de solo exposto, diminuindo as áreas de vegetação e aumento da lâmina d'água conforme os dados do quadro 19.

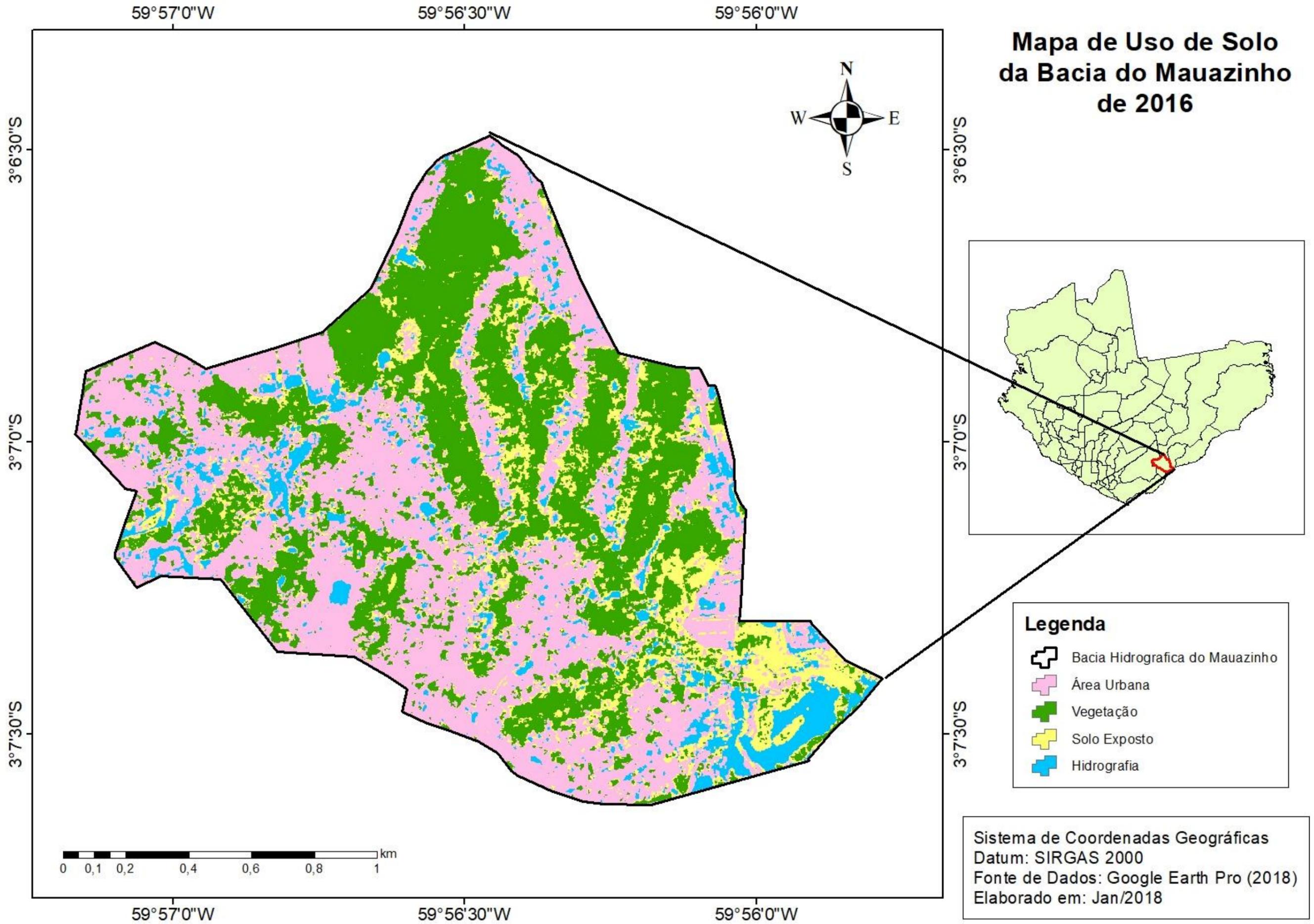
Quadro 19: Classificação do uso do solo na BHM no ano de 2016.

2016	Taxa de área (%)	Total de área (Km²)
Área Urbana	41,79%	1.158
Vegetação	31,14%	0.863
Solo Exposto	7,58%	0.210
Lâmina d'água	19,49%	0.540

Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

Comparando a mancha de área urbana no intervalo de tempo de 2006 a 2016, percebe-se que ocorreu uma grande mudança, principalmente na área urbana, que apresentou 41,79% da área total com um aumento de cerca de 5,30% em um total de área de 1.158Km², com crescimento médio por ano de 0,43%, (mapa 15).

A Área de vegetação continuou perdendo território, quando comparado os dados de 2006 e 2016.



Em 2016 a bacia apresentava uma área de vegetação de aproximadamente 31.14% com uma perda de 18,18% o equivalente a 1,82% por ano, apresentando uma área de 863Km², perdendo uma grande porcentagem se comparada com a sua área em 2001.

As áreas de solo exposto apresentaram uma perda se comparadas com as áreas de 2006, apresentando 7,58% de sua área total em 2016, com 0,210Km² e 2,38% de perda de sua área chegando a perder 0,24% de área por ano, principalmente nas áreas próximas das bordas da bacia e nas proximidades do canal principal, outro fator que pode explicar essa perda de área de solo exposto foi o aumento das edificações na área da bacia e o aumento de área de inundações na data de coleta da imagem trabalhada.

As áreas caracterizadas com lâmina d'água, teve o maior aumento se comparada com as outras variáveis identificadas no ano de 2016, chegando a aproximadamente 19,49%, com um aumento de 15,26%, correspondente a uma área de 0,540Km² de extensão com um ganho de 1,52% ao ano.

6.2.4. BHM no ano de 2018

A classificação realizada para o ano de 2018, mostra que as modificações foram sendo mais intensificadas, pois a bacia já se encontra em estágio de consolidação da urbanização, com a existência de serviços essenciais e com mais de 80% de suas vias asfaltadas, com ocupações nas proximidades de cabeceiras dos cursos de drenagem, com construção de vias nas partes NE e intensificação de ocupações nas áreas com menores altitudes, e áreas de encostas com altas taxas de declividade que variam de 20 a 45% conforme o mapa 24.

A BHM, apresentou uma área urbana de 52,05% sendo a maior modificação registrada na escala temporal considerada, com um aumento de 6,95% e taxa de crescimento mensal estimativo de 0,33% por mês, com uma área de 1.380Km² conforme o quadro 20.

Quadro 20: Classificação do uso do solo na BHM no ano de 2018.

2018	Taxa de área (%)	Total de área (Km²)
Área Urbana	52,51%	1.380
Vegetação	32,60%	0.822
Solo Exposto	10,80%	0.399
Lâmina d'água	7,72%	0.280

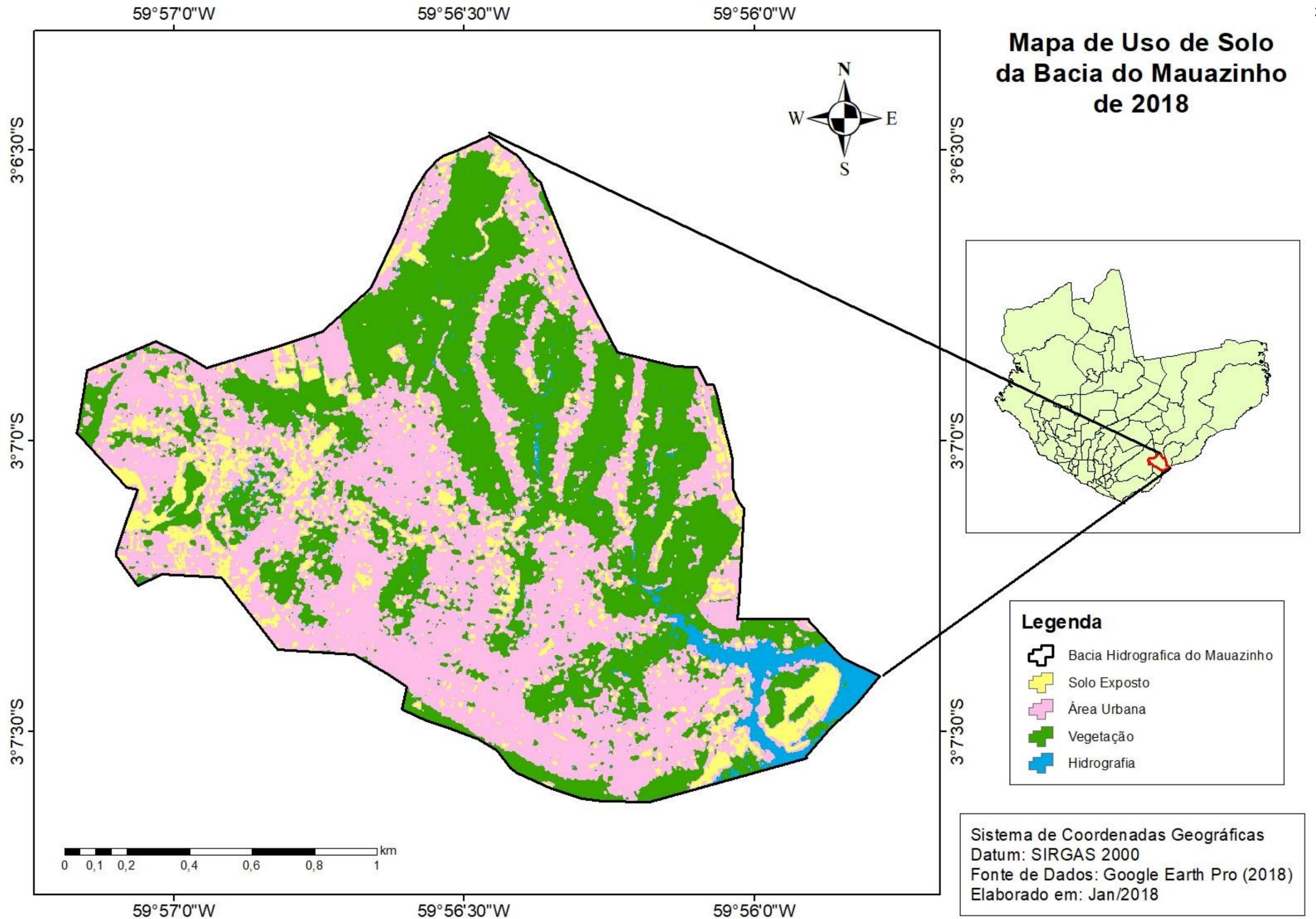
Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

A área de vegetação apresentou 30,70% com um aumento de 1,98%, esse aumento da área de vegetação ocorreu devido ao aumento da taxa de ocupação da bacia, uma vez que a mesma se encontra em estágio de consolidação da urbanização os moradores passam a plantar árvores nos quintais de seus terrenos, promovendo um aumento das taxas de áreas de vegetação com o passar dos anos, cuja área em 2018 era de 0,822Km², localizadas principalmente em regiões de difícil acesso e consideradas áreas protegidas.

As áreas de Solo exposto representam cerca de 11,90% com um aumento de 34,12%, esse aumento se foi devido a diminuição das áreas de lâmina d'água, atingindo as taxas de áreas de solo exposto o correspondente a cerca de 0,399Km².

As áreas de lâmina d'água tiveram uma diminuição bastante considerável, correspondente a 8,72% de extensão, com perda de 10,75% quando comparada com 2016, chegando a 0,280Km², onde fica evidente que teve um aumento nas áreas de solo exposto visto que antes essas áreas eram consideradas como de lâmina d'água.

Com base nos dados apresentados foi possível fazer uma comparação entre as taxas de áreas em porcentagem e total de área em Km² para cada variável analisada na escala temporal analisada apresentando os dados estimados para ganhos e perdas de áreas (quadro 21).



Quadro 21: Dados sobre uso do solo na BHM nos anos de 2001, 2006, 2016 e 2018.

Anos	Área urbana(Km ² / %)	Vegetação(Km ² / %)	Solo Exposto(Km ² / %)	Lâmina d'água(Km ² / %)
2001	0,970Km ² / 35.65%	1,416Km ² / 52.04%	0,232Km ² / 8.53%	0,103Km ² / 3.79%
2006	0,993Km ² / 36.49%	1,342Km ² / 49.32%	0,271Km ² / 9.96%	0,115Km ² / 4.23%
2016	1,158Km ² / 41.79%	0,863Km ² / 31.14%	0,210Km ² / 7.58%	0,540Km ² / 19.49%
2018	1,380Km ² / 52.05%	0,882Km ² / 30.70%	0,299Km ² / 11.90%	0,280Km ² / 5.45%

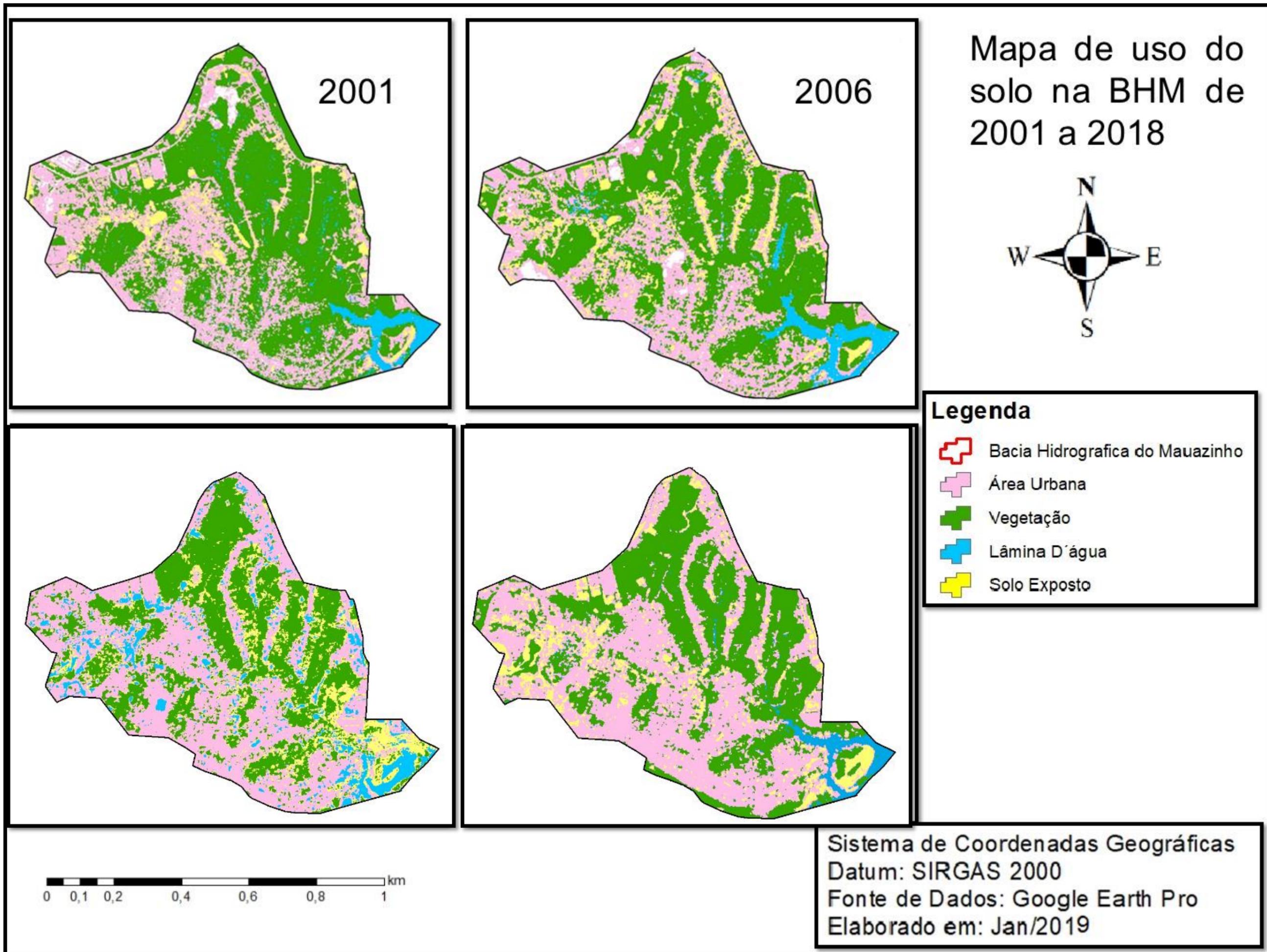
Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2019.

A partir das informações contidas no quadro 21 é evidente que ocorreu um aumento significativo nas áreas urbanizadas onde em 2001 com uma área de 0,970Km² com 35,65% do total de área já em 2018 essa variável apresentou 1,320Km² chegando a 48,51% e ocorrendo um crescimento estimado de 12,86%, esse aumento é notado com mais expressividade a partir dos anos de 2006 a 2018, e ao longo desses 17 anos corresponde a uma área de 0,350Km², com um ganho anual estimativo de aproximadamente 0,76%.

Na figura 07 mostra a evolução do uso do solo na BHM é evidente a expressividade do aumento das áreas urbanizadas ao longo dos anos.

A área total de vegetação apresentou 1,416Km² com 52,04% no ano de 2001 e em 2018 chegou a 0,897Km² com 32,97% na escala temporal, ocorrendo uma perda de 19,07%, devido principalmente ao aumento das taxas de área urbana e de solo exposto evidente na figura 07, apresentando uma perda de área anual estimado de 1,12% por ano, correspondente a 0,519 km² de sua área inicial.

As áreas de solo exposto tiveram um aumento de 2,27% na escala estudada, com um ganho de 0,62Km² de área e um ganho anual estimado 0,13% por ano. As de lâmina d'água tiveram um ganho de 3,93% chegando a ter um aumento de 0,107Km² de sua área e aumento anual de 0,23% (figura 07).



6.3. Formas de ocupações

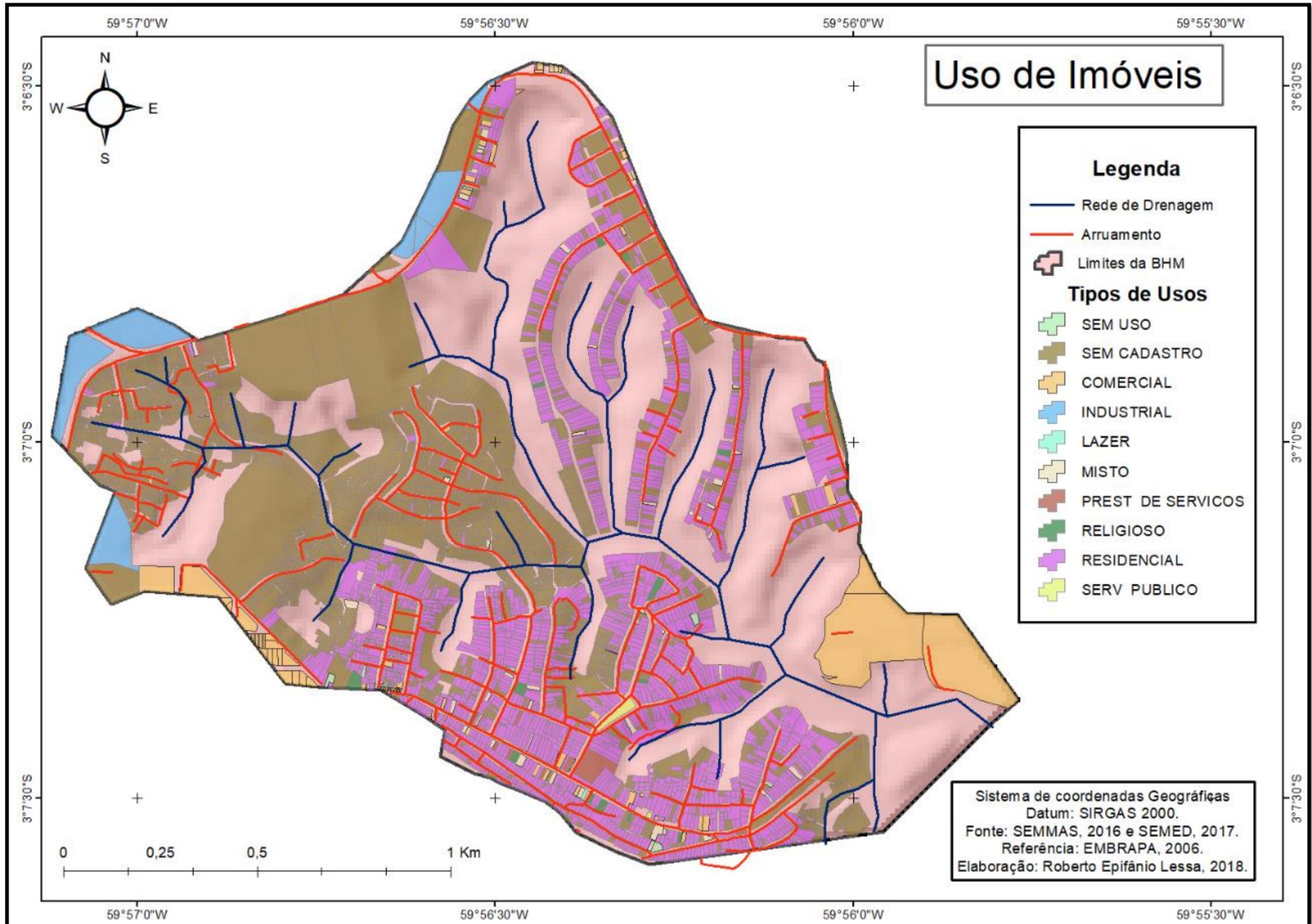
Segundo dados da Secretaria Municipal de Habitação, a área da BHM possuía em 2017 aproximadamente 5.118 lotes de terra registrados distribuídos no perímetro da bacia, com usos diversos quanto a sua finalidade: comercial; industrial; lazer; misto; prestação de serviços; religioso; residencial; serviço público e uso não cadastrado (mapa 17).

O mapa mostra a distribuição dos principais usos dos imóveis na bacia, onde as áreas que estão representadas com a cor marrom são imóveis que não tem um cadastro e não possuem um registro e contabiliza cerca de 2.415 imóveis não registrados, chegando a 47% dos imóveis da área. Na cor roxa estão as áreas com imóveis residenciais registrados, equivalente a 2.404 imóveis, representando 47% e os outros 6% dos imóveis estão distribuídos entre os sem uso com 14 imóveis; religioso com 24; prestação de serviços com 19; comercial com 168; serviços públicos com 2; misto com 52; industrial com 19 e lazer com 1, conforme os dados do quadro 22.

Quadro 22: Distribuição do uso de imóveis na BHM.

Uso Do Imóvel	Quantidade de imóveis
Comercial	168
Industrial	19
Lazer	1
Misto	52
Prestação De Serviços	19
Religioso	24
Residencial	2404
Sem Cadastro	2415
Serviço Público	2
Sem Uso	14
Total	5118

Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2018.



No âmbito do estudo sobre as ações antropogênicas no perímetro da BHM, a interação da população com o meio ambiente natural vem causando uma série de transformações nas características do meio físico, que causam vários problemas à vida cotidiana da população local.

A ocupação na área teve início a partir de espaços que foram ocupados de forma desordenada, cuja descoordenação no padrão de ocupação pode ser vista ao longo de suas ruas e becos que, em sua grande maioria, não apresentam uma rede de drenagem adequada de saneamento básico com descarte correto das águas. A ação antrópica na área também promoveu o desmatamento, o uso inadequado do solo, a ocupação de locais impróprios sem base estrutural para construção de edificações, e o descarte inadequado das águas pluviais, servidas e efluentes, o descarte irregular de resíduos sólidos sem acondicionamento adequado, que contribuem para proliferação de doenças e aceleram os processos de erosão, mediante a fragilização do solo e o aumento do poder erosivo da água (Figura 08).

Figura 08: A) Entrada de bueiro no final do rua F.B) lixo em céu aberto na avenida natal. C) despejo de águas servidas diretamente na encosta no final da rua paraíso. D) escoamento de esgoto a céu aberto na rua paraíso.



A figura 08A, mostra o final da rua F a entrada do bueiro, onde o escoamento superficial é concentrado e seguem em direção do fundo do vale. A imagem da figura 08B mostra o acúmulo de lixo no final da rua paraíso, em uma área localizada nos limites da bacia, onde ocorreu um deslizamento de terra nas proximidades de terrenos destinados a Marinha do Brasil.

A figura 08B, mostra o esgoto a céu aberto no final da Avenida Natal, onde encontra-se uma lixeira viciada. As águas que vem das moradias localizadas no platô, seguem em direção ao fundo do vale, contribuindo para o transporte de sedimentos nessas áreas e consequente assoreamento das nascentes localizadas nessas proximidades.

A figura 08C, mostra o despejo de águas servidas, diretamente nas encostas no final da Avenida Solimões, onde também se encontra uma lixeira viciada com resíduos de rejeito de obras.

A imagem 08D mostra o escoamento de esgoto a céu aberto na lateral da rua paraíso. Esse tipo de despejo de águas servidas pode aumentar a possibilidade de ocorrência de processos erosivos e causar o aumento de incisões no terreno.

Como afirma Ross (2010) a relação entre eventos naturais e ação antrópica, causam fenômenos enquadrados como sendo de risco, que causam prejuízos aos componentes do meio biofísico e social, fato que é bem característico na área devido ao seu processo de ocupação.

Na área da BHM, com base nas observações de campo, são marcantes as atividades humanas que causam alterações no meio físico: a área inserida do perímetro da bacia possui áreas que estão no estágio intermediário de urbanização, pois apresenta vários setores cuja urbanização ainda não está consolidada, ou extensões em fase de ocupação.

Rodrigues (2013) afirma que é no estado intermediário de urbanização que as intervenções humanas no ambiente produzem os maiores índices de processos morfodinâmicos, principalmente a erosão pluvial.

Essa apropriação do espaço que ocorreu de forma irregular, onde prioritariamente foram ocupadas as áreas consideradas melhores, ou seja, próximas de vias de acesso pavimentadas ou no platô, em seguida foram sendo ocupadas as vertentes e os fundos de vales, determinam o padrão de formas de ocupações que vem sendo realizados ao longo do tempo na área estudada.

No atual estágio de urbanização, do ponto de vista da dinâmica geomorfológica, a área da bacia apresenta uma grande produção de formas planas por meio da abertura e pavimentação de ruas e da execução de cortes e aterros nas vertentes para ocupação por moradias, cujo objetivo é o nivelamento do terreno para proporcionar uma maior estabilidade na construção, favorecendo a formação de discontinuidades morfológicas na superfície conforme a figura 09.

Figura 09: Construção em encosta nos limites da BHM na avenida Rio Negro.



Foto: Roberto Epifânio Lessa. 2019.

A figura mostra o início do processo de ocupação de uma encosta localizada nas proximidades da Avenida Rio Negro com a construção de barracos e via de acesso até essas ocupações, é notado a retirada da cobertura vegetal na área onde está ocorrendo esse processo de ocupação irregular.

A pavimentação das ruas provoca o aumento do escoamento superficial que associado ao material movimentado devido aos cortes e aterros, contribui para o transporte de grandes quantidades de sedimentos em direção ao vale, assoreando os canais fluviais (igarapés), visto que grande parte da área da BHM não possui rede de drenagem urbana.

Rodrigues (2013) afirma que áreas em processo intermediário de urbanização apresentam uma carência de infraestrutura urbana com falta de pavimentação em ruas, sistema de coleta de lixo e sistema de captação de esgoto, características estas que foram observadas na área da bacia.

Nesta perspectiva as atividades humanas dentro da BHM se tornam um agente transformador do relevo.

Nas comunidades jardim Mauá e Mauzinho estruturadas na área da BHM, são observadas encostas naturais com alta declividade (20 a 45%).

A execução de arruamentos nestas encostas, que contribuem para o aumento da velocidade do escoamento superficial, associado ao desmatamento e a impermeabilização do solo por asfalto, casas e concreto acelera o fluxo de água em direção ao vale, contribuindo para o aumento da sedimentação nos vales conforme mostra a figura 10.

A figura 10A mostra a parte mais alta da encosta que apresenta altitude de 85 metros, cuja via não possui uma rede de drenagem adequada, essa não adequação da rede de drenagem contribui para aumento do escoamento superficial e transporte de sedimentos até a base da encosta.

Figura 10: A) mostra a parte mais alta localizada na rua do igarapé. B) mostra o ponto mais baixo da rua do igarapé.



Foto: Roberto Epifânio Lessa. 2019.

A figura 10B mostra a base da encosta no sentido do vale, com altitude de 20 metros, e nesta área são depositados os sedimentos transportados pelas águas pluviais.

Todos esses fatores apontados potencializam o poder erosivo das águas, acelerando os processos erosivos lineares naturais destes locais. Associado aos processos de erosão ocorre o assoreamento dos igarapés no fundo dos vales.

Ao analisar as ações antropogênicas transformadoras da paisagem na área da BHM, foram consideradas as formas de ocupações, pois é através destas que a população acelera os processos geomorfológicos, transformando o relevo, a exemplo da ocupação de encostas.

Na bacia foram identificadas três formas de ocupações: ocupação de encosta, de fundo de vale e platô, cada uma delas com características geodinâmicas distintas.

6.3.1. Ocupação de Platôs

Essa forma de ocupação está presente na comunidade, e corresponde as partes mais altas do terreno onde são estruturadas as vias de arruamentos, sistemas de coleta de lixo, rede de drenagem e saneamento básico, e localização de equipamentos urbanos como postos de saúde, delegacias, lojas, bancos, entre outros conforme a figura 11.

Figura 11: Ocupação em Platô. A) Visão área de ocupações de platô. B) e C) visão de superfície das ocupações em platô.

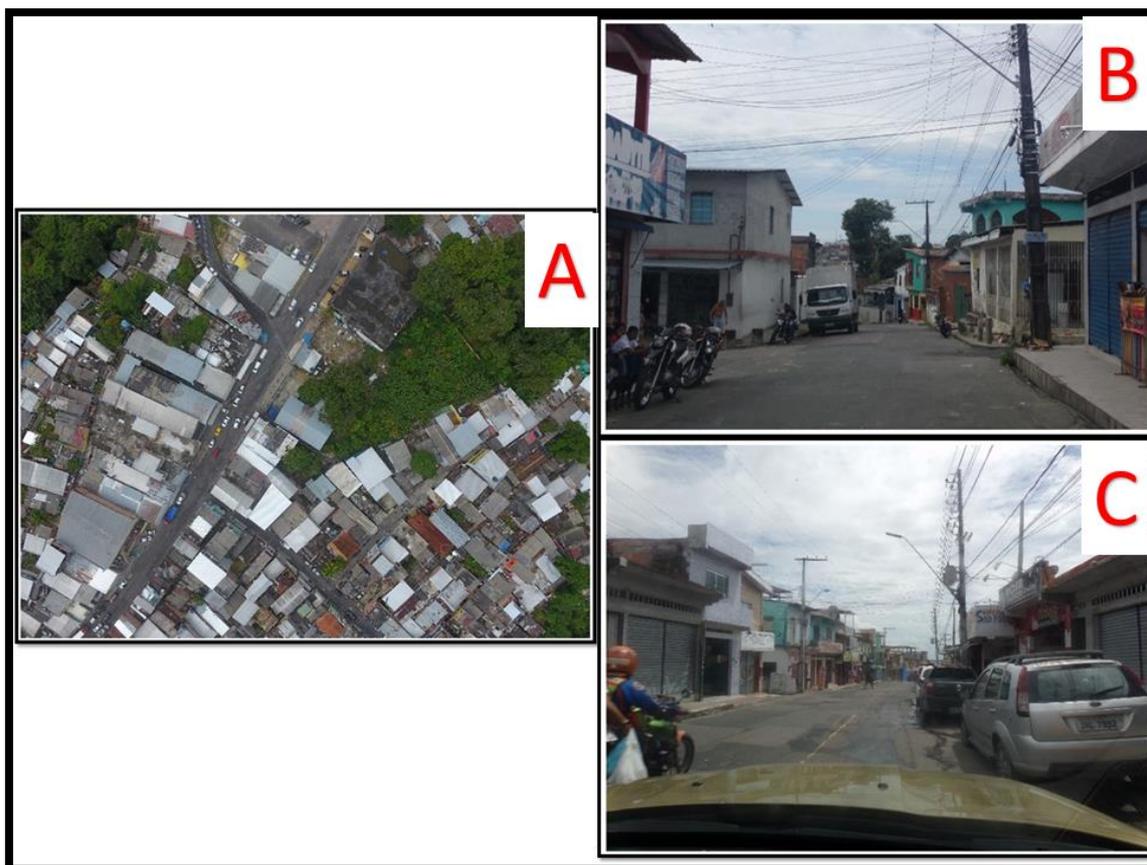


Foto: Roberto Epifânio Lessa, 2019.

Essas áreas também são mais valorizadas devido à facilidade de acesso de veículos, pedestres e sistema de transporte público, além de apresentarem uma maior estabilidade no terreno por serem área relativamente planas, que facilita a construções de moradias.

São nas áreas do platô que se encontra as melhores moradias sendo as áreas mais ocupadas, possuindo a maior número de moradias, fatos que

mostram que são essas áreas que são mais valorizadas pelo mercado imobiliário local figura 11.

6.3.2. Ocupações de Encostas

As encostas são originárias de áreas terrosas, rochosas ou mistas quanto a esses aspectos, mesmo que tenham sofrido ações antrópicas, tais como cortes ou desmatamentos, dentre outras (IPT, 2004), as mesmas mantêm uma superfície natural inclinada presente nos flancos de morros, colinas e serras (GUERRA, 2011).

Jorge (2011) afirma que a dinâmica de processos naturais atuantes sobre as encostas é regida por eventos de erosão, transporte e deposição de material e, bem como, por movimentos gravitacionais e de transporte de massa.

Assim, no processo de retirada de material, seja pela ação gravitacional ou através de agentes do transporte de massa, se têm em ambos os casos, a atuação de fatores desencadeadores do processo de modelagem das encostas.

A ocupação de encostas geralmente se origina de assentamentos de terra de baixa valorização, ocupadas na maioria dos casos por pessoas que querem construir moradia com os mais baixos custos e hoje, devido ao ritmo intenso dos processos de urbanização nas cidades em desenvolvimento, faz-se necessário uma gestão de território que garanta uma maior preservação do meio natural principalmente nestas áreas nas grandes cidades (LESSA; ALVES, 2014).

Essa forma de ocupação ocorre em grande parte da área da bacia, pois, está se localiza em uma área que possui grandes variações na altitude do relevo e de encostas íngremes como mostra a figura 12.

A ocupação de encostas é mais frequente nas áreas desvalorizadas pelo mercado imobiliário, as encostas urbanizadas no bairro contribuem para a aceleração dos processos erosivos, o assoreamento de igarapés e o aumento da incidência incisões lineares em forma de sulcos, ravinas e voçorocas.

Figura 12: Ocupação em encostas. Imagem A mostra a visão aérea de uma área de ocupação de encostas. Imagens B e C encosta ocupada.



Foto: Roberto Epifânio Lessa, 2019.

Esta susceptibilidade à erosão das encostas, na área da comunidade, é derivada da concentração de águas de escoamento superficial, associada a forma e declividade da encosta.

6.3.3. Ocupações de Fundo de Vales

Segundo Guerra e Cunha (1995), o vale fluvial é uma depressão alongada (longitudinal) constituída por um ou mais talwegues e duas vertentes com sistema de declive convergente. O vale fluvial pode ser conceituado também, como planície à margem do rio ou várzea. Áreas com baixas elevações que na comunidade chegam a ter no máximo 3 metros de altura.

O fundo de vale pode ser entendido do ponto de vista dos tipos de leito, de canal e de rede de drenagem. Com base nos trabalhos de campo realizados

pode-se compreender por fundo de vale o ponto mais baixo do relevo, por onde escoam as águas pluviais nos igarapés.

A BHM apresenta áreas de ocupação de fundos de vale onde são observadas palafitas com pouca altura para superar as inundações em épocas de chuvas, barracos construídos dentro do canal do igarapé, com materiais misto (madeira, lonas e alvenaria) localizadas próximas as drenagens adjacentes que são constantemente assoreadas pelos sedimentos erodidos dos taludes próximos (Figura 13).

Figura 13: Ocupação em fundo de vales. Imagem A visão aérea do fundo do vale. Imagens B e C ocupações em fundo de vales.



Foto: Roberto Epifânio Lessa, 2019.

É nessas áreas que são encontradas um maior número de pessoas vivendo em situação de riscos e, onde são registrados a ocorrência de vetores de doenças relacionadas com o acúmulo de lixo de forma irregular.

A presença de ratos que são vetores que podem transmitir doenças com o rotavírus que é causado principalmente por água poluída, no local também foi encontrado alguns focos de mosquitos da dengue que é transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* que em alguns casos podem até causar a morte de uma pessoa.

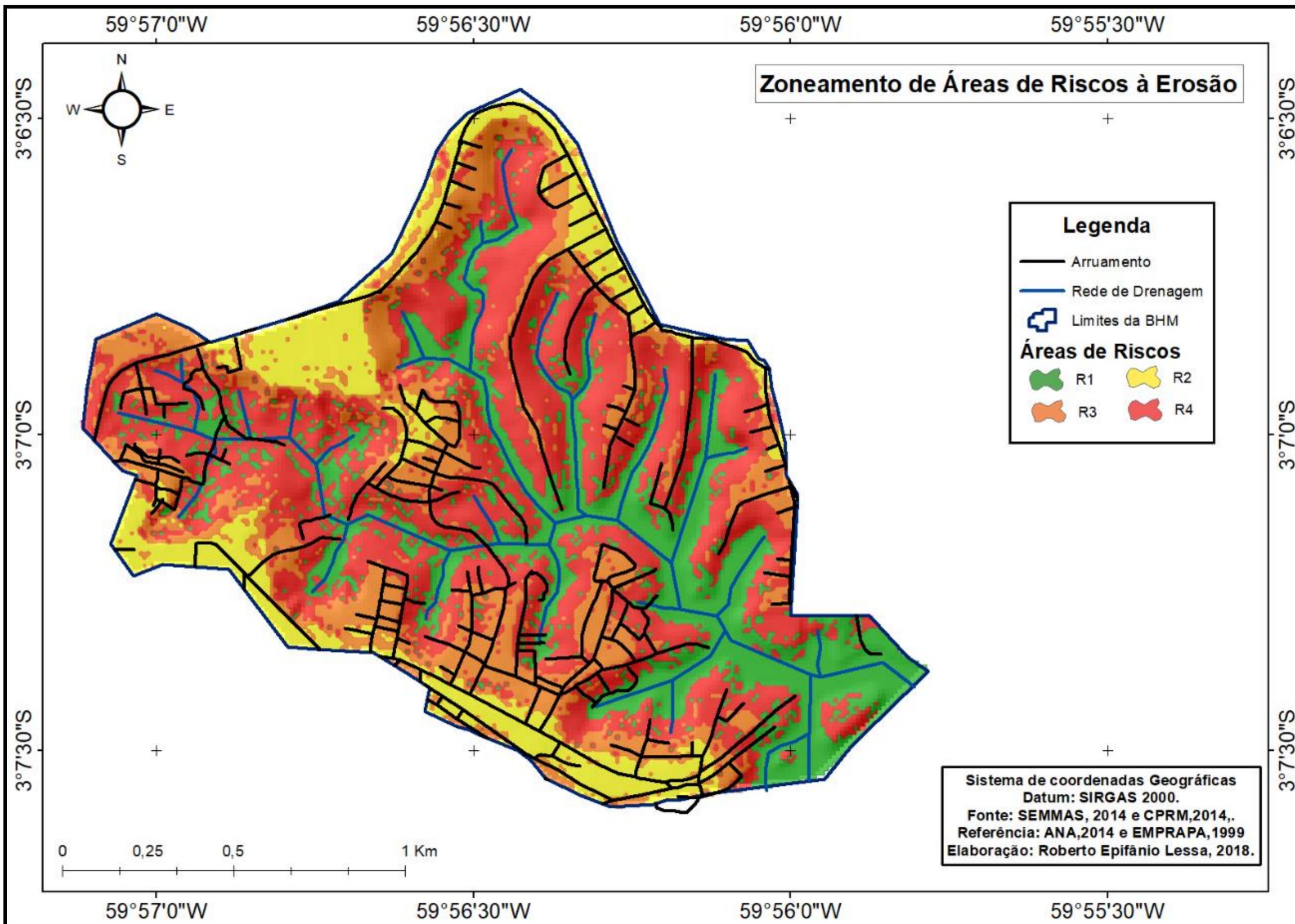
São essas áreas que sofrem com mais intensidade durante eventos de grande quantidade de chuvas, onde as águas pluviais são direcionadas com maior intensidade e chega até as moradias com uma maior intensidade causando abalos nas estruturas das moradias do local.

6.4. Classificação das áreas de riscos à erosão

Na BHM foram mapeadas diversas áreas de riscos erosivos, com grau de risco variando de baixo (R1), médio (R2), alto (R3) e muito alto (R4) que são mostradas no mapa de classificação e localização das áreas de riscos a erosão (mapa 18).

6.4.1. Setores de Riscos R1

As áreas classificadas com o Risco R1 (baixo) estão localizadas em espaços onde, mantidas as condições existentes, não há indícios efetivos de desenvolvimento de processos que venham a causar desestabilização de encosta, ou seja, não se espera a ocorrência de riscos durante evento extremos de chuva na área, localizadas nas regiões de fundo de vales no interior da bacia. Os setores mapeados com grau de risco R1 (baixo), que podem ser observados no mapa da figura 33 representam 23% do total de setores de risco na bacia, correspondente a uma área de 0,634Km². Estão localizados, nas áreas que apresentam as mais baixas altitudes, chegando a 20 metros, com relevo plano protegida pela vegetação arbórea e rasteira conforme mostra a foto da figura 14.



Embora alguns destes setores se encontrem em declividades acentuadas que variando de 0 a 5%, não possuem uns sistemas de drenagem urbana adequados, visto que boa parte estão localizadas em áreas próximas da planície de inundação. Em linhas gerais, os setores com grau de risco R1 são aqueles em que estão em processo de ocupação intermediário constatado pela falta de presença de alguns serviços básicos de infraestrutura urbana.

Figura 14: Área de risco a erosão baixo.



Foto: Roberto Epifânio Lessa, 2019.

A maior parte das moradias nesse setor foi construída em alvenaria, apresentando maior resistência quando afetadas por escorregamentos, também apresenta habitações construídas de formas mistas sem os cuidados adequados na proteção das fundações das residências o que aumenta a possibilidade de desabamentos.

Além disso, os imóveis desse setor na sua maioria não apresentaram redes de infraestrutura básicas como: água encana, sistema de energia elétrica regulamentado e coleta de lixo regular sistema de saneamento básico satisfatório, onde ocorre o lançamento de água de esgoto diretamente nos cursos d'água, bem como, potencializando as concentrações, em razão do

pavimento das vias de acesso e da pequena quantidade de solo exposto e lixeiras viciadas de resíduos.

Cabe destacar que estes setores foram classificados com grau de risco à erosão baixo, porém não são inexistentes, pois, deve-se considerar que as características do solo (arenosos e frágeis) com área de depósitos de sedimentos que podem refletir certo potencial no assoreamento de corpos d'água e também são áreas que apresentam condições naturais para ocorrência de inundações urbanas. Entretanto, estes setores ocupam os locais com baixa probabilidade de erosões intensas.

Essas áreas apresentam alta risco de inundação urbanas devido sua localização que tais moradias não estão aptas a permanecerem na área, principalmente nos períodos de cheia do rio dificultando a vida da população comunidades presentes.

6.4.2. Setores de Riscos R2

Nas áreas mapeadas como de grau de risco R2 (médio) foram identificadas evidências de instabilidades de encostas e processos erosivos, mas de baixa intensidade. Mantidas as condições existentes é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas no período de inverno amazônico.

Na BHM as áreas classificadas com o grau de o risco à erosão R2, atingem aproximadamente 14% da área total da bacia, correspondem a cerca de 0,368Km², essas áreas são localizadas nas áreas de platô, com relevo considerados planos e com altas taxas de urbanização.

Esse setor apresenta ainda nível alto de consolidação urbana, com vias pavimentadas pouca existência de solo exposto foi identificada e as encostas naturais, taludes e de aterro que apresentaram maiores alturas (superiores a 80 metros). Sem a predominância de vegetação arbórea.

Essas localidades ocorrem nas principais vias urbanas caracterizadas como áreas mais valorizadas por apresentarem um relevo mais adequado para

construção de edificações, conforme mostra a foto da figura 15, que nessas áreas encontra-se os imóveis mais antigos, uma vez que o processo de ocupação na bacia se iniciou a partir da ocupação dos platôs que avançaram em direção das encostas e fundos de vales.

Figura 15: Área de risco a erosão médio.



Foto: Roberto Epifânio Lessa, 2019.

As moradias também são predominantemente de alvenaria, e neste caso apresentam uma razoável técnica construtiva, com poucas ocupações construídas em madeira. As vielas e ruas dos setores apresentam vias pavimentadas, a exceção de algumas localizadas nos terrenos de maior declividade.

Embora poucas moradias não lancem água servida em superfície, a maioria tem essa prática, onde as águas servidas são lançadas nas encostas mais declivosas, escoando pelas ruas e vielas até atingir o fundo de vale, e pelo

percurso podendo gerar pequenos escorregamentos e sulcos erosivos, fato observado aos finais das vias de acesso.

Nestes setores, foram identificadas poucas evidências de estabilização do terreno como inclinação de muros e paredes embarrigados e algumas construções comprometidas. Sendo evidências de aterros e de cortes com pequenas trincas, indicando que talvez houve falta de planejamento técnico na execução obras de construção de casas.

6.4.3. Setores de Riscos R3

Nos setores identificados como de grau de risco R3 (alto), foi observado a presença de significativas evidências de instabilidade do terreno como trincas no solo, inclinação de muros, árvores e postes, com o aumento da probabilidade de ocorrência de processos erosivos mais intensos. Mantidas as condições existentes é possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuva intensos e prolongados no período do ciclo chuvoso.

Os setores mapeados como grau de risco R3 (alto) correspondem a aproximadamente 0,661 Km², equivalente 24% do total da bacia. Os campos mapeados com grau de risco R3 são aqueles que apresentam alta probabilidade ao risco de ocorrência de movimentos de massa e erosão.

Estes estão estruturados em encostas naturais, corte de talude e aterros com alturas superiores a 90 metros, sendo localizadas nas partes mais altas da bacia. Essas áreas são situadas ao longo das encostas urbanizadas e chegam a apresentar declividades que podem variar de 8 a 20% com relevos ondulados apresentando instabilidades que podem contribuir para ocorrência de processos erosivos mais intensos e ocorrência de incisões erosivas nessas localidades.

Nos setores R3 as moradias encontram-se no topo e próximas ao topo e a base da encosta e algumas delas no meio encosta, onde a maior parte das moradias despejam água servidas diretamente no corpo d'água nas partes mais baixas a jusante dos taludes conforme a foto da figura 16.

Com relação à cobertura vegetal, verificou-se a presença de espécies arbóreas, herbáceas e bananeiras. A maioria das encostas não possui reforço ou planejamento na construção de moradias, esperando-se, dessa forma, processos de rupturas de aterro e processos erosivos intensos.

Figura 16: Áreas de riscos a erosão alto.



Foto: Roberto Epifânio Lessa, 2019.

As moradias também são de alvenaria, construídas sem técnicas adequadas bem redes de saneamento básico com infraestrutura precárias urbanas precárias.

Há significativas evidências de movimentações, como trincas nas moradias e nos terrenos, construções comprometidas árvores, postes e muros inclinados e degraus de abatimento dessa forma, outros processos correlatos também são esperados, como erosões laminares e rastejo.

Verificou-se a presença de ressurgência de água que, em alguns casos, foi condicionada pelo assoreamento da nascente original e há significativa disposição de resíduos, principalmente entulho, construção civil e demais.

6.4.4. Setores de Riscos R4

Os setores mapeados com grau de risco R4 (muito alto) mostram um elevado número de evidências de instabilidade no terreno, como trincas no solo, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores e/ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamentos, feições erosivas (sulcos, ravinas e voçorocas) e falta de estruturas básicas nas proximidades das moradias com dificuldade de acesso a essas áreas (figura 17).

Figura 17: Área de riscos muito alta a erosão.



Foto: Roberto Epifânio Lessa, 2019.

Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas em ciclos chuvosos que podem vir a causar grandes perdas materiais e também perda de vidas humanas (figura 17).

Os setores identificados como de grau de risco R4 (muito alto) totalizam 1.058 Km², correspondendo a aproximadamente 39% do total da BHM. Maior parte da bacia encontrasse em áreas de riscos à erosão muito alto, estão localizadas nas partes que apresentam as maiores declividades que chegam a variar de 20 a 45%, caracterizadas por contribuir para o aumento dos processos erosivos na bacia.

Os setores mapeados com grau de risco R4, estão assentados nos terrenos mais instáveis, caracterizados pelos depósitos de materiais mais recentes inconsolidados, resultantes do acúmulo de materiais transportados por processos erosivos e por diversos tipos de detritos antropogênicos (ex. lixo e entulho).

Devido à alta fragilidade existente nessas áreas, alguns escorregamentos foram identificados por meio de cicatrizes e, em alguns casos, pelo material mobilizado que atingiu as moradias. Quanto ao relevo, há um predomínio de encostas côncavas com altas declividades e algumas encostas retilíneas abruptas.

As moradias apresentam distanciamentos pequenos ou quase inexistentes, tanto em relação ao topo, quanto em relação à base da encosta e diversos problemas técnicos durante a construção de moradias. Fatores que potencializam o risco, sobretudo, daquelas localizadas na meia ou na base da encosta, pois em geral, é mais frequente a probabilidade de moradias serem atingidas pela movimentação de materiais de montante das encostas.

Com isso ocorre grande probabilidade de desabamento de moradias localizadas na crista da encosta. Além disso, as vias de acesso, em geral, estão pavimentadas, constituídas por ruas, vielas e becos que contribuem para o corte em encosta de maneira inadequada, que causam fortes alterações na geometria

original, assim, colaborando para a mobilização de sedimentos em direção dos fundos de vales encostas abaixo.

A tipologia das moradias consiste em um misto de madeira (em menor quantidade) e de alvenaria com alta densidade de ocupação e com ausência de serviços básicos de infraestrutura.

No caso das moradias de madeira, a maioria apresenta técnicas construtivas inadequadas, desde a fundação até o próprio tipo de madeira que foi utilizado na sua construção (frágeis e de menor rigidez) que não mantiveram a geometria original das encostas, com profundos cortes e aterros sem o devido controle técnico e sem a análise da estabilidade do relevo.

Além disso, há um elevado desgaste natural da madeira presente nessas moradias, provavelmente em função da ausência de manutenção, aumentando a sua vulnerabilidade.

Os sistemas de saneamento básico são precários, pois apresentam vazamento nas tubulações e são lançados diretamente na encosta que, ao longo do tempo, facilitam a saturação do solo. Portanto, a falta de disciplinamento da água superficial resultante do lançamento de esgoto ou de vazamentos, principalmente junto às casas de madeira, é um fator importante para o aumento das estabilizações, podendo ocorrer escorregamentos rasos nas encostas e nos aterros.

Estes setores apresentam muitas evidências de risco em diversas moradias, como trincas, muros, postes e árvores inclinadas, degraus de abatimento (estágio avançados das trincas nas moradias ou nos terrenos) e construções comprometidas

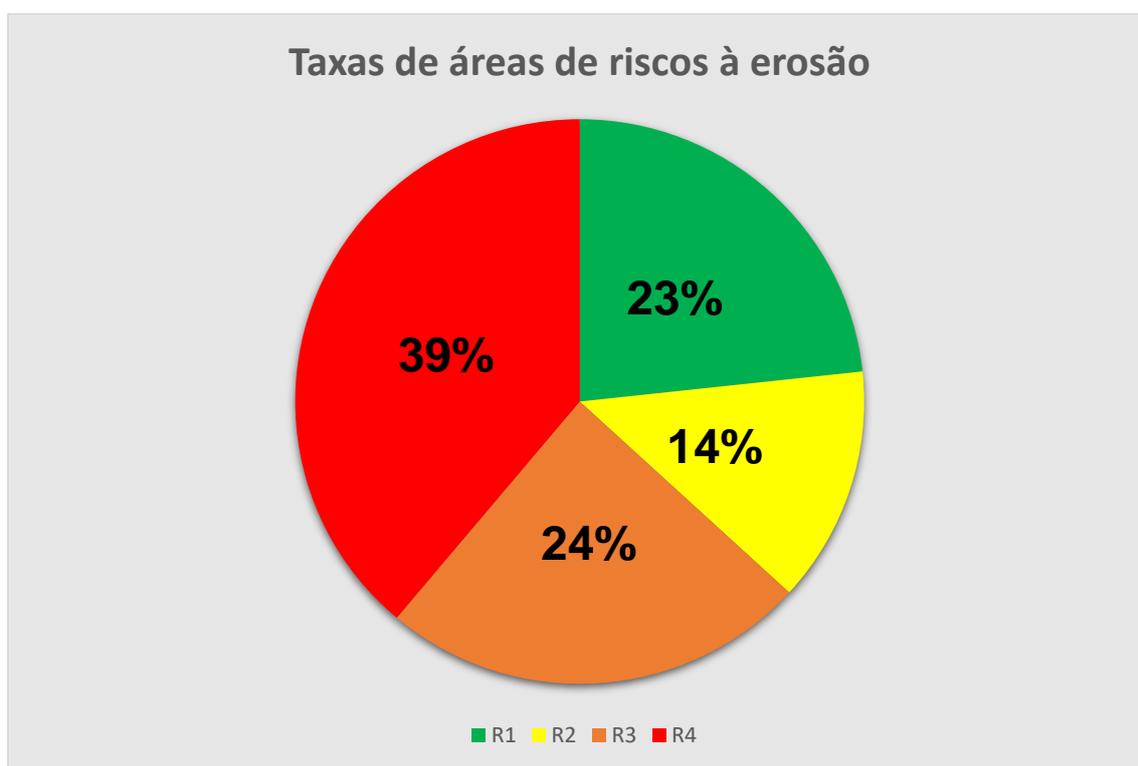
As áreas de riscos à erosão localizadas na BHM, tem uma tendência a aumentar de acordo com o aumento das taxas de declividade do terreno, formas de relevos e uso e ocupação do solo, com relação aos dados presentes do quadro 23, onde o setor de risco R1 (Baixo) apresentou uma área de 0,634Km², R2 (Médio) com 0,368Km² sendo o menor setor, R3 (Alto) com 0,661Km² e R4 com 1,058Km² sendo o setor com maior extensão.

Quadro 23: Total de áreas de riscos a erosão na BHM.

	R1	R2	R3	R4	Total
Total de áreas de Riscos (Km²)	0,634Km ²	0,368Km ²	0,661Km ²	1,058Km ²	2,721Km ²

Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2019.

O gráfico 02 mostra que 39% em R4 da bacia tem áreas que podem ocorrer com maior intensidade processos erosivos e probabilidade de ocorrência de danos causados por incisões erosivas ao longo dessas áreas, seguida de 24% em R3, 23% de áreas de riscos R1 e 14% com R2, contabilizando os 100% da área da bacia.

Gráfico 02: Distribuição de áreas de riscos a erosão na BHM.

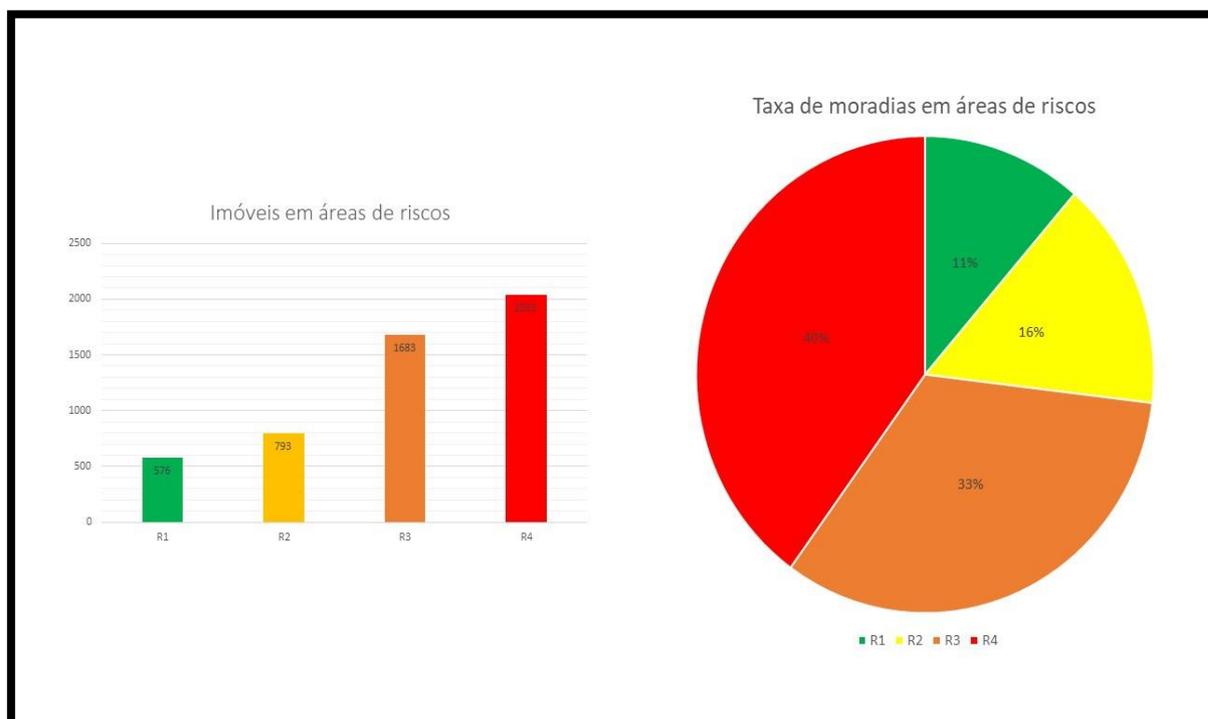
Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2019.

Na bacia também ocorrem áreas sujeitas a inundações, localizadas nas proximidades dos corpos d'água. A população local ocupa as áreas de fundo de vale e planície de inundações dos igarapés, aumentando o grau de risco no local.

6.5. Imóveis em áreas de riscos

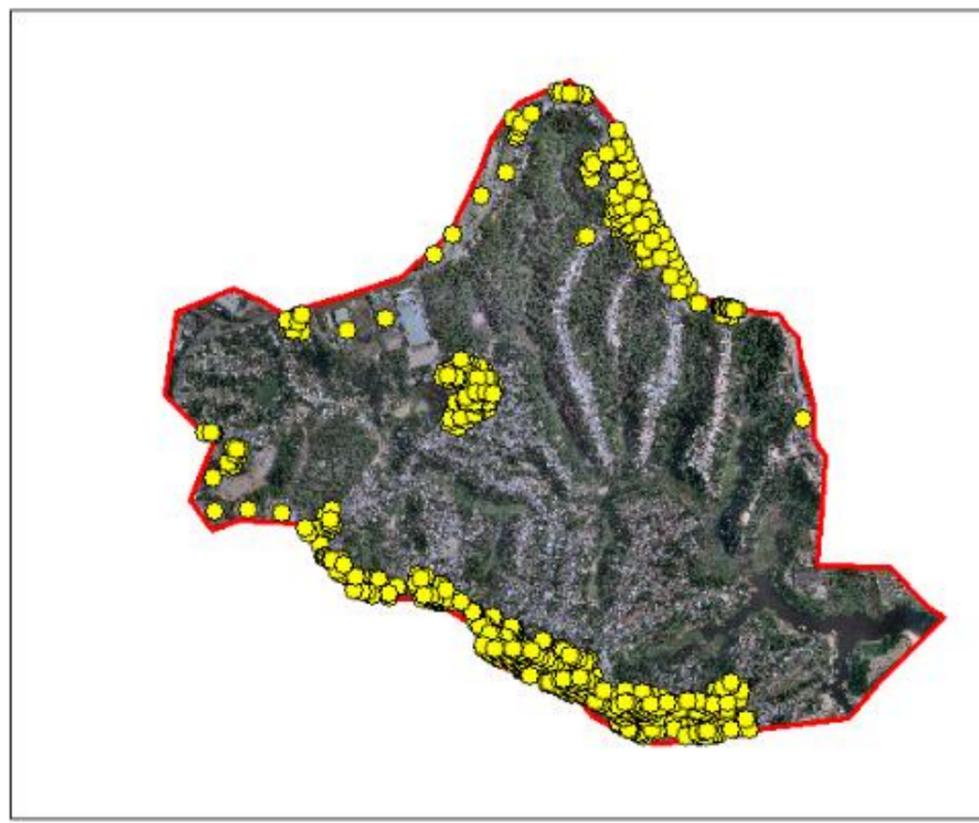
Em relação ao número de imóveis em áreas de riscos, foi constatada que as áreas de riscos nos setores de riscos R4, possui o maior número de imóveis quando comparados com os dados dos outros setores, possuindo 2.035 imóveis com 40% dos imóveis da BHM. O setor de riscos R3 apresentou a quantidade de 1.683 imóveis com 33%, já os setores de riscos R2 possuem 793 imóveis representando 16% e os setores de riscos R1 possuem 576 imóveis equivalente a 11% conforme mostra os dados do gráfico 03, área da bacia tem 5.087 imóveis segundo dados da secretaria municipal de habitação de Manaus.

Gráfico 03: Distribuição de imóveis em setores de riscos à erosão na BHM.

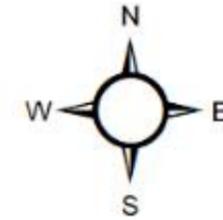


Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2019.

Com base nestes dados foi possível identificar a distribuição dos imóveis por setores de riscos dentro das áreas a bacia conforme mostra a figura 18, onde é possível afirmar que os setores de riscos R4 possui uma densidade maior com ocorrência nas áreas de encostas, já os setores de R3 tem uma ocorrência maior nos topos de platôs acima das encostas, seguidas dos setores de R2 localizados principalmente nas partes mais elevadas da bacia e os setores R1 ocorrem nas áreas próximas dos fundos de vales no interior da bacia.



Imóveis em áreas de riscos



Legenda

 Limites da BHM

Classificação de riscos

-  R1
-  R2
-  R3
-  R4



Sistema de coordenadas Geográficas
Datum: SIRGA S 2000.
Fonte: SEMMA S, 2014 e CPRM, 2014.
Referência: ANA, 2014 e EMPRAPA, 1999
Elaboração: Roberto Epifânio Lessa, 2018.

Com relação ao uso dos imóveis foi identificado 10 usos diferentes com base nas informações obtidas junto a secretaria municipal de habitação, conforme mostra o quadro 24.

Onde os imóveis sem cadastro tem 2.405 com maior ocorrência nos setores de riscos R4 com 1.156, o uso comercial tem 165 imóveis com maior ocorrência nos setores de risco R2 com 116, o uso residencial tem 2.389 imóveis com maior número nos setores de risco R3 com 945 imóveis, de uso industrial foi identificado 19 imóveis sua maior ocorrência estão localizados em setores de risco R2, os usos mistos que são imóveis divididos em residencial e comercial possuem 50 imóveis ocorrendo em maior quantidade nos setores de risco R3.

Imóveis de serviços públicos contabilizam 02, sendo um no setor de risco R2 e outro no R3. Os de prestação de serviços possui 19 imóveis com maior presença no setor de risco R2. O uso para lazer possui 01 imóvel presente no setor de risco R2. Os imóveis sem uso que são aqueles que são abandonados possui 19 imóveis com maior presença nos setores de riscos R2, R3 e R4 cada um com 04 imóveis. O uso religioso possui 24 imóveis com maior ocorrência nos setores de risco R3.

Quadro 24: Classificação do uso de imóveis em áreas de riscos à erosão da BHM.

Usos	R1	R2	R3	R4	Total
Sem cadastro	388	208	653	1156	2405
Comercial	4	116	37	8	165
Residencial	177	421	945	846	2389
Industrial	0	11	6	2	19
Misto	5	13	17	15	50
Serviço publico	0	1	1	0	2
Prestação de serviços	0	13	4	2	19
Lazer	0	1	0	0	1
Sem uso	1	4	4	4	13
Religioso	1	5	16	2	24
total					5087

Org.: Roberto Epifânio Lessa, 2019.

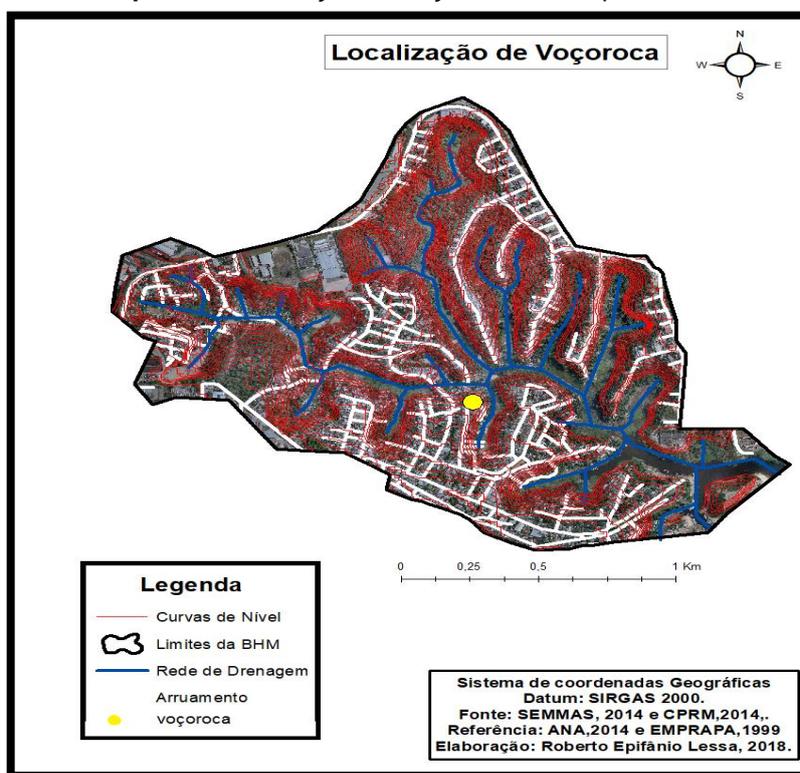
Com base nas informações contidas anteriormente no quadro 24, é possível fazer algumas considerações sobre os serviços urbanos na bacia, que denota uma carência de locais de prestação de serviços e locais de serviços públicos principalmente nos setores de risco R4, que possui o maior número de imóveis que demonstra que essas áreas possuem uma demanda maior demanda de usuários de serviços essenciais.

Outro ponto que merece destaque é que os imóveis de uso comercial, industrial estão localizados em áreas consideradas de riscos médio e baixo, que mostra uma maior valoração dessas áreas que possuem maior estabilidade do relevo, que são localizadas em áreas de platô e topo de encostas.

6.6. Ocorrência de voçoroca na BHM

Na BHM foi identificada uma voçoroca que está representada no mapa da figura 40. A incisão está localizada no final da rua Paraíso com a rua Natal, e a mesma foi originada a partir da intensificação de processos erosivos potencializados pela ação das águas pluviais, principalmente e esgotos domésticos lançado diretamente na encosta (VIEIRA, 1995).

Mapa 19: Localização da voçoroca da rua paraíso.



Fonte: SEMMAS (2014). **Org.:** Roberto Epifânio Lessa, 2018

Figura 19: Voçoroca localizada no final da rua Paraíso. A) Ano de 1995 (VIEIRA, 1995), B) Ano de 2019 (Foto de Roberto Epifânio Lessa, 2019).



Fonte: Vieira (1995). **Org.:** Roberto Epifânio Lessa, 2018

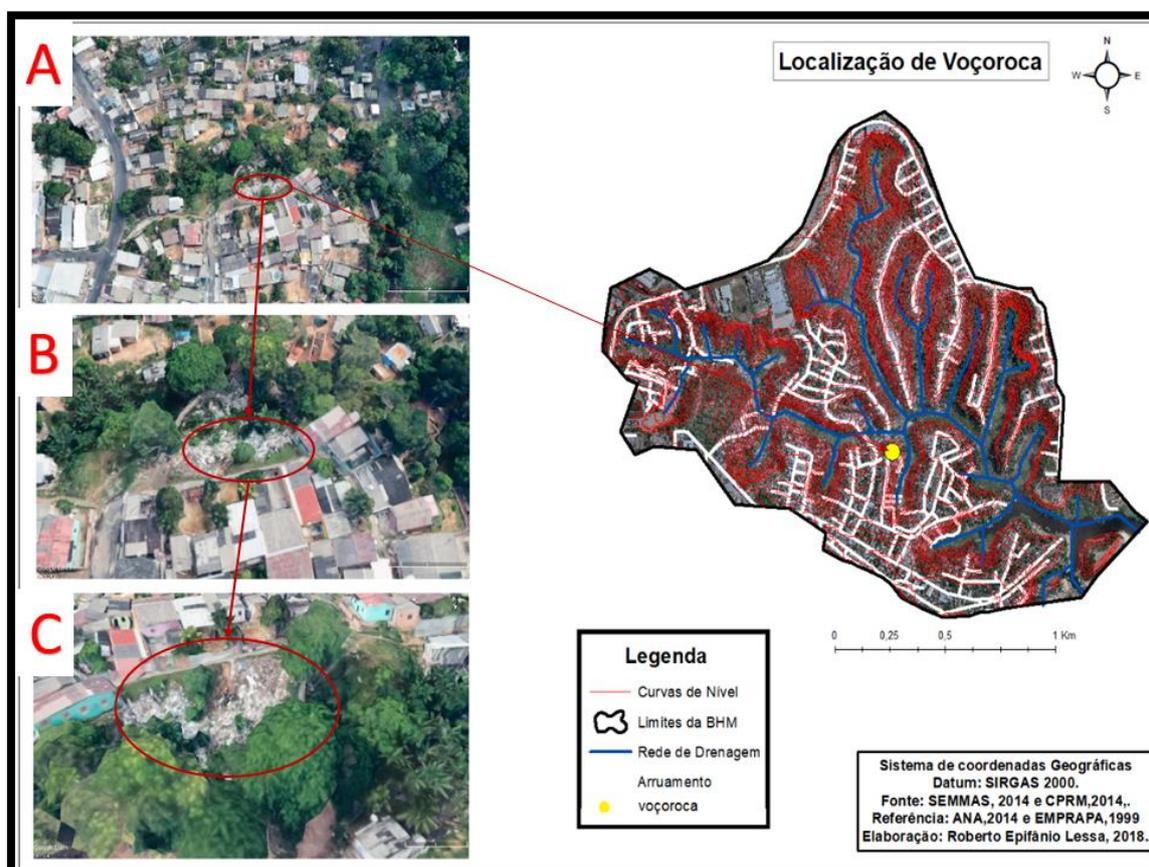
Em 1995 a voçoroca era usada como depósito de lixo pela população residente das proximidades da mesma, com descarte de lixo doméstico como: pedaços de madeira, rejeito de construção, pedaços de árvores conforme mostra a imagem da figura 41A que podem aumentar a força da ação das águas no interior da incisão assim expandindo a ocorrência de sulcos e ravinas nas laterais e interior da voçoroca, contribuindo para o avanço da incisão em direção da encosta.

Na imagem da figura 41B de 2019, mostra a mesma voçoroca que passou por um processo de contenção de erosão, obra realizada pela a prefeitura de Manaus no ano de 2014 por meio da Secretaria Municipal de Infraestrutura (SEMINF), a imagem mostra que a obra, não foi o suficiente para conter os processos atuantes na voçoroca, mostrando que o material de contenção foi rompido e transportado em direção ao fundo a voçoroca, é possível identificar o

despejo de esgoto diretamente na vertente da encosta que contribuiu para o aumento de incisões menores no seu interior.

Foi observado em 2019 que a mesma ainda serve de lixeira para a população residente na área de entorno (figura 41), os resíduos lançados são dentro da voçoroca vem a contribuir com o aceleração de processos no interior da voçoroca potencializando o poder erosivo das águas pluviais. Próximo da área da voçoroca foi construída uma ponte para acesso a áreas na base da encosta onde possui algumas morados na área de deposição da encosta.

Figura 20: Localização da Voçoroca da rua paraíso.



Fonte: Google Earth (2018) e SEMMAS (2014). **Org.:** Roberto Epifânio Lessa, 2018

É possível identificar a ocorrência de bananeiras nas proximidades da incisão esses tipos de vegetação podem aumentar a velocidade de águas pluviais potencializando os danos advindo da força da água no interior da voçoroca uma vez que os caules das bananeiras servem com dutos para a água das chuvas. Na imagem da figura 42 mostra uma visão geral da área da voçoroca e sua localização na área da BHM, imagem da figura 42A mostra que a mesma ocorre

no final da rua paraíso, na borda da encosta é possível identificar a construção de moradias em direção a jusante na base da encosta no fundo do vale, área que possui um grande acúmulo de sedimentos.

Na imagem da figura 42B mostra a visão em direção a jusante mostrando o material movimentado da lateral da voçoroca em direção do fundo do vale e distribuição de vegetação e moradias no vale. A imagem da figura 42C mostra a visão a montante com destaque para área de acúmulo de matéria da voçoroca e a rua paraíso com as setas mostrando áreas que servem com lixeiras.

Nas áreas próximas da voçoroca também foi possível identificar a ocorrência de movimentos de massa de baixa intensidade no entorno da voçoroca com destaque na ocorrência de rastejo evidenciados em presença de rachaduras e fissuras em moradias e no chão, inclinação de árvores e postes localizados no platô nas bordas da incisão.

7. CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa permitem uma melhor compreensão dos processos modificadores do relevo e indutores de áreas de riscos a erosão que são gerados devido às intensas atividades antropogênicas, decorrentes do crescimento urbano acelerado na BHM, mostrando que através dos estudos antropogeomorfológico é possível identificar as principais características do processo de ocupação e as alterações resultantes e que implicaram nas formas de relevo na área da bacia. Outro ponto que merece destaque é que estudos sobre antropogeomorfologia ainda são recentes na região e, principalmente em um grande centro urbano como a cidade de Manaus, cuja temática na pesquisa contribuiu para o entendimento destes processos e como estes modificam as formas de relevo na paisagem e influenciam a vida da população.

A partir da identificação dos aspectos físicos da bacia foi possível entender as características naturais do relevo da área que possibilitou a realização da análise geoambiental capaz de identificar áreas de maior possibilidade de ocorrência de processos erosivos em grande escala.

Na bacia foi identificada valores altos de declividade nas cabeceiras variando de 20 a 45% que favorecem o escoamento superficial, com um formato alongado com baixa tendência de enchentes naturais. Foi constatado a predominância de formas de relevo convexo que aumenta a ocorrência de processos erosivos e também de formas côncavas que estão associadas a ocorrência de movimentos de massa.

A BHM possui uma amplitude altimétrica média de 53 metros, com cerca de 18,90% de suas vertentes com direcionamento para o noroeste, possuindo um relevo bastante acidentado com os vales bem definidos, com vertentes ocupadas que aumenta a sedimentação nas áreas de vales.

Com a identificação dos parâmetros morfométricos oferecem vários tipos de indicadores que podem ser utilizados, para avaliar parâmetros geométricos para compreender os processos hidrogeomorfológicos relacionados com as formas da bacia que mostraram que a bacia é alongada e com baixa tendência

de enchentes naturais com possibilidade de ocorrência de inundações urbanas. Com a identificação dos parâmetros de relevo para o melhor entendimento das dinâmicas que ocorrem nas formas de terreno que influenciam no escoamento superficial e ocorrência de processos erosivos. Os parâmetros de drenagem mostraram que a bacia é classificada como de terceira ordem, com uma drenagem alta que contribui para o aumento de áreas de inundações urbana.

No contexto da ocupação da BHM nos últimos 17 anos foi possível identificar que as áreas urbanizadas tiveram um aumento significativo, já as áreas de vegetação tiveram uma redução ao longo dos anos.

Com relação a formas de ocupação na bacia percebeu-se que o padrão de ocupação se inicia nos platôs e segue em direção das encostas até os fundos de vales com a identificação do padrão de ocupação foi possível em seguida ocorreu a identificação de maior ocorrência de uso de imóveis presentes na bacia com maior fato de 2.404 moradias residenciais e 2.415 sem uso cadastrado.

A ocupação das encostas e de fundo de vale na bacia potencializa o desenvolvimento de condições que geram situações de risco para a população ali estabelecida. Cerca de 39% de toda a área da bacia foi considerada de risco muito alto (R4) com uma ocorrência maior nas encostas ocupadas, com alta possibilidade de ocorrência de processos erosivos com alto potencial de dano, nessa área também foi identificado uma voçoroca de grande porte que passou por uma obra de contenção que teve um rompimento na estrutura que deixa a população local em alerta para a ocorrência de desabamentos.

Os cursos d'água que passam pela BHM têm apresentado uma série de problemas ambientais como assoreamento e poluição hídrica. Por sua vez o solo passa por um processo indiscriminado de uso e ocupação, muitas vezes utilizado como depósito de resíduos sólidos, soma-se as alterações na morfologia das encostas, fatores que comprovam deficiências no processo de planejamento urbano-ambiental.

Os movimentos de massa, que são geralmente ocasionados por condições geológicas, topográficas e ambientais naturais, estão sendo

acelerados devido a uma combinação de condições climáticas e intervenções do homem, importante agente modificador da dinâmica natural do relevo e, por conseguinte, da estabilidade das encostas.

Na bacia em algumas localidades foi possível identificar áreas de ocorrência de movimentos de massa, onde nível de antropização é um fator importante a ser considerado para o entendimento na aceleração desses processos na BHM. A ocorrência de chuvas intensas, prolongadas e concentradas nessas áreas, favorecem o escoamento superficial concentrado que pode carrear muitos materiais, levando inclusive moradias. As intervenções com cortes e taludes para a construção de moradias precárias em encostas que são comuns na área contribuem para o aumento da instabilidade do solo, pois a grande maioria é construída de forma irregular sem nenhum tipo de estudo realizado por um profissional licenciado.

Partindo-se do princípio que as atividades humanas no ambiente natural causam algum tipo de modificação diferentes níveis, esta pesquisa vem assim contribuir para o entendimento de que na BHM se fazem necessárias ações de planejamento urbano e ambiental que visem à ocupação ordenada do solo e a redução de áreas de riscos. Dentre estas ações estão a não permissão de construção em áreas de encosta, bem como a retirada da população que ocupa as margens dos igarapés e os fundos de vale dentro da área da bacia.

Enfim, a utilização de trabalhos de mapeamento das áreas de risco pode auxiliar nas diretrizes de uso da terra e organização territorial do espaço para os mais diversos fins, tais como ocupação urbana, implantação de estradas, definição e usos da terra entre outros, podendo ser usado como base para a criação de um banco de dados que possa ser capaz de identificar os setores que carecem de maior atenção, principalmente durante a ocorrência de eventos chuvas intensas. É importante que as políticas de planejamento ambiental se façam de modo que compatibilize os interesses imediatos e as necessidades futuras do homem individual e coletivamente.

8. REFERENCIAS

AB'SABER, A. **Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo**. Tese (Doutorado em Geomorfologia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1958.

AGUIAR, F. E. O. **As alterações climáticas em Manaus no século XX**. Rio de Janeiro. UFRJ: Instituto de Geociências: Departamento de Geografia, 1995. 182 p.

ALBUQUERQUE, A. R. (Org.) **Contribuições teórico-metodológica da Geografia Física. Manaus-Amazonas**. Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2010. 290p.

ALBUQUERQUE, A. R. da C. e VIEIRA, A. S. G., Erosão dos solos na Amazônia. In: GUERRA, A. J. T, OLIVEIRA JORGE, M. do C. (orgs.). **Degradação dos solos no Brasil**. 1. Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

ALMEIDA, L. Q. de. **Por Uma Ciência Dos Riscos E Vulnerabilidades Na Geografia (Uma Ciência Dos Riscos E Vulnerabilidades À Geografia)**. Mercator, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 83 a 99, nov. 2011. Disponível em: < <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/559> >. Data de acesso: 18 de abril. 2018.

ANDRETTA, E.R. **Características Intrínsecas dos horizontes de Alteração da Formação Alter do Chão, Como Diagnóstico Para Erodibilidade, em Manaus-AM**. Dissertação de Mestrado, Manaus-AM, 2014.

ARCAYA, S.G.CH. (2007). **Avaliação dos fatores condicionantes dos processos erosivos no Distrito federal**. Dissertação de mestrado, Publicação G. DM-156-07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 189p.

BEAUFORT, W. E. **Dados de Clima no Brasil**. São Paulo. Oficina de Textos (2010).

BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 14.ed. São Paulo: Ícone, 2014. 355p.

BERTRAND, G. (1972) **Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico**. São Paulo, Instituto de Geografia USP. 27 p. (Cadernos de Ciências da Terra, 13).

BEZERRA, Sandro Augusto; CANTALICE, José Ramon Barros; CUNHA FILHO, Moacyr and. SOUZA, Wagner Luis da Silva. **Características hidráulicas da erosão em sulcos em um cambissolo do semiárido do Brasil**. Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. 2010, vol.34, n.4, pp.1325-1332.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis-SC: Ed. da UFSC, 2003.

BIGARELLA, J.J.; MAZUCHOWSKI, J.Z. **Visão integrada da problemática da erosão**. In: III Simpósio Nacional de Controle da Erosão, 1985, Curitiba. Anais. Curitiba: ADEA/ABGE, 1985.

CAMPOS, Camila Jorge Moretti. **Avaliação da erodibilidade pelo método Inderbitzen em solo não saturado de Bauru – SP**. Dissertação de mestrado Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru-SP, 2014. 153p.

CASTRO, C. M. & PEIXOTO, M.N. O. & RIO, G. A. P. **Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas**. UERJ, Departamento de Geografia Faculdade de Formação de Professores. Caderno de artigos do DGFFP. 2005. Rio de Janeiro. 1-20p.

CERRI, L. E. S. **Riscos Geológicos**. In: OLIVEIRA, A. M. S. & BRITO, S. N. A.. Geologia de Engenharia. São Paulo, ABGE, 1998.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A.J. T. & CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 13^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard BlucherLtda, 1980, 2ª. Ed. 188p.

COLANGELO, A. C. **Metodologia Em Geografia Física: Ciência, Tecnologia E Geomorfologia Experimental**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 11, p. 47-56, nov. 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53717/57680>>. Acesso em: 16 apr. 2018.

COSTA, Fernando Rodrigues; SOUZA, José Carlos. **Geomorfologia Antrópica e movimentos de massa na construção da GO-132**. Revista Mirante, Anápolis-GO, V.8,n.1, Junho de 2015.

CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Dados Climático da Cidade de Manaus**, Manaus-AM, 2014.

CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Relatório de áreas de Riscos da Cidade de Manaus**. Manaus-AM, 2012.

CUNHA, S. B. **Gestão Sustentável de Unidade de Conservação: Caso da APA Estadual do Rio Pandeiros, Minas Gerais**. Anais. Belo Horizonte MG, 2009.

DAEMON R.F. **Contribuição à datação da Formação Alter do Chão, Bacia do Amazonas**. Rev. Bras. Geociências. 1975, 17:382-403.

DAGNINO, R. & CARPI JÚNIOR, S. **Mapeamento participativo de riscos ambientais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas - Campinas, SP. In: Encontro da Associação Nacional de pós-graduação em Pesquisa Ambiente e Sociedade**. 2006, Brasília. Anais, 16 p. Disponível em <http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro3/arquivos/TA157-06032006-105325.PDF>.

DAGNINO, R.; CARPI JUNIOR, S. **Risco ambiental: conceitos e aplicações**. In: **CLIMEP: Climatologia e estudos da paisagem**, v. 2, p. 50-87, 2007.

DERISIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4. Ed- São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 223p.

DIAS, R. **Riscos Geológicos e Riscos Urbanos**. Portugal, Lisboa. LNEG- Laboratório Nacional de Energia e Geologia, caderno de geologia. 2010 p. 1-18.

DINO R., SILVA O.B., ABRAHÃO D. **Caracterização palinológica e estratigráfica de estratos cretáceos da Formação Alter do Chão, Bacia do Amazonas**. In: Simp. Cretáceo do Brasil, 5, Rio Claro, 1999. Boletim de resumos. Rio Claro, p.557-565.

DUARTE, C. C. **Geomorfologia e ambiente urbano**. Rio de Janeiro: Oficina de textos. 2010.

EMBRAPA, 1997. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro, 1997. 2ª ed., 212 p.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999.

FOTA FILHO, A. B. **Análise da vulnerabilidade erosiva da Bacia Hidrográfica Colônia Antônio Aleixo, Manaus-AM. 2016**. 195 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

GOUDIE A. e VILES H. (2003) - **The Earth Transformed. An Introduction to Human Impacts on the Environment**. Blackwell, Oxford.

GOUDIE, A. e VILES, C. (1994).**The Human Impact on the Natural Environment**.The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 4th ed.

GOUDIE, A. S.; VILES, H. A.**The Earth transformed: an introduction to human im-pacts on the environment**. Oxford: Blackwell, 1999.

GOUDIE, A.**The changing Earth: rates of geomorphological processes**. Oxford: Blackwell Publishers, 1995.

GUERRA, A. J. T. & JORGE, M. C. O (Org.). **Processos erosivos de áreas degradadas**: São Paulo. Oficina de Texto, 2013. 192p.

GUERRA, A. J. T. & JORGE, M.C.O. **Degradação de Solos no Brasil**. 1ª edição: Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. 320 p.

GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.280p.

GUERRA, A. J. T; MARÇAL, M. S (Org.). **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2006. 260 p.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico** – Riode Janeiro: Bertrand Brasil, 1997, p. 652.

GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**.Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 13ª ed. 2015.

HACK, J. T. **Interpretation of erosional topography in humid temperate regions**. American Journal of Science, v. 258-A, p. 80-97, 1960.

HORBE A.M.C., VIEIRA L.C., NOGUEIRA A.C.R. 2006. **Geoquímica de camadas vermelhas bioturbadas da Formação Alter do Chão, Cretáceo da bacia do Amazonas**. Revista Brasileira de Geociências., 36:13-20.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins Hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol Soc Am Bull**. 56:275–370 (1945) **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v. 11, n. 128. p. 55-69, ago. 1985.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acessado em: 22/10/2017.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Relatório de Aglomerados Subnormais do Brasil**, 2011. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acessado em 12/08/2017.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados climáticos de Manaus-AM.** (1984 – 2014). Disponível em: www.inmet.gov.br. Acessado em: 15/09/2017.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo/CPEPD. **Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco de Escorregamento, Enchentes e Inundações.** Brasília: Ministério das Cidades. 2004. 222p.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo/CPEPD. **Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco.** Brasília: Ministério das Cidades. 2007. 222p. 104.

JATOBÁ, Lucivânio. **Os processos geomorfológicos e a formação de paisagens.** FABEJA – Belo Jardim –PE. Departamento de Geografia - Dr.

JONAL DO COMÉRCIO. **História dos bairros de Manaus.** Manaus, Amazonas.2005.

JORGE, M.C.O. **Geomorfologia Urbana: Conceitos, Metodologias e Teorias.** In GUERRA, A.J.T. Geomorfologia Urbana. (org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.280p.

KIRKBY, M.J.; BRACKEN, L.J. **Gully processes and gully dynamics. Earth Surface Processes and Landforms, Amsterdam,v.34, p.1841-1851, 2009.**

KÖEPPEN, W. **Climatologia:** con um estúdio de los climas de la Tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

LACERDA, H. **Notas em Geomorfologia.** Encontro Regional de Geografia EREGEO, 9, Anais, Porto Nacional (TO). 2005, 10p.

LEMOS, L. S. M. **Áreas de risco nas bacias hidrográficas urbanizadas de Manaus.** 2016. 264 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

LEMOS, L. S. M; COSTA, R. C. **A cidade como espaço do risco: estudo em bacias hidrográficas de Manaus, Amazonas – BR.** Revista Geonorte, Edição Especial, v.1, n.4, p. 318–330, 2012.

MANGUEIRA, C. G. **Proposta de Classificação do nível de criticidade dos processos erosivos da região noroeste do Paraná.** Dissertação de mestrado- Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2017.

MANGUEIRA, C.G.M.; GOUDART, G.; SANTOS, L.J.C. **Evolução do Processo Erosivo e Erosividade das Chivas no noroeste do Paraná.** In: XI Simpósio Brasileiro de Geomorfologia, 2016, Maringá. Anais. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2016.

MARQUES, J. S. **Ciência Geomorfológica.** In GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (Org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 13^o ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

MARSH G.P. (1864) - **Man and Nature, or Physical Geography as Modified by Human Action.** New York. Reprinted in 2003. Washington University Press, Seattle, WA. 512 pp.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. **Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da geomorfologia antropogênica na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo.** Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-31012011-123012/pt-br.php>>.

MOSCA, A.A.O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando à identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas.** 2003. 96f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Piracicaba, SP, 2003.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Climatologia da Região Norte. 2ª edição. Rio de Janeiro: IBGE – Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. p. 363-392

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Climatologia da Região Norte. 2ª edição. Rio de Janeiro: IBGE – Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. P. 363-392. Diversidade de Paisagens. Belo Horizonte: UFMG, 2008. V. 1.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to Anthropic Geomorphology**. Boston: Reidel/Jerusalem: KeterPublishingHouse, 1983.

NOGUEIRA, A.C.R.; VIEIRA, L.C.; SUGUIO, K. **Paleossolos da Formação Alter do Chão, Cretáceo-Terciário da Bacia do Amazonas, regiões de Presidente Figueiredo e Manaus**. In V SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL. Serra Negra, v. 1, p. 261-266. 1999.

PASCHOAL, L. G. **Dinâmica do uso e ocupação da terra em área de mineração de argila: o caso da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes/SP**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2010.

PASCHOAL, L. G.; CUNHA, C. M. L.; C, F. T. da. **A Cartografia Geomorfológica como Subsídio para a Análise do Relevo Antropogênico em Área de Mineração**. In: Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 13, 2012, p. 379-391.

REBELO, F. **Riscos Geomorfológicos**. Coimbra: Minerva-Portugal, 2010.

REBELO, F. **Uma experiência europeia em riscos naturais**. Coimbra: Minerva-Portugal, Anais. Encontro Nacional De Riscos Ambientais (ENRA), 2003.

ROCHA, W.V. **Mapeamento geoambiental da área urbana de Manaus-AM**. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil - Universidade de Brasília, 2006.

RODRIGUES, C. e MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. **Importância do fator antrópico na redefinição de processos geomorfológicos e riscos associados em áreas urbanizadas do meio tropical úmido. Exemplos da Grande São Paulo.** In: GUERRA, A. J. T. e JORGE. JORGE, M. C. O (Org). Processos erosivos de áreas degradadas: São Paulo. Oficina de Texto, 2013. 192p.

RODRIGUES, C. **A urbanização da metrópole sob a perspectiva da geomorfologia: tributo a leituras geográficas.** In: CARLOS, A. F. A.; OLIVEIRA, A. U. D. Geografias de São Paulo: representação e crise da metrópole. São Paulo: Contexto, 2004. p. 89-114.

RODRIGUES, C. **Atributos ambientais no ordenamento territorial urbano: o exemplo das planícies fluviais na metrópole de São Paulo.** Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 2, p. 325-348, ago. 2015.

RODRIGUES, C. **Avaliação do impacto humano da urbanização em Sistemas hidro-geomorfológicos. Desenvolvimento e aplicação de metodologia na grande São Paulo.** Revista do Departamento de Geografia (USP), 2004 São Paulo 111-125p.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento ambiental.** 8ªed. 3ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2010.

RÓZSA P. (2006) SZABÓ J. & DÁVID L. (eds.), **Antropogéngemorfológia (Anthropogeomorphology.** Kossuth EgyetemiKiadó, Debrecen, 291-313.

SANTANA, C. L. **Geomorfologia da planície fluvial do rio Ribeira de Iguape en-tre Sete Barras e Eldorado (SP): subsídios ao planejamento físico-territorial de áreas inundáveis.** Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SANTOS FILHO, R.D. **Antropogeomorfologia Urbana.** In: GUERRA, A. J. T (Org.). Geomorfologia urbana. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro: 2011.

SANTOS JÚNIOR, E. V. da C. **Identificação e Análise Geoambiental de Processos Erosivos em uma Porção da Área Urbana De Manaus - Am** (Bairros Cidade Nova E Mauazinho), 2002. 172p. (Dissertação de Mestrado).

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy. *Bull. Geol. Soc. America*. 67:597-646, 1956.

SHERLOCK R.L. (1922) - **Man as a Geological Agent - an Account of his Action on Inanimate Nature**. H.F. and G. Withersby, London, 372 pp.

SILVA, P.V. **Mapeamento Geológico do Amazonas, Simpósio Brasileiro de Geologia Anais**, Manaus-AM, 2005.

SIOLI, H. **Amazônia: Fundamentos de ecologia da maior região de florestas tropicais**. Petrópolis, Vozes, 1985.

SOTCHAVA, V. B. (1977) **O estudo de Geossistemas**. São Paulo, Instituto de Geografia USP. 51 p. (Métodos em Questão, 16).

SOUZA, N. da C. **Geotecnologias na análise de suscetibilidade e riscos de processos erosivos em áreas do entorno de linhas férreas estudo de caso: malha Paulista-SP (Bacia do Tietê)**. Dissertação de mestrado Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transporte. São Paulo, 2015. 155p.

SOUZA, N. da C.; PITOMBO, C.; CUNHA, A. L.; LAROCCA, A. P. C.; ALMEIDA FILHO, G. S. de. **Modelo de classificação de processos erosivos lineares ao longo de ferrovias através de algoritmo de árvore de decisão e geotecnologias**. BCG Boletim de Ciências Geodésicas, v.23, n.1, 15p, 2017.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. *Geol. Soc. America Bulletin*. 63:1117-1142, 1952.

SZABÓ, J; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Ed.) **Anthropogenic geomorphology: a guide to man-made landforms**. Dordrecht/Heidelberg/London/New York: Springer, 2010.

TEIXEIRA, A.J.A., CRUZ, C.B.M. Classificação de bacias de drenagem com o suporte do sensoriamento remoto e geoprocessamento - o caso da Baía de Guanabara. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, Goiânia, 2005. Anais XII SBSR, p. 2779-2786.2005.

TEODORO, V. L. I; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**. n. 20, p. 137-155, 2007.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas Guanhães - MG. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v. 30, n. 5, p.849-857, 2006.

VEIGA, A.M.; SANTOS, C.C.P.; CARDOSO, M.R.D.; LINO, N.C. Caracterização hidromorfológica da bacia do rio Meia Ponte. **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 46, p. 126-138, 2013.

VEYRET, Y. **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**, São Paulo: Contexto 2007.

VIEIRA, A. F.G; ALBUQUERQUE, A. R. da C. **Cadastramento de voçorocas e análise do risco erosivo em estradas: BR -174 (trecho Manaus-Presidente Figueiredo)**. In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia. Santa Maria: UFSM, 2004.

VIEIRA, A.F.G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): Principais fatores controladores de impactos urbano-ambientais**. Tese de doutorado. Florianópolis: UFSC, 2008. 310p.

VITTE, A. **Breves considerações sobre a história da geomorfologia geográfica no Brasil** /Brief observations on the history of geographical geomorphology in Brazil. Geo UERJ. (2015). 1. 10.12957/geouerj.2015.1445.

VITTE, A. C.; SPRINGER, K. S. **A Ciência Humboldtiana: Relações Entre A Sensibilidade E A Mensuração Na Gênese Da Geografia Física.** Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 21, p. 167-177, July 2011. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47236>>. Acesso em: 16 apr. 2018.

VITTE, A.C.; GUERRA, A. J.T. (Org.) **Reflexões sobre a Geografia física no Brasil.** 7. Ed.- Rio Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

XAVIER DA SILVA, J. **Geoprocessamento para a Análise Ambiental.** 1. ed. Rio de Janeiro: D5 Produção Gráfica, 2001. Disponível em: <http://www.lageop.ufrj.br/>.

Z.H. Shi, N.F. Fang. **Soil erosion processes and sediment sorting associated with transport mechanisms on steep slopes.** Journal of Hydrology, Volumes 454–455, 6 August 2012, Pages 123 – 130.