



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

**VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL RELACIONADA À  
ENCHENTE E VOÇOROCAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA BOA  
VISTA (MANAUS - AM)**

**SULIANE COSTA LEITÃO**

**MANAUS  
2018**

**SULIANE COSTA LEITÃO**

**VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL RELACIONADA À  
ENCHENTE E VOÇOROCAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA BOA  
VISTA (MANAUS - AM)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas, Área de concentração Amazônia: Território e Ambiente. Linha de pesquisa: Domínios da Natureza na Amazônia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

**Orientador:** Prof. Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

**MANAUS  
2018**

## Ficha Catalográfica

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

L533v      Leitão, Suliane Costa  
Vulnerabilidade socioambiental relacionada à enchente e  
voçorocamento na bacia hidrográfica boa vista (Manaus - AM)  
/ Suliane Costa Leitão. 2018  
111 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira  
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do  
Amazonas.

1. Vulnerabilidade Socioambiental. 2. Voçorocamento. 3.  
Enchente. 4. Bacia Hidrográfica. I. Vieira, 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



## **PORTARIA Nº 014/ 2018**

**O COORDENADOR DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS,** usando de suas atribuições estatutárias, e

**CONSIDERANDO** o documento oficializado junto à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia, no que concerne à composição de Banca Examinadora de Defesa Pública de Mestrado,

**CONSIDERANDO** o que dispõe o Artigo 10 Resolução Nº 033/2014-CONSEPE, de 30 de setembro de 2014,

### **RESOLVE:**

**CONSTITUIR** com os(as) doutores(as) abaixo nominados(as), a Banca Examinadora de Defesa Pública de Dissertação de Mestrado do(a) discente **SULIANE COSTA LEITÃO**, do Programa de Pós-Graduação em Geografia, a qual ocorrerá no dia **02 de Julho de 2018, às 14h00, na Sala de Audiovisual do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Amazonas:**

#### **Presidente:**

- Professor(a) Doutor(a) **ANTONIO FÁBIO SABBÁ GUIMARÃES VIEIRA**  
PPGEOG/UFAM

#### **Membros Titulares:**

- Prof(a) Dr(a) **NELIANE DE SOUSA ALVES**  
UEA/MANAUAS  
- Prof(a) Dr(a) **NATACHA CÍNTIA REGINA ALEIXO**  
PPGEOG/UFAM

#### **Membros Suplentes:**

- Prof(a) Dr(a) **JOÃO CÂNDIDO ANDRÉ DA SILVA NETO**  
PPGEOG/UFAM  
- Prof(a) Dr(a) **MÍRCIA RIBEIRO FORTES**  
PPGEOG/UFAM

Dê-se ciência e cumpra-se.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, em Manaus/AM, 21 de Junho de 2018**



  
**Prof. Dr. Ricardo José Batista Nogueira**  
**Coordenador**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, meu guia em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis.

À minha mãe Semara Leitão, minha inspiração e ao meu pai, Carlos Leitão, meu companheiro de trabalhos de campo. Obrigada pelo apoio e dedicação, por me dar forças quando eu parecia não aguentar mais e segurar as pontas quando eu precisava me dedicar aos estudos. Amo vocês!

Às minhas irmãs Luziane que mesmo de longe me apoia, e Luciane pela convivência e conversas. Vocês são incríveis.

Ao grupo “viagem”, Jaqueline, Carol e Mauricio, pelo incentivo, pelos passeios para desestressar e pela melhor viagem. Meu agradecimento especial para minha amiga Jaqueline, por todo companheirismo de 7 anos de amizade (?). Seus conselhos foram fundamentais em todo esse processo.

Aos amigos Ana Carolina, Wanderson e Hendrea, companheiros de curso que levei para a vida. Sou grata pelas risadas, conversas e muitos lanches que compartilhamos.

Aos companheiros dos dias na UFAM e almoços no r.u.: Ana Jacqueline “meu anjo”, Gabis, Fernando e Thiago. Vocês também são parte disso.

Ao professor Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira, por me receber na metade desta trajetória permitindo meu retorno para “debaixo de suas asas”. Meu muito obrigada pela orientação, paciência e cobranças em forma de incentivos.

A todos os professores do PPGEQG, em especial às Prof(as) Dr(as) Amélia Regina Batista Nogueira, Adorea Rebello da Cunha Albuquerque, Natacha Regina Cíntia Aleixo e Mircia Ribeiro Fortes. Além de profissionais exemplares, mulheres incríveis que tem toda a minha admiração.

Aos colegas de mestrado, pelo incentivo durante as disciplinas, em especial as minhas amigas Ulliane e Alice, companheiras desde a graduação até esta nova etapa, foi bom ter vocês ao meu lado compartilhando as alegrias e frustrações. Até a próxima aventura.

Ao colega Igor Amorim e ao Prof. Rogério Marinho pela extrema paciência e tranquilidade ao me auxiliar na elaboração dos mapas.

À banca de qualificação composta pelas Prof(as) Dr(as) Neliane de Sousa Alves e Natacha Regina Cíntia Aleixo, que possibilitaram o melhor desenvolvimento deste estudo.

À Dona Graça Luzeiro, por todos os esclarecimentos referentes a documentação e prazos.

À CAPES pela bolsa concedida que auxiliou no andamento da pesquisa.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Muito obrigada!

*"É preciso lembrar que ninguém escolhe o ventre, a localização geográfica,  
a condição socioeconômica e a condição sociocultural para nascer.  
Nasce onde o acaso determinar, por isso, temos que cuidar de todos  
aqueles que estão em todos os recantos deste país."*

**Aziz Ab'Saber**

## RESUMO

A importância das bacias hidrográficas no contexto urbano de Manaus – AM, teve mudanças marcadas historicamente. O surgimento e ampliação de problemas ambientais são reflexos do mau planejamento urbano. Neste sentido, a seguinte pesquisa tem como objetivo analisar a vulnerabilidade socioambiental na Bacia Hidrográfica Boa Vista – BHBV, relacionada a enchentes e voçorocamentos. Para se alcançar o objeto principal foram delimitados objetivos específicos, são estes: o mapeamento das formas de uso e ocupação do solo na BHBV; Identificação das áreas afetadas por voçorocamento; Descrição das áreas com ocorrência de enchente; e Caracterização dos aspectos morfométricos da bacia. Na primeira etapa da pesquisa foi realizado o levantamento de dados, consultas a documentos de órgãos públicos e bibliografias pertinentes ao tema. As áreas afetadas por voçorocamento foram identificadas por meio de imagens de satélite recém processadas com auxílio do ArcGIS 10.3.1. Na descrição das áreas com ocorrência de enchente foram considerados os dados de cheias no período de 2008 a 2017 junto à caracterização das morfologias dominantes da BHBV. Os aspectos morfométricos foram delimitados por meio de geoprocessamento. Em todas as etapas foi realizada a análise qualitativa dos parâmetros (declividade, altimetria e uso do solo) e sua correlação em ambiente SIG. Por fim, foram realizados trabalhos de campo para reconhecimento da área e comprovação dos dados pré-identificados. Com base nestes dados foi elaborado em ambiente de SIG o mapa de vulnerabilidade socioambiental à enchente e à voçorocamento. A Bacia Hidrográfica Boa Vista, mantém suas margens parcialmente preservadas existindo áreas com diferentes usos e funcionalidades, voltados para o lazer (balneários e flutuantes). Foram identificados 07 incisões erosivas do tipo voçoroca e delimitados alguns pontos vulneráveis ao processo de enchente. A declividade e altimetria da área são favoráveis ao desenvolvimento de processos erosivos, que ocorrem nas áreas com declividade acima de 45% e nas altitudes entre 75 a 101 m. As áreas atingidas pelas enchentes são as planícies de inundação inseridas na cota de 30m, nestes locais existem além de fábricas e comércios, estruturas direcionadas a moradia. A distribuição destes processos mostrou ter relação direta com estrutura urbana local. A ocupação dessas áreas continua sendo intensificada com o passar dos anos, exigindo um planejamento para o desenvolvimento do espaço urbano da cidade e aplicação de medidas mitigadoras que previnam o surgimento e agravamento de eventos futuros.

**Palavras-chave:** Vulnerabilidade Socioambiental; Voçorocamento; Enchente.

## ABSTRACT

The importance of the watershed in the urban context of Manaus - AM, had historical changes. The emergence and amplification of environmental problems are a reflection of poor urban planning. In this sense, the following research has the objective of analyzing the social and environmental vulnerability in Boa Vista watershed, related to floods and voçorocamentos. In order to reach the main objective, specific objectives have been defined. These are: mapping of land use and occupation in watershed; Identification of areas affected by voçorocamento; Description of areas with flood occurrence; and Characterization of the morphometric aspects of the basin. In the first stage of the research was carried out the data collection, consultations to documents of public agencies and bibliographies pertinent to the theme. Areas affected by voçorocamento were identified using newly processed satellite images with the help of ArcGIS 10.3.1. In the description of the areas with flood occurrence, the flood data from 2008 to 2017 were considered together with the characterization of the dominant BHBV morphologies. The morphometric aspects were delimited by means of geoprocessing. In all stages, the qualitative analysis of the parameters (slope, altimetry and soil use) and its correlation in the SIG environment were performed. Finally, fieldwork was carried out to recognize the area and to prove the pre-identified data. Based on these data was elaborate in SIG's environment the map of socioenvironmental vulnerability to flood and to the voçorocamento. The Boa Vista watershed maintains its banks partially preserved, with areas with different uses and functionalities, geared towards leisure (bathing and floating). There were identified 07 erosive incisions of the voçoroca type and delimited some vulnerable points to the flood process. The slope and altimetry of the area are favorable to the development of erosive processes, which occur in areas with slopes above 45% and at altitudes between 75 and 101 m. The areas affected by the floods are the flood plains inserted in the 30m height, in these places there are in addition to factories and trades, structures directed to housing. The distribution of these processes showed a direct relation to the local urban structure. The occupation of these areas continues to intensify over the years, requiring planning for the development of the urban space of the city and application of measures that prevent the appearance and aggravation of future events.

**Palavras-chave:** Socioenvironmental Vulnerability; Voçorocamento; flood

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: mapa de localização da Bacia Hidrográfica Boa Vista. ....	20
Figura 2: bairro Jorge Teixeira .....	24
Figura 3: bairro Distrito Industrial II .....	25
Figura 4: bairro Puraquequara .....	27
Figura 5: perfil esquemático do processo de enchente e inundação.....	43
Figura 6: Hidrograma de bacia rural e depois de urbanizada.....	44
Figura 7: Fluxograma: procedimentos metodológicos para desenvolvimento da pesquisa.....	45
Figura 8: mapa de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica Boa Vista. ....	57
Figura 9: cobertura vegetal de Manaus.....	58
Figura 10: vegetação localizada nas proximidades de uma das incisões erosivas na Avenida Itaúba, Jorge Teixeira II.....	59
Figura 11: mapa de declividade da Bacia Hidrográfica Boa Vista. ....	61
Figura 12: mapa hipsométrico da Bacia Hidrográfica Boa Vista.....	63
Figura 13: tracejado vermelho destacando ponto de alagamento; setas amarelas indicam a presença de entulho.....	66
Figura 14: A) setas azuis indicam a direção de fluxo dos efluentes; B) e C) linhas tracejadas amarelas indicam a borda da voçoroca. A elipse vermelha está sobre o sistema de drenagem residencial.....	68
Figura 15: A) linha tracejada indicando o limite entre a residência e a borda da feição erosiva, círculo vermelho destacando a placa de área de risco instalada pela Defesa Civil; B) placa instalada pela Defesa Civil; C) e D) setas vermelhas indicam depósito de resíduos sólido nas paredes e fundo da incisão erosiva. ....	69
Figura 16: A) linha amarela tracejada indica a borda da incisão erosiva. Elipses vermelhas destacam encanamentos responsáveis pelo lançamento de efluentes domésticos; B) setas vermelhas indicam resíduos sólidos depositados na erosão. Setas vermelhas apontam a presença de bananeiras. ....	70
Figura 17: A) setas vermelhas indicam a direção do escoamento pluvial; B) linha tracejada amarela indicando as bordas da incisão erosiva. ....	71
Figura 18: elipses vermelhas indicam encanamentos responsáveis pelo lançamento de efluentes domésticos. Linha tracejada amarela destaca a forma da feição erosiva. ....	72

Figura 19: A) e B) linhas tracejadas amarelas indicam os pontos de expansão da erosão que começa a atingir o asfalto. C) setas vermelhas apontam a direção do escoamento urbano. D) setas vermelhas destacam rachaduras encontradas em residência instalada nas proximidades da incisão erosiva. ....	73
Figura 20: linha tracejada amarela indica a borda da incisão erosiva. Elipses e setas vermelhas dão destaque a encanamentos integrantes do sistema de drenagem urbano e residencial. ....	74
Figura 21: nível da maior enchente e maior seca registradas no rio Negro. ....	77
Figura 22: A) vegetação presente no bairro Puraquequara; B) vegetação nas margens da BHBV.....	80
Figura 23: tipos de estruturas residenciais encontradas no perímetro atingido por enchentes/inundações da BHBV; A) casas de alvenaria e com estrutura palafítica; B) e C) casas de alvenaria; D) flutuantes localizados na bacia. ....	82
Figura 24: A) e B) fábricas instaladas no perímetro da BHBV. ....	82
Figura 25: A) balneário instalado na foz da BHBV; B) hotel localizado no perímetro da bacia.....	83
Figura 26: A) setas vermelhas indicam ponto em que o asfalto está cedendo; B) linhas amarelas tracejadas destacam sacos com areia e pneus usados para conter a ação das águas; C) linhas amarelas tracejadas destacam a presença de lixo na margem da bacia. Setas vermelhas apontam para cano utilizado no despejo de resíduos em direção a bacia; D) resíduos descartados próximos a bacia. ....	84
Figura 27: Hierarquia dos canais da BHBV .....	86
Figura 28: curva hipsométrica da BHBV .....	91
Figura 29: Mapa de vulnerabilidade a voçorocamento na bacia hidrográfica Boa Vista .....	95
Figura 30: Mapa de vulnerabilidade à enchente na bacia hidrográfica Boa Vista .....	97

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Diferentes considerações a respeito do conceito de paisagem de acordo com as escolas geográficas. ....	36
Quadro 2: diferentes formas de voçoroca .....	42
Quadro 3: vulnerabilidade das classes de declividade.....	54
Quadro 4: vulnerabilidade das classes do uso e ocupação do solo .....	54
Quadro 5: vulnerabilidade das classes hipsométricas.....	54
Quadro 6: Graus de vulnerabilidade à voçorocamento .....	55
Quadro 7: graus de vulnerabilidade à enchente na BHBV .....	55
Quadro 8: classificação de declividade EMBRAPA.....	59
Quadro 9: graus de susceptibilidade erosiva associada a declividade.....	60
Quadro 10: distribuição das classes de declividade na BHBV .....	60
Quadro 11: classes hipsométricas da BHBV.....	62
Quadro 12: Variação percentual do total de municípios com ruas pavimentadas na área urbana, segundo as Grandes Regiões - 2000/2008.....	65
Quadro 13: níveis de cheia do rio Negro.....	76
Quadro 14: cotas máximas e mínimas do rio Negro dos últimos 10 anos.....	78
Quadro 16: dados referentes ao tamanho dos canais de cada ordem da BHBV .....	85
Quadro 17: quantidade de canais de cada ordem e relação de bifurcação (Rb).....	87
Quadro 18: relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem da BHBV. ....	88
Quadro 19: relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (Rlb) da BHBV. ....	88
Quadro 20: classificação dos valores da extensão do percurso superficial .....	89
Quadro 21: porcentagem da área de acordo com as classes hipsométricas da BHBV. ....	91
Quadro 22: classificação do índice de rugosidade e sua relação com a forma de relevo da BHBV .....	92
Quadro 23: parâmetros morfométricos da BHBV .....	93

## **LISTA DE SIGLAS**

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

BHBV – Bacia Hidrográfica Boa Vista

SIG – Sistema de Informações Geográficas

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ZFM – Zona Franca de Manaus

IBGE – Instituto brasileiro de Geografia e Estatística

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

AM - Amazonas

UFAM – Universidade Federal do Amazonas

ONU – Organização das Nações Unidas

UNISDR - The United Nations Office for Disaster Risk Reduction

SUFRAMA - Superintendência da Zona Franca de Manaus

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>1. ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>19</b>
<b>1.1. LOCALIZAÇÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>1.2. ASPECTOS NATURAIS</b> .....	<b>19</b>
1.2.1. Geologia .....	19
1.2.2. Geomorfologia .....	21
1.2.3. Clima .....	21
1.2.4. Hidrografia .....	22
1.2.5. Solo .....	22
<b>1.3. BREVE HISTÓRICO DOS BAIRROS ONDE A BACIA HIDROGRÁFICA ESTÁ INSERIDA</b>	<b>23</b>
1.3.1. Jorge Teixeira .....	23
1.3.2. Distrito Industrial 2 .....	24
1.3.3. Puraquequara .....	26
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>28</b>
<b>2.1. VULNERABILIDADE E SUA RELAÇÃO COM A GEOGRAFIA</b> .....	<b>28</b>
<b>2.2. CONCEITOS E CATEGORIAS: VULNERABILIDADE SOCIAL, NATURAL/AMBIENTAL, SOCIOAMBIENTAL E O RISCO</b> .....	<b>29</b>
2.2.1. Vulnerabilidade Social .....	29
2.2.2. Vulnerabilidade Natural e Ambiental .....	30
2.2.3. Vulnerabilidade Socioambiental .....	31
<b>2.3. RELAÇÃO RISCO E VULNERABILIDADE</b> .....	<b>32</b>
<b>2.4. VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL EM DIFERENTES ESCALAS</b> .....	<b>33</b>
<b>2.5. PAISAGEM E BACIA HIDROGRÁFICA: BREVES CONSIDERAÇÕES</b> .....	<b>34</b>
<b>2.6. BACIA HIDROGRÁFICA COMO RECORTE ESPACIAL DE ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL</b> .....	<b>37</b>
2.6.1. Bacia Hidrográfica como delimitador da ocupação .....	39
2.6.2. Impacto das enchentes e voçorocas em decorrência da expansão urbana e das mudanças na paisagem .....	41
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>45</b>
<b>3.1. MAPEAMENTOS DAS FORMAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA BOA VISTA</b> .....	<b>46</b>
<b>3.2. IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS AFETADAS POR VOÇOROCAMENTO</b> .....	<b>46</b>
<b>3.3. DESCRIÇÃO DAS ÁREAS COM OCORRÊNCIA DE ENCHENTE</b> .....	<b>47</b>
<b>3.4. CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS MORFOMÉTRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA BOA VISTA</b> .....	<b>47</b>
<b>3.5. DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA BOA VISTA</b> ..	<b>53</b>
3.5.1. Classes da vulnerabilidade à voçorocamento .....	53
3.5.2. Classes da vulnerabilidade à enchente .....	55
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>56</b>

<b>4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS NATURAIS E URBANOS NOS LOCAIS DE OCORRÊNCIA DE VOÇOROCAS</b> .....	<b>56</b>
4.1.1. Vegetação .....	56
4.1.2. Vertente .....	59
4.1.3. Hipsometria .....	62
4.1.4. Traçado das ruas .....	64
4.1.5. Drenagem urbana .....	65
4.1.6. Deposição de resíduos sólidos em voçorocas .....	66
4.1.7. Processos erosivos no bairro Jorge Teixeira II .....	68
<b>4.2. DESCRIÇÃO DAS ÁREAS COM OCORRÊNCIA DE ENCHENTE</b> .....	<b>75</b>
4.2.1. Cheias do rio Negro 2008 - 2017 .....	78
4.2.2. Enchentes na Bacia Hidrográfica Boa Vista .....	79
<b>4.3. CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS MORFOMÉTRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA BOA VISTA</b> .....	<b>85</b>
<b>5.4 DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA BOA VISTA</b> .....	<b>94</b>
5.4.1 Vulnerabilidade socioambiental à voçorocamento .....	94
5.4.2 Vulnerabilidade socioambiental à enchente .....	96
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>99</b>
<b>7 REFERENCIAS</b> .....	<b>102</b>

## INTRODUÇÃO

O acelerado desenvolvimento urbano ocorrido no mundo durante o século XX resultou em diversos problemas socioambientais nos centros urbanos advindos da ocupação de áreas impróprias (planícies inundáveis e encostas íngremes) associados a ação humana que altera os ambientes durante o processo de urbanização, interferindo no sistema de drenagem, estrutura do solo (impermeabilização), vegetação local (retirada), qualidade hídrica (contaminação das águas), entre outros. O resultado leva à diversos desastres que ocorrem todos os anos e aparecem quantificados em relatórios técnicos e matérias difundidas pela mídia. Os eventos que mais causaram danos humanos (feridos e óbitos) em 2012 no Brasil decorreram de movimentos de massa e Inundações (BRASIL, 2012).

Manaus encontra-se incluída nesta realidade. Um dos principais períodos de sua expansão ocorreu após a inserção da Zona Franca de Manaus (ZFM), em 1967, “como área de livre comércio e de incentivos fiscais, passou a ser a grande propulsora da economia do Estado do Amazonas” (NAZARETH, BRASIL e TEIXEIRA, 2011, p. 201), aliado a isso ocorre também um aumento populacional que serviu de impulso para a expansão da malha urbana.

Com o passar dos anos Manaus se expande principalmente na direção Leste influenciado pelo novo incremento populacional formado em maioria por imigrantes vindos em busca de melhorias de vida. É iniciada a ocupação de áreas mais distantes do seu centro comercial, adentrando a zona considerada rural da cidade. Apesar de serem realizadas distribuições de lotes a famílias mais necessitadas a maior parte dessas áreas é ocupada de maneira irregular.

A cidade de Manaus possui inúmeras bacias hidrográficas urbanizadas (classificadas aqui como unidades naturalmente delimitadas constituídas a partir de relações de uso e ocupação do solo) e essas encontram-se altamente impactadas, quantitativa e qualitativamente pelo desenvolvimento urbano. Uma vez que há aumento da população ocorre a ampliação das manchas urbanas de forma inadequada. Surgem, a partir disso, problemas entre o processo de urbanização e os recursos hídricos da cidade. Cabe ainda ressaltar que de acordo com Zanella et al. (2013, p.318) "a ocupação das planícies de inundação é um exemplo do processo historicamente excludente de constituição dos espaços urbanos brasileiros".

Os principais problemas socioambientais urbanos emergem da falta de infraestrutura das cidades que muitas vezes desprezam as características do ambiente. Considera-se aqui que esses problemas são resultado da interação dos processos sociais e da natureza. É dessa relação que dispõe a vulnerabilidade socioambiental “as condições de vulnerabilidade resultam de processos sociais e mudanças ambientais” (FREITAS et al., 2012, p. 1578). Encontra-se assim integrada às diferentes suscetibilidades sociais perante eventos ambientais desastrosos e os efeitos da degradação do ambiente (ESTEVES, 2011, p.62).

Com base em alguns estudos já realizados na cidade (VIEIRA, 2008; CPRM, 2010; 2013; MACENA, 2016) é possível identificar a Zona Leste como a área com maior ocorrência de eventos de enchente e voçorocamento de Manaus, estando alguns destes pontos localizados na Bacia Hidrográfica Boa Vista – BHBV. Tanto os aspectos naturais quanto as formas de ocupação urbana são fatores que contribuem, em diferentes níveis, para tais acontecimentos presentes na referida bacia. Apesar de possuir características naturais que favorecem a ocorrência de determinados processos, há grande influência das atividades humanas para o seu desencadeamento.

Cada vez mais comuns no perímetro urbano, as áreas de vulnerabilidade se mostram como pontos de relevância para o desenvolvimento de pesquisas, se tornando característica intrínseca da expansão urbana atual. Questões políticas, econômicas, ambientais e sociais precisam ser igualmente discutidas destacando alguns pontos. Em Manaus essas áreas têm se multiplicado com o passar dos anos devido ao rápido crescimento urbano associado à falta de infraestrutura, a qual pode ser caracterizada por dois movimentos apontados por Vilela Filho (2006, p. 16):

A intensificação das intervenções nas redes de drenagem, com obras de retificação e canalização dos rios, aterramento das várzeas, e sua incorporação à malha urbana; e ao aumento de loteamentos localizados em áreas não preparada para tais obras, com infraestrutura frágil.

A quantidade de trabalhos a respeito deste tema para a cidade de Manaus tem ganhado espaço nos últimos anos, inclusive dentro da Geografia (VIEIRA, 1998, 2008; CASSIANO, 2013; FROTA FILHO, 2016; MACENA, 2016). Porém, ainda se faz necessário um aprofundamento a respeito deste assunto que todos os anos volta a ganhar destaque na mídia principalmente no período chuvoso. Considerando-se que a urbanização em si é um condicionador de problemas ambientais na medida

em que sua implantação implica na modificação dos elementos naturais que compõem a paisagem (VILELA FILHO, 2006, p. 148) é necessário se estabelecer estudos com foco no planejamento urbano que incorporem este tema.

É com a perspectiva do espaço, que envolve considerações sobre sistemas naturais e urbanos que se almeja uma visão integrada para se obter um diagnóstico dos problemas de vulnerabilidade socioambiental da Bacia Hidrográfica Boa Vista, uma vez que esta se encontra inserida na área de expansão atual da cidade, necessitando de estudos ambientais que venham contribuir para um melhor uso deste espaço.

As áreas com aspectos físicos que necessitam de uma maior demanda de trabalho para estarem aptas a determinadas finalidades são desprezadas dentro do perímetro urbano despertando menor interesse, o que implica em sua desvalorização, uma das consequências disto é o seu valor que se torna mais baixo, aspecto que atrai as classes com menor poder de compra. Por isso essas áreas se encontram habitadas principalmente por classes sociais de menor poder aquisitivo que possuem mais dificuldade para lidar com tais eventos estando assim mais expostas.

Se encaixam nesses aspectos as Bacias Hidrográficas, considerados ambientes frágeis de grande importância para estudos ambientais por servir como unidades integradoras naturais. Pois, possuem diferentes padrões fisiográficos e desempenham um papel importante nas atividades humanas, estando inseridas em ambientes urbanos ou não.

Esse tipo de estudo serve antes de tudo como contribuição para posteriores análises. Além disso, proporciona conhecimentos referentes aos processos que afetam a vulnerabilidade em alguns pontos da bacia (pontos de enchente e voçorocamento), suas formas, gêneses e implicações. Isto permite uma melhor definição de ações voltadas principalmente para o planejamento e gestão do território levando em conta a formação de possíveis novas áreas de vulnerabilidade, como a analisada, e uma infraestrutura que permita o uso e gestão dos recursos naturais de forma adequada.

Pensar as áreas de vulnerabilidade socioambiental é pensar o espaço físico (solo, hidrologia, relevo, geomorfologia) e as dinâmicas sociais (uso do solo) de forma heterogênea e integrada, o que proporciona uma melhor definição dos objetivos e ações a serem implementados a fim de subsidiar políticas públicas.

Diante do exposto, o objetivo principal desta pesquisa foi analisar a vulnerabilidade socioambiental na Bacia Hidrográfica Boa Vista – BHBV relacionada a enchentes e voçorocamentos. Para isso, foram delimitados objetivos específicos: 1) Mapear os tipos de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica Boa Vista; 2) Identificar as áreas afetadas por voçorocamento; 3) Analisar as áreas com ocorrência de enchente; 4) Caracterizar os aspectos morfométricos da Bacia Hidrográfica Boa Vista.

Os objetivos delimitados buscam responder alguns questionamentos, como: Quais os pontos mais vulneráveis a processos de enchente e voçorocamento? Como os componentes naturais e sociais estão relacionados a vulnerabilidade da bacia? Quais os principais fatores contribuintes para o agravamento da vulnerabilidade na BHBV?

## **1. ÁREA DE ESTUDO**

### **1.1. Localização**

A Bacia Hidrográfica Boa Vista – BHBV está localizada no extremo Leste da cidade de Manaus (Figura 1). Sua nascente encontra-se no bairro Distrito Industrial 2 convergindo em direção a bacia do Puraquequara. Seu principal tributário, o igarapé Boa Vista, caracteriza-se como um canal retilíneo e estreito de pequena dimensão, terminando, em um lago represado por ilhas arenosas e argilosas situadas na foz do rio. Esta bacia perpassa outros dois bairros além do Distrito Industrial 2, sendo estes o bairro Jorge Teixeira 2 e Puraquequara.

### **1.2. Aspectos Naturais**

#### **1.2.1. Geologia**

A cidade de Manaus está localizada a margem esquerda do Rio Negro inserida na Bacia Sedimentar do Amazonas, a qual é constituída por rochas paleozoicas e por sedimentos mais recentes do Cretáceo Superior e Terciário onde “sofreu abatimento que proporcionou um processo de sedimentação clástica flúvio-lacustres de ambiente continental constituindo a Formação Alter do Chão” (IGREJA, 2000). Tal formação possui espessura média de 200 metros de camadas sedimentares dispostas horizontalmente e compreende arenitos finos médios, vermelhos, argilosos, caulíníticos, inconsolidados, contendo grânulos de seixos de quartzo esparsos (CPRM, 2013). Na sua área urbana há predomínio do arenito Manaus, o qual apresenta "granulação fina a grossa, coloração branca, rósea, vermelha e cinza-claro, grãos subarredondados e arredondados, às vezes conglomeráticos e concreções lateríticas” (COSTA et al., 1978 apud VIEIRA, 2008, p.28).

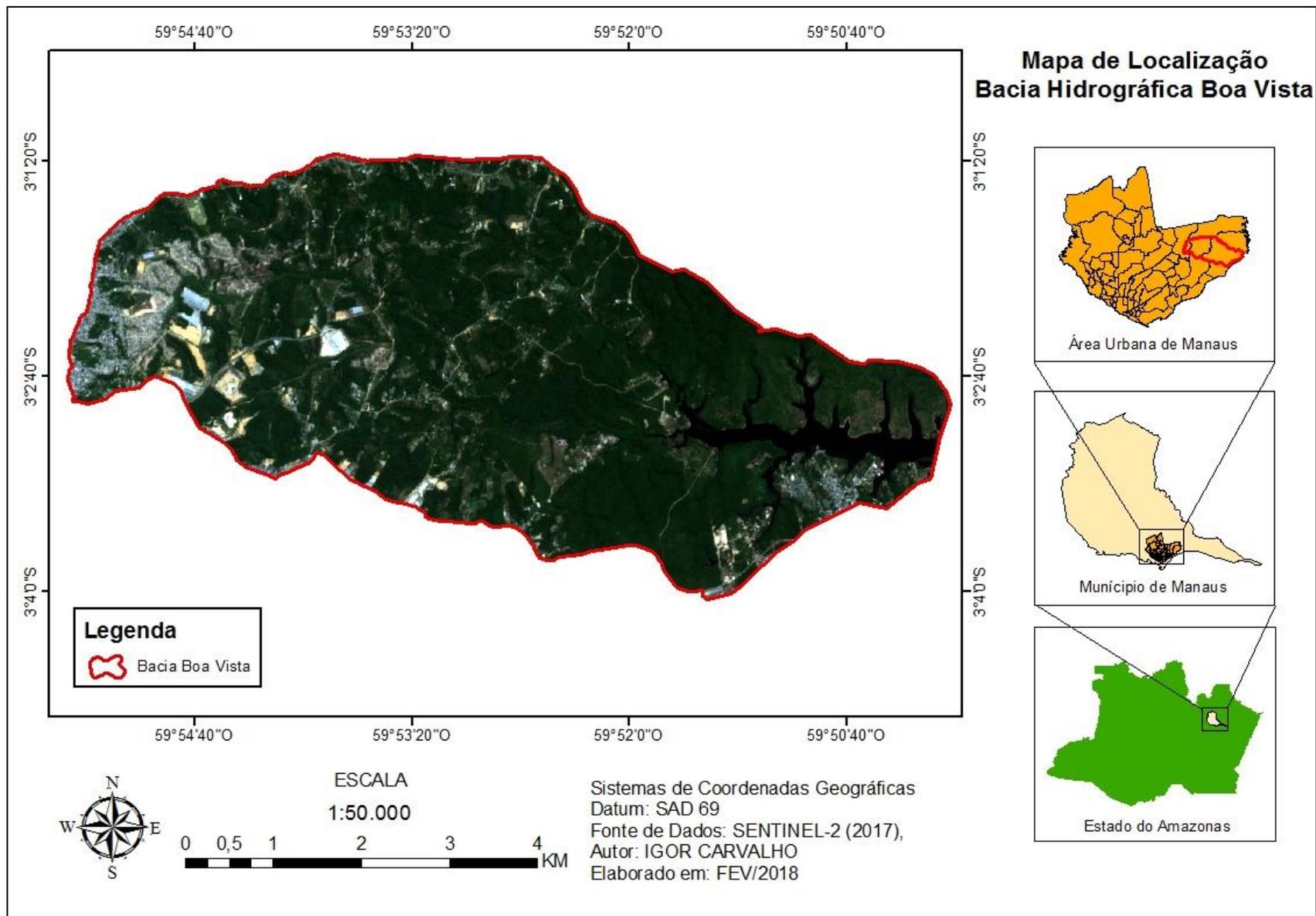


Figura 1: mapa de localização da Bacia Hidrográfica Boa Vista.  
 Fonte: SENTINELA-2 (2017). Modificado por Igor Carvalho

### 1.2.2. Geomorfologia

O município de Manaus está inserido no Planalto da Amazônia Oriental, caracterizado por um modelado de formas de topos convexos ou planos (ROSS, 2000, p. 54). As médias altimétricas de Manaus são de no máximo 120 metros. O sítio urbano possui características quase homogêneas, porém ocorre diferenciação entre as zonas referentes às características da encosta.

Na Zona Leste (Platô Leste), em comparação com outros quatro platôs existentes na cidade possui o relevo mais irregular com maiores altitudes, encostas mais íngremes e de menor comprimento, vales mais estreitos e encaixados (VIEIRA 2008: p.142). Esta é a região com maior altimetria da cidade, com cotas que variam de 24 metros no seu ponto mais baixo a 100 metros nas áreas mais altas. Suas vertentes com forte declividade possibilitam o desenvolvimento de intensos processos erosivos, resultando em alto nível de dissecação do relevo (FROTA FILHO, 2016, p. 49).

### 1.2.3. Clima

O clima de Manaus é classificado como Equatorial Quente Úmido. Tanaka et al. (2014, p. 3577) aponta que o período chuvoso chega a se estender por 7 meses, enquanto o período seco por apenas 5 meses. As temperaturas médias máximas compensadas ocorrem nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro (a mais alta registrada fica em torno 27,7°C) e as médias mínimas compensadas nos meses de fevereiro e março (a mais baixa registrada é de 26°C). A média anual de umidade relativa fica em torno de 83% (AGUIAR, 1995, p.40).

Os meses com maior umidade relativa são janeiro e maio (média de 87%) e os de menor agosto e setembro, com 76%. O mês mais chuvoso é março (332,7 mm), e o mês mais seco é agosto (52,4 mm) (AGUIAR, 1995, p.41). Ao cruzar esses dados pluviométricos com a sazonalidade dos eventos de movimentos de massa na cidade de Manaus é possível observar uma relação. Dos casos de deslizamentos de barrancos cadastrados pela Defesa Civil Municipal (em 2010 e 2011) 74% ocorreram entre janeiro e abril, período chuvoso, e apenas 3% ocorreram entre junho e setembro, período de menor precipitação pluviométrica em Manaus (CPRM, 2010, p.

20), essa relação se estende a outros eventos relacionados a processos erosivos e enchente.

#### 1.2.4. Hidrografia

Destacam-se quatro grandes rios no entorno da área urbana de Manaus: Tarumã-Açu, Negro, Amazonas e Puraquequara. A partir destes são delimitadas 19 bacias dentro do espaço urbano de Manaus, Vieira (2008, p. 33) as classifica em três grupos: bacias do oeste (três bacias), bacias do sul (nove bacias) e bacias do leste (sete bacias) – local da área de estudo.

De acordo com Vieira (2008, p. 150) na porção leste, na margem esquerda do rio Amazonas a margem direita do rio Puraquequara estendem-se um total de 07 bacias entre elas está a BHBV, bacia que possui extensão de 11,9 km e área total de 37,9 km<sup>2</sup>. Essas bacias apresentam suas respectivas cabeceiras na borda leste do Platô Leste (VIEIRA, 2008, p. 150). Esta se encontra em relevo bastante dissecado, com encostas de grandes declividades, separadas por vales encaixados. É uma das únicas bacias dessa porção delimitada por Vieira (2008) em que ocorrem voçorocas (foram mapeadas 07 feições do tipo).

#### 1.2.5 Solos

Manaus é constituída por duas classes de solo: Latossolos e Espodossolos (VIEIRA, 2008). Os Latossolos apresentam baixa fertilidade natural, com teores muito reduzidos de bases trocáveis e fósforo. São “solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A” (EMBRAPA, 2006, p. 161).

Já os Espodossolos são solos predominantemente arenosos, com acúmulo de matéria orgânica e compostos de ferro e/ou alumínio em profundidade. São “solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B espódico imediatamente abaixo de horizonte E, A, ou horizonte hístico” (EMBRAPA, 2006, p. 137).

### 1.3. Breve histórico dos bairros onde a Bacia Hidrográfica está inserida

A BHBV entrecorta pequenos trechos de três bairros da Zona Leste de Manaus, são eles: Jorge Teixeira, Distrito Industrial 2 e Puraquequara. Uma vez que os processos urbanos são relevantes para o desenvolvimento de estudos relacionados a vulnerabilidade socioambiental, será realizada uma breve caracterização histórica de cada um.

Os três bairros encontram-se inseridos na porção Leste (VIEIRA, 2008) por tal motivo compartilham as mesmas características naturais (geologia, geomorfologia, clima, solo e vegetação).

#### 1.3.1. Jorge Teixeira

Por volta da década de 1980, com a implantação da Zona Franca de Manaus (ZFM) - que serve como impulso para o desenvolvimento e ampliação urbana da cidade e seu adensamento populacional surgem vários bairros e conjuntos habitacionais principalmente nas zonas Leste e Norte, setores menos ocupados da cidade até então.

É em meio a este movimento que o bairro Jorge Teixeira surge (Figura 2). Criado oficialmente por decreto no ano de 1989 sob a gestão do então prefeito de Manaus, Arthur Virgílio Neto. Foi formado inicialmente por meio do loteamento de terrenos distribuídos pelo Estado com destino à população carente de bairros já existentes nas proximidades da área (como o bairro São José Operário), como descrito por Limeira-Silva e Noda (2010):

Em cenário de mata fechada, ao final da década de 1970, com a abertura de apenas alguns caminhos circunvizinhos ao ramal de madeireiro, o qual partia da estrada do Aleixo (principal via de acesso ao setor leste de expansão da cidade de Manaus) até a comunidade do Puraquequara, no rio Amazonas, figurava a área correspondente ao bairro Jorge Teixeira, com a permanência de não mais do que seis famílias e agentes externos (2010, p. 4).

Porém, esse movimento atraiu para seu entorno grupos de menor poder aquisitivo que ocuparam de forma irregular grande parte de sua área que não possuía infraestrutura adequada para tal processo. Muitas ruas foram abertas pelos próprios moradores e equipamentos urbanos como água, luz e asfalto só foram

instalados anos após sua ocupação, e em muitos locais ainda estão em processo de instalação.

Atualmente é constituído por quatro etapas (Jorge Teixeira I, II, III e IV) e quatro comunidades (João Paulo, Val Paraíso, Santa Inês e Nova Floresta), sendo o segundo bairro mais populoso da cidade com uma população de 112.879 habitantes de acordo com Censo 2010.

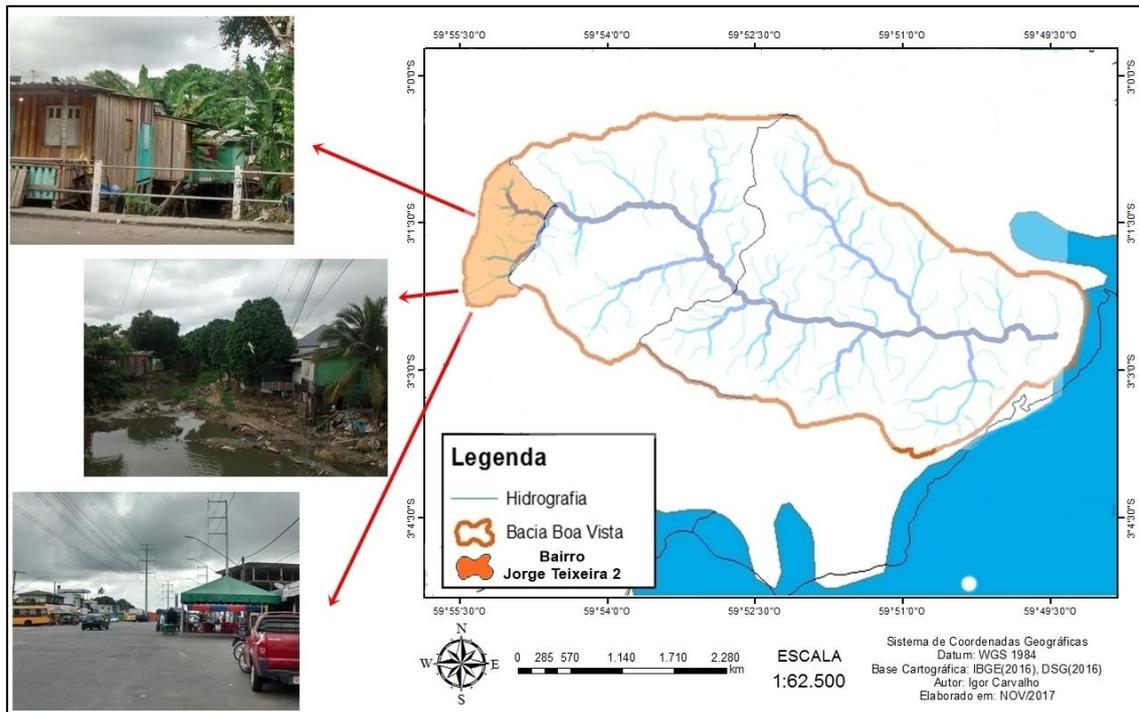


Figura 2: bairro Jorge Teixeira  
Fonte: Suliane Leitão, 2018

A vegetação local foi quase totalmente retirada restando apenas alguns resquícios de mata secundária presentes na área nordeste da cidade onde existem alguns ramais com poucas habitações. Os grupos ali instalados praticam atividades voltadas a agricultura familiar (NASCIMENTO, 2014).

### 1.3.2. Distrito Industrial 2

O Distrito Industrial 2 localiza-se na Zona Leste da cidade de Manaus (Figura 3). De acordo com o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sua população era de 3.899 habitantes em 2010.

A área onde está instalado o bairro foi adquirida pela Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA) em 1978 com objetivo principal de alocar as fabricas pertencentes a Zona Franca de Manaus (ZFM), já que a primeira área (Distrito Industrial I) não foi capaz de suprir a demanda do Pólo Industrial.

Mesmo o local não tendo sido delimitado efetivamente para ser um bairro, com as sucessivas ocupações irregulares que geraram diversos conflitos pelo uso da terra, passou a ser considerado oficialmente como bairro em 14 de janeiro de 2010.

A ocupação da área teve destaque na mídia local em 2004 quando um grupo de indivíduos ocupou a área em busca de moradia, o que causou muito conflito entre o poder público, empresários donos de indústrias ali instaladas e a população que requeria o direito à moradia no local. Atualmente essas famílias ganharam o direito de permanecer no local hoje denominado de Nova Vitória (bairro não oficial).

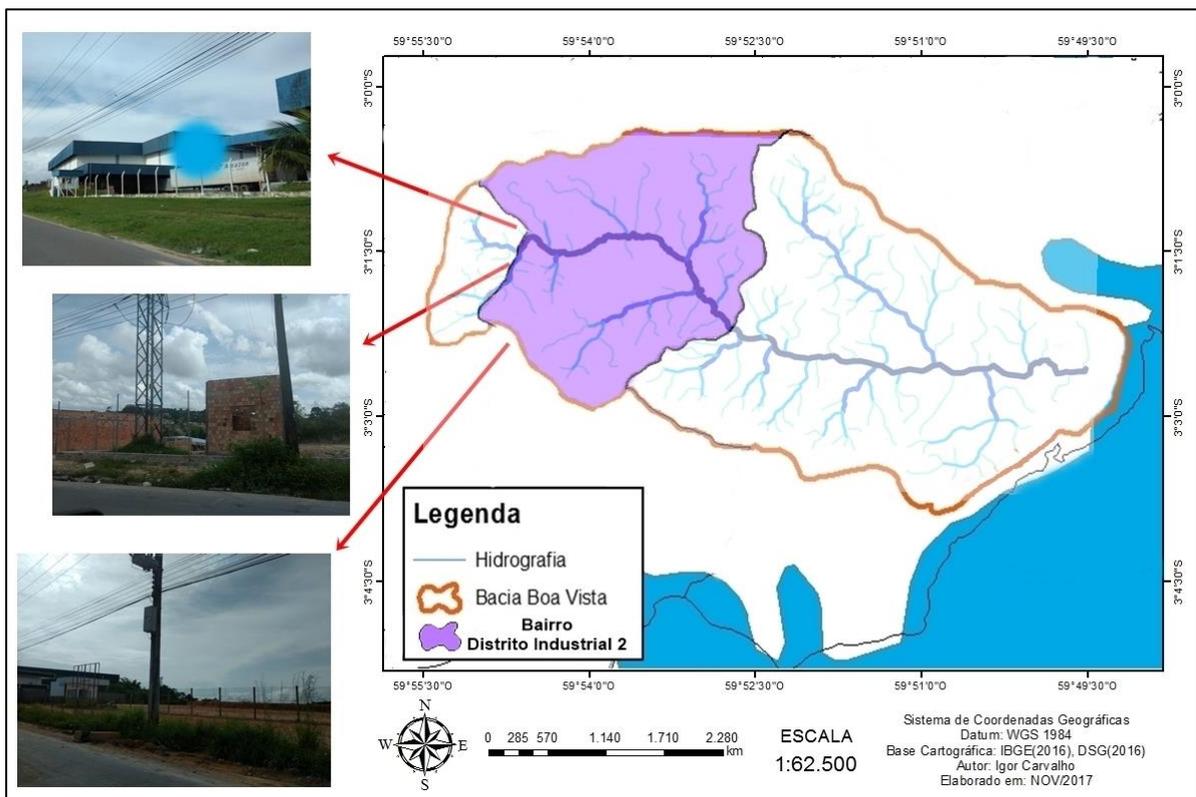


Figura 3: bairro Distrito Industrial II  
Fonte: Suliane Leitão, 2018

Apesar da ocupação da área ter se intensificado nos últimos anos devido ao aumento do número de moradias e fábricas ainda há uma vasta área sem uso que preserva vegetação com algumas espécies da floresta primária. Foi inclusive verificado por Donald et al (2009, p.3) “ilhas verdes” – áreas que não sofreram desmatamento e mantêm características originais.

### 1.3.3. Puraquequara

O bairro Puraquequara teve seu início datado do primeiro grande período de expansão de Manaus, conhecido como Época Áurea da Borracha ou mais especificamente após seu declínio quando “várias famílias de ribeirinhos instalaram-se no local, em áreas alagadas, dando origem a uma comunidade flutuante” por volta de 1918 (SILVA, 2010 apud ROCHA, 2014, p. 21).

Durante o segundo período de expansão da cidade, a instalação da Zona Franca de Manaus (ZFM), “na década de 1990, a comunidade cresceu novamente com a implantação pela prefeitura de um assentamento onde foram instaladas 300 novas famílias” o que contribuiu para o desenvolvimento do bairro (ROCHA, 2014, p. 22). O acesso a outras áreas da cidade inicialmente era realizado por meio de estrada não pavimentada. A pavimentação desta estrada foi de grande importância para o crescimento populacional do bairro, que registrou um aumento de 65% (MIRANDA, 2017, p.82). A população atual está em torno de 5.856 habitantes, segundo estimativa do Censo 2010 (ROCHA, 2014, p. 23).

Este bairro possui atualmente infraestrutura precária repleta de deficiências que não atendem às necessidades básicas dos moradores. Serviços básicos como bancários, de saúde de baixa e média complexidade, precisam ser buscados fora da localidade, em áreas um tanto quanto distantes gerando diversos transtornos (ROCHA, 2014, p. 24). Há ainda problemas ligados ao abastecimento de água onde muitos moradores dependem de poços para captação; falta de segurança e baixo policiamento, o que coloca a população em risco; transporte público ocorrendo escassez de ônibus o que dificulta a locomoção dos moradores dentro do bairro e com outros pontos da cidade.

A região do Puraquequara abrange áreas de terra firme, várzeas e lagos. Algumas comunidades possuem acesso por via terrestre e fluvial. Existe instalada neste bairro uma Colônia de pescadores dentre outros grupos que fazem uso da Bacia Hidrográfica como meio de obter renda (Figura 4).

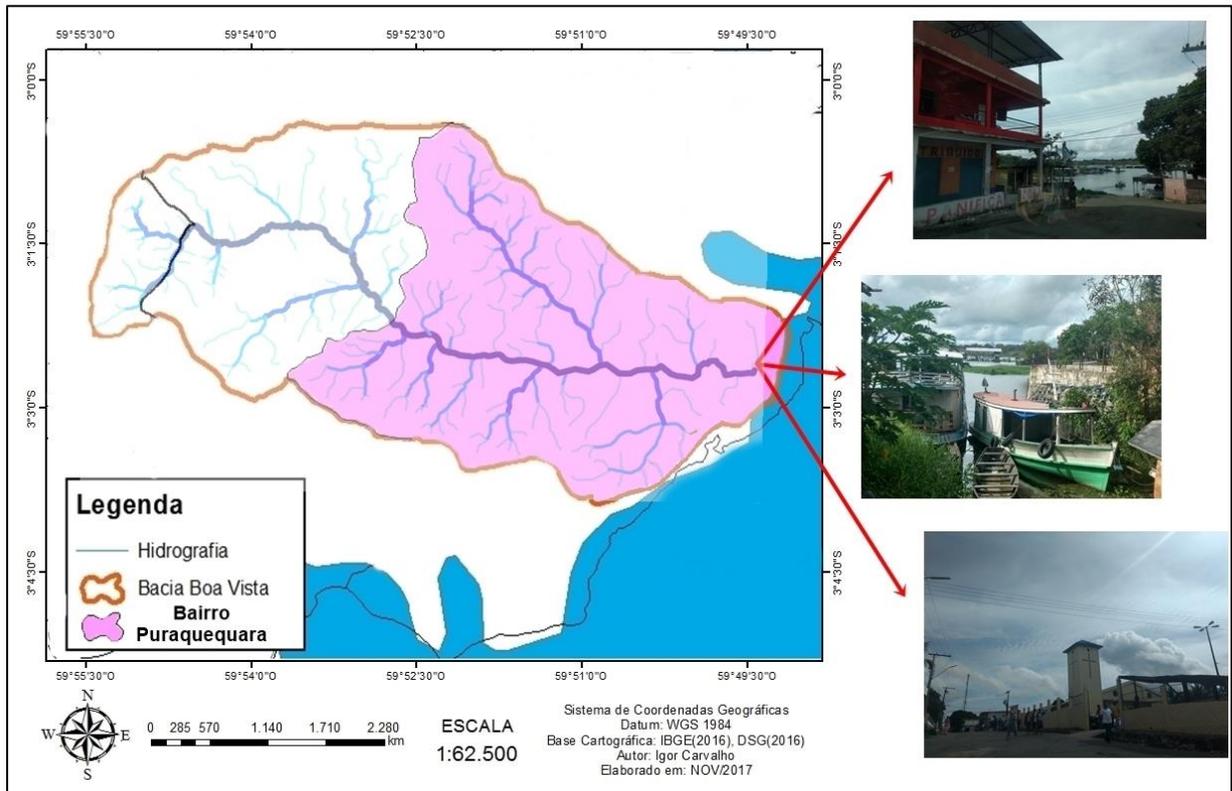


Figura 4: bairro Puraquequara  
Fonte: Suliane Leitão, 2018

Seus aspectos naturais encontram-se bastante alterados, porém, a vegetação local ainda permanece um tanto preservada, o que tem diminuído com o passar dos anos e o sucessivo aumento populacional, pois é um dos primeiros itens a serem alterados no processo de urbanização. A vegetação é removida para a construção de edificações que por sua vez não possuem rede de esgoto, sendo assim os resíduos gerados são lançados diretamente na natureza, poluindo corpos hídricos e solo do local.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

As áreas de risco ligadas a deslizamentos e enchentes são resultado tanto de processos naturais quanto sociais, logo, qualquer estudo que tenha como foco a análise desses processos deve abranger sua totalidade a fim de ter um diagnóstico realmente completo. Por este fato será utilizada a abordagem geossistêmica, a fim de se estabelecer uma relação entre os processos naturais e sociais, não só de forma individual, mas na sua totalidade.

### **2.1. Vulnerabilidade e sua relação com a Geografia**

O termo vulnerabilidade apresenta diversas aplicações nos mais variados ramos. Sendo utilizado desde a área da saúde até nas ciências da informação, e atualmente segue ganhando espaço nas ciências sociais. Este conceito é multidimensional, sendo assim, para compreender sua totalidade é necessário analisar em uma determinada situação as diversas camadas que irão constituir uma condição podendo levá-lo a um desastre. De acordo com Deschamps (2004, p. 76), “As condições preexistentes no meio ambiente, a demografia, o sistema social e a infraestrutura estão entre os principais fatores de vulnerabilidade”

De modo geral, a vulnerabilidade estaria ligada a capacidade de resposta de uma pessoa, grupo, sociedade ou sistema a qualquer tipo de ameaça. Estando no centro a avaliação da sua capacidade de reação. Quanto maior essa capacidade, menor a vulnerabilidade. Isto implica, de acordo com a ONU (2014, apud Pires, 2015, p. 21), em questões de infraestrutura, políticas públicas e inclusive no nível de educação da sociedade. De acordo com o Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR, apud PIRES, 2015, p. 21) “a vulnerabilidade é uma condição produto das ações humanas”.

Na Geografia, o uso deste termo ganha espaço no fim da década de 1980, “isto ocorre quando as pesquisas deixam de se ocupar apenas com os perigos naturais, passando a focar também os perigos sociais e os tecnológicos” (MARANDOLA Jr e HOGAN, 2005, p. 33), a combinação das forças social e ambiental. Assim:

O conceito de vulnerabilidade para a ciência Geográfica, tem como objetivo estudar os aspectos sociais e ambientais da realidade espacial. Com isso, a vulnerabilidade é definida na sua caracterização como sendo o condicionante dos fatores ambientais e socioeconômicos (SILVA E ALMEIDA, 2012: p. 107).

Segundo Zanella (2013, p. 319) nas geociências o termo vulnerabilidade está sendo utilizado para expressar a instabilidade dos ambientes. Devido a sua ampla utilização nas mais diferentes áreas se torna importante questionar sobre o que determinada coisa é vulnerável antes de se iniciar um estudo para que se torne possível pensar uma solução adequada.

Para Spink (2014), a vulnerabilidade estaria ligada a processos sociais relacionados tanto a precariedade das condições de vida e proteção social que tornam certos grupos, principalmente os mais carentes, mais expostos aos desastres e mudanças ambientais resultantes da degradação do meio ambiente que tornam certas áreas mais vulneráveis.

Existem diferentes modos de abordagem da vulnerabilidade dependendo do objetivo do estudo, neste trabalho se faz necessário realizar uma breve discussão a respeito da Vulnerabilidade Social, Vulnerabilidade Natural e Ambiental e a Vulnerabilidade Socioambiental.

## **2.2. Conceitos e categorias: vulnerabilidade social, natural/ambiental, socioambiental e o risco**

### **2.2.1. Vulnerabilidade Social**

A vulnerabilidade social é relacionada por diversos autores às condições de pobreza de uma determinada população, isto porque frente às condições de desenvolvimento econômico e urbano atual surgem diversas situações negativas que afetam principalmente grupos de menor poder aquisitivo. O que não significa que outros grupos não sejam afetados, porém, esses indivíduos irão sentir tais impactos de forma mais intensa, assim como terão maior dificuldade para se recuperar. Deschamps (2004, p. 18) destaca que:

Na Geografia, o termo está diretamente atrelado às probabilidades de ser afetado negativamente por um fenômeno geográfico e/ou climático. Assim, as zonas ou áreas e populações vulneráveis são aquelas que podem ser atingidas por algum evento geográfico, como terremoto, enchente, enxurrada e seca.

Essas áreas são também comumente habitadas pela população mais carente (referindo-se ao aspecto socioeconômico, já que se encontram expostas nas mais diversas camadas que constituem a estrutura social e não somente a econômica). Assim, para Deschamps, “a vulnerabilidade social está diretamente relacionada com grupos socialmente vulneráveis, ou seja, indivíduos que possuem uma menor capacidade de resposta positiva mediante algum evento adverso” (2004, p. 18). Nesses termos, a noção de risco torna-se fundamental para o desenvolvimento do estudo da vulnerabilidade, discussão realizada mais à frente.

### 2.2.2. Vulnerabilidade Natural e Ambiental

Apesar da semelhança os termos Vulnerabilidade Natural e Vulnerabilidade Ambiental possuem diferenças. No início da aplicação dos estudos sobre vulnerabilidade esta diferença não se fazia tão clara, porém, cabe aqui um esclarecimento referente a esses termos.

A Vulnerabilidade Natural é por vez es trabalhada considerando basicamente elementos biofísicos (clima, solo, vegetação, água) (FROTA FILHO, 2016, p. 29), sem deixar de considerar as atividades antrópicas sobre este. Seria então, de acordo com Tagliani (2002, p. 129), “a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer”. Para Deschamps (2004, p. 18), algumas áreas são mais propensas a experimentar eventos adversos, o que pode estar ligado a sua estrutura geomorfológica ou localização geográfica.

Atualmente prefere-se o uso do termo Vulnerabilidade Ambiental em substituição ao termo anteriormente citado por considerá-lo menos restrito. Jones (1993 apud MARANDOLA JR e HOGAN, 2005, p. 33) destaca a substituição do termo “naturais” pelo “ambientais”, sob a justificativa de que para a compreensão dos perigos seria necessário considerar o contexto natural e as formas de apropriação da sociedade sobre a natureza. Para Tricart (1977) e Grigio (2003) apud Zanella (2013, p. 319):

A vulnerabilidade natural (ou fragilidade ambiental) consiste no maior ou menor estágio de estabilidade/instabilidade dos elementos físicos e bióticos, frente à intensidade, dinâmica e magnitude dos processos morfogênicos, pedogenéticos e de fitos sucessão.

Tagliani (2002, p. 128) conceitua vulnerabilidade ambiental como “um ecossistema que pode ser avaliado pela sua capacidade de resposta frente a situações instáveis”, se referindo a sua maior ou menor capacidade de se manter em equilíbrio mesmo em meio a situações de perturbação. Nas geociências o termo é utilizado para expressar a instabilidade dos ambientes (ZANELLA, 2013, p. 319).

### 2.2.3. Vulnerabilidade Socioambiental

A Vulnerabilidade Socioambiental incorpora a Vulnerabilidade Ambiental e a Vulnerabilidade Social. Deschamps (2004, p.140) por meio da associação de cartografia social e ambiental, chegou à conclusão que populações em situação de vulnerabilidade social alta estão presentes nos espaços naturais susceptíveis aos eventos naturais adversos. São áreas geralmente habitadas em grande quantidade por indivíduos e famílias que não possuem recursos para responderem adequadamente à ocorrência de um evento natural perigoso. É esta correlação que se torna necessária fazer para o desenvolvimento de estudos nesta área para que a abordagem seja completa.

Em síntese, a vulnerabilidade socioambiental está relacionada às formas de uso, a intensidade em que se dará esse uso e a estrutura do ambiente. Seria por isso o resultado de estruturas socioeconômicas que produzem simultaneamente condições de vida precárias e ambientes deteriorados (FREITAS et al, 2012, p. 1579).

Dentre as abordagens fundamentais nas áreas de vulnerabilidade socioambiental pode-se destacar a identificação das condições que tornam pessoas e lugares vulneráveis aos eventos naturais perigosos. Assim, Cutter (2011) apud Freitas e Cunha (2013, p. 17) descreve que a vulnerabilidade:

Inclui tanto os “elementos de exposição ao risco” como os fatores de propensão às circunstâncias que aumentam ou reduzem as capacidades da população, das infraestruturas ou dos sistemas físicos para responder e se recuperar de ameaças ambientais.

Pode-se afirmar que essas áreas são ambientes de articulação entre sociedade e meio ambiente onde o primeiro concretiza suas relações sobre o segundo causando modificações resultantes de suas mais variadas relações. Para Grazia e Queiroz (2001, apud MENDONÇA, 2004, p. 141) os gestores urbanos

devem agir para que a evolução da cidade não implique em um crescente esgotamento dos recursos naturais e/ou exclusão de parcelas sociais, se mantendo um equilíbrio.

A vulnerabilidade envolve um conjunto de fatores que pode diminuir ou aumentar o(s) risco(s) no qual o ser humano, individualmente ou em grupo, está exposto nas diversas situações da sua vida (ESTEVES, 2011, p. 69), situações que podem estar relacionadas a enchentes, deslizamentos, e etc.

### **2.3. Relação risco e vulnerabilidade**

A vulnerabilidade está normalmente associada à exposição aos riscos e designa a maior ou menor susceptibilidade de pessoas, lugares, infraestruturas ou ecossistemas sofrerem algum tipo particular de agravo (ACSELRAD, 2006, p. 2 e 5), por isso se faz necessário tecer uma breve discussão a respeito deste conceito.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2007) define risco como a relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco. Para determinar o risco, portanto, é necessário primeiro conhecer a vulnerabilidade. O risco é um constructo eminentemente social, ou seja, é uma percepção humana. Risco é a percepção de um indivíduo ou grupo de indivíduos da probabilidade de ocorrência de um evento potencialmente perigoso e causador de danos, cujas consequências são uma função da vulnerabilidade intrínseca desse indivíduo ou grupo (ALMEIDA, 2010, p.99).

A noção de risco na sociedade moderna é relacionada por autores como Almeida (2011), Deschamps (2004) e Beck (1986 [1998]), ao desenvolvimento acelerado ocorrido nas últimas décadas que geram impactos nas esferas econômica, ambiental, social e cultural. Fenômeno repleto de contradições onde progresso e risco interagem e se misturam (DESCHAMPS, 2004, p. 19), apesar do acelerado desenvolvimento, as riquezas são distribuídas de forma desigual gerando cenários de extrema disparidade, onde determinados grupos são mais expostos a diferentes tipos de risco.

O termo está associado as noções de exposição ao perigo. Dentre seus usos, tem-se o risco natural pode ser dividido entre físicos e biológicos. É definido por Aneas de Castro (2000) apud Almeida (2011, p. 85) como o “grau de perda previsto devido a um fenômeno natural determinado e em função tanto do perigo natural quanto da vulnerabilidade”, logo, o perigo e vulnerabilidade são essenciais para delimitação deste. O risco é uma produção humana, devido a isso suas ações sociais devem ser consideradas durante estudos referentes a tal fenômeno.

#### **2.4. Vulnerabilidade socioambiental em diferentes escalas**

A partir da segunda metade do século XX a questão ambiental é difundida no mundo. Com a multiplicação dos ambientes de risco e vulnerabilidade a sociedade percebe a necessidade de desenvolver debates a respeito do tema que trazia consigo incertezas relacionadas ao futuro, uma vez que se vivia o início de um acelerado processo industrial como nunca antes visto.

A vulnerabilidade se diferencia do risco por estar relacionada a condicionantes econômicos e sociais. Sendo assim, “mesmo nas sociedades dos países considerados ricos [...] existem diferentes capacidades de respostas aos riscos e eventos que apresentam danos” (ESTEVES, 2011, p. 71). Os riscos não fazem distinção entre classes sociais, o poder aquisitivo não irá livrar determinado grupo de ser atingido por um evento de risco como um tufão ou um tsunami - exemplo, porém, poderá ajudar a minimizar os danos causados e facilitar a recuperação. Tal conjuntura ilustra as implicações existentes quanto ao grau de exposição do indivíduo, grupo ou sistema ao risco, ou seja, o quanto este é vulnerável. Sendo assim, seu nível de vulnerabilidade fará total diferença tanto nas ações pós-evento quando numa possível medida de prevenção.

É, porém, nos países subdesenvolvidos, como o Brasil, que se concentram a maioria dos estudos a respeito da vulnerabilidade socioambiental por ser uma dinâmica eventualmente associada ao processo de urbanização acelerado ocorrido nas últimas décadas. Desta forma esses estudos estão sempre relacionados a segregação espacial, exclusão social e injustiças ambientais (MAIOR e CÂNDIDO, 2014, p. 242).

Na Amazônia, o processo de urbanização recente é bastante significativo se comparado com o restante do país, apesar de ainda ser menor. Em 1960, a população era de aproximadamente três milhões de habitantes, no ano de 2010 alcançou os cerca de 16 milhões, sendo 76% da população localizada em núcleos urbanos (GONÇALVES et al, 2014, p. 3810). Nesse período muitas áreas são apropriadas de forma inadequada. As consequências desta dinâmica são diversos impactos ambientais relacionados, a poluição atmosférica e dos rios, desmatamentos, entre outros, que com o tempo se agravam por não terem tratamento adequado.

Quando se discute a relação homem e natureza na Amazônia se tem considerações muito fortes a respeito da ligação deste homem com o *rio*<sup>1</sup> (LIMA, 2008; COSTA, 2012; PATRICIO e FERREIRA FILHO, 2015), devido sua grande densidade de cursos hídricos, sendo assim a degradação das bacias hidrográficas é um dos aspectos mais significativos nas cidades pertencentes a essa região principalmente nas metrópoles, lugares de concentração econômica, política, cultural e também de problemas ambientais.

Na porção Leste de Manaus, uma das maiores metrópoles amazônicas, encontram-se 07 bacias, entre elas a BHBV a direita do rio Puraquequara. Apesar de não estar totalmente inserida na área urbana da cidade esta bacia interpassa alguns bairros, tendo sua representatividade no cotidiano do grupo residente nestas áreas. Apesar de poucos já existem trabalhos dedicados a estudar a questão da Vulnerabilidade Socioambiental nas Bacias Hidrográficas de Manaus (FROTA FILHO, 2016; CASSIANO, 2013), espera-se que futuramente com o auxílio de trabalhos como estes essa problemática ganhe mais espaço.

## **2.5. Paisagem e bacia hidrográfica: breves considerações**

A sociedade do século XXI é marcada pelo avanço da globalização que atinge diretamente as cidades. Os grandes aglomerados populacionais passam a apresentar o agravamento das consequências das ações humanas sobre o espaço terrestre trazendo à tona os problemas socioambientais.

---

<sup>1</sup>Em seus mais diferentes usos e conceitos: recurso natural, lugar de lazer, ambiente econômico e etc.

Mendonça (2010, p. 154), firma que a meta inicial que se almejava através dos planos diretores das décadas de 1960-1980 era alcançar o *desenvolvimento urbano*, para isso seria necessário traçar dois aspectos principais, as “características geográficas e as potencialidades naturais e econômicas dos municípios”. Contudo, a realidade não era considerada como um processo passível de mudanças, como se o futuro fosse permanecer igual ao momento no qual se estava realizando o planejamento.

Esse pensamento sofre mudanças com a expansão da globalização e as rápidas alterações das paisagens, muito intensificadas nos grandes aglomerados urbanos. O foco das principais discussões políticas passa a ser as mudanças ambientais e suas consequências e encaminhamentos do planeta

Para Mendonça (2010), a abordagem dos riscos socioambientais urbanos aparece como um novo paradigma quanto à produção e reprodução socioespacial. As paisagens passam a ser vistas como passíveis de mudanças e responsáveis por produzir incertezas quanto às condições de risco à sociedade futura já que estão em acelerada e contínua transformação, aspectos de grande importância para a gestão da cidade atualmente.

A noção de riscos socioambientais urbanos surge como um dos principais temas de interesse da Geografia atual já que ocorrem nos parâmetros espacial e temporal, pontos de interesse desta ciência. É uma dinâmica que exige uma abordagem entre os elementos natural (ambiental) e social (cultural, política e tecnológica) em conjunto, uma vez que para a caracterização do risco é necessária o envolvimento dos grupos sociais.

As cidades brasileiras em geral se constituíram de forma desigual do ponto de vista das classes sociais, e Manaus não é uma exceção. A produção do seu espaço urbano se deu de forma segregadora, beneficiando alguns poucos grupos que se utilizaram de ferramentas econômicas e políticas. Ao se considerar uma Bacia Hidrográfica para estudo de vulnerabilidades socioambientais se faz necessário partir da concepção de que esta é detentora de uma dinâmica instável que ocorre continuamente, fato que se expresso nas mudanças que ocorrem na paisagem.

Um planejamento urbano desenvolvido para um bairro, por exemplo, deve levar em consideração sua totalidade, dando maior atenção as áreas consideradas mais susceptíveis a instabilidade, como é o caso das Bacias Hidrográficas. As ações e alterações sociais nas estruturas desses espaços podem servir como impulsionadores do risco natural pré-existente, como a construção de casas, onde se faz necessário uma mudança no terreno por parte do morador, porém essa alteração (aterro ou cortes de talude) desencadeia uma série de consequências, que futuramente poderão atingir o próprio responsável pelo seu início, fato muito comum nas áreas de desmoronamento.

Ao estudar as áreas de vulnerabilidade socioambiental urbanas deve-se considerar a análise das variáveis ambientais físicas, ecológicas e sociais responsáveis pela fisiologia da paisagem. Por ser definida como uma unidade “bem delimitada no espaço e de fácil caracterização, onde interações, no mínimo físicas, estão integradas” (SANTOS, 2004, p. 80), a bacia hidrográfica é atualmente aceita como unidade natural de gestão da paisagem, o que torna a categoria *Paisagem* importante para o estudo destes locais.

De acordo com Maciel e Lima (2011, p. 61) a estruturação da paisagem como conceito científico tem início em meados do século XIX. A partir de então sua utilização como categoria dentro da Geografia teve contribuições das diferentes escolas o que causou influência na sua forma de aplicação atual, uma vez que esta pode ter diversos significados (Quadro 1).

Quadro 1: Diferentes considerações a respeito do conceito de paisagem de acordo com as escolas geográficas.

ESCOLA	CONSIDERAÇÕES
Escola germânica	Foram apresentados novos conceitos sobre paisagem, trabalhando em uma visão geográfica, a partir de um novo método de trabalho baseado na cartografia geomorfológica. Essa escola introduziu também o conceito da paisagem como categoria científica e a compreendeu até os anos de 1940, como um conjunto de fatores naturais e humanos;
Escola francesa	Christofoletti (1999) afirma que La Blache considerou como elementos básicos, na organização e desenvolvimento dos estudos geográficos: as características significativas dos pays e regiões, os componentes da natureza e os originários das atividades humanas (virada do século XX). Dessa forma, Guerra (2006) complementa que o termo região foi, durante um longo tempo, o pilar da Geografia francesa, aplicando-se tanto a conjuntos físicos, estruturais ou climáticos quanto aos domínios caracterizados pela sua vegetação;
Antiga União Soviética	Se caracterizou por ser uma escola fechada, cientificamente, em relação às demais escolas, e pode-se dizer que Dokoutchaev, em 1912, trouxe uma nova abordagem com relação aos elementos da natureza, definindo o Complexo Natural Territorial (CNT), na qual inclui os processos físicos, químicos e bióticos, colocando a vegetação como diferenciadora nas tipologias das unidades de paisagem e o solo como produto da interação entre o relevo, clima e a vegetação;
Escola Anglo-americana	Durante os anos de 1940 nos Estados Unidos, substituiu o termo landscape, que estava, até então, em uso nesse país sob influência da geografia alemã (Carl Sauer), pela ideia da “região” (Richard Hartshorne), sendo esta um conjunto de variáveis abstratas deduzidas da realidade da paisagem e da ação humana (SCHIER, 2003). A paisagem era analisada sob a perspectiva da evolução do relevo, e teve como destaque trabalhos de Grove Karl (1880) e de William Morris Davis (1899).

Fonte: Maciel e Lima, 2011 org. Leitão, 2017.

A necessidade de se entender os fluxos de energia e matéria da natureza encontrou amparo na complexidade por meio do qual algumas teorias se desenvolveram. Foi à luz de seus princípios que a Teoria Geral dos Sistemas – TGS se desenvolveu, e com as contribuições de Ludwing Von Bertalanffy entre as décadas de 1950-1960 e suas concepções sobre a existência de sistemas abertos (quando há troca de matéria e energia com o meio) a TGS conseguiu se estabelecer, tratando das características formais das entidades denominadas sistemas.

Alguns autores desenvolveram teorias baseadas nessa abordagem sistêmica, sob a perspectiva de uma visão holística, estando a paisagem em destaque dentro desta análise. Os estudos desenvolvidos por George Bertrand (1971; 2007) trazem um ponto de vista mais amplo quanto a paisagem através da proposta metodológica GTP - Geossistema, Território e Paisagem. Nessa proposta a paisagem diz respeito à expressão cultural e econômica, manifesta através da apropriação, da utilização e do significado que é atribuído aos elementos do geossistema, pela comunidade local (PISSINATI e ARCHELA, 2009 p.11).

## **2.6. Bacia hidrográfica como recorte espacial de análise da vulnerabilidade socioambiental**

Para a seguinte pesquisa foi utilizada a definição estabelecida por Santana (2004, p. 32), que afirma que “cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação a última, uma sub-bacia”, uma vez que estes termos são relativos e dependem do recorte realizado pelo pesquisador utilizaremos aqui a classificação de bacia.

De acordo com Lecastre e Franco (1984) apud Rebello (2010, p. 11) Bacia Hidrográfica é definida como uma área topograficamente drenada por um único curso de água, ou por um sistema interligado, onde todos os caudais efluentes convergem através de uma única saída. O conceito de Bacia Hidrográfica envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d’água principal e seus afluentes (PIRES, SANTOS e DEL PRETTE, 2002, p. 17).

Christofolletti (1980, p. 102) destaca que a quantidade de água que a bacia hidrográfica vai receber depende da relação entre suas características como

tamanho da área ocupada e os processos naturais de ganho (precipitação) e perda (evapotranspiração e infiltração). Para a realização da sua gestão acrescenta-se a isso a análise das ações antrópicas, uma vez que estas agem diretamente sobre essas características proporcionando alterações.

Sendo assim, a Bacia Hidrográfica é além uma unidade geomorfológica, uma unidade ambiental e territorial de acordo com Botelho e Silva (2004), sendo considerada um *sistema* natural aberto onde várias esferas interagem em diferentes níveis, havendo troca de energia e matéria entre os seus componentes (LIMA e ZAKIA, 2000; SANTOS, 2004; TEODORO et al, 2007), por isso se torna interessante para o desenvolvimento de análises ambientais a utilização da abordagem sistêmica, “toda ocorrência de eventos em uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema, na quantidade dos cursos de água e sua qualidade” (SANTOS, 2004, p. 85) podendo lhe causar desequilíbrio.

A maioria dos autores afirma que ao analisar questões ambientais urbanas por meio da abordagem geossistêmica devem-se considerar dois pontos: o seu potencial ecológico e a exploração biológica, que, assim como Amorim (2012) consideram “[...] indiscutível a interferência das atividades antrópicas em seu funcionamento, considerando ainda a sua dinâmica, que é caracterizada pela transferência de matéria e energia”, principalmente ao se referirem aos impactos ambientais, que são ao mesmo tempo promovidos pelos agrupamentos urbanos e produto do processo de transformações dinâmicas e recíprocas da natureza e da sociedade estruturadas em classes sociais.

Essa exploração biológica das áreas de vulnerabilidade aqui colocada refere-se a forma de uso de seus componentes naturais pelos moradores dessas áreas. Ao fazer uma obra em uma área com alta vulnerabilidade (área de vertente íngreme, por exemplo) interfere-se na dinâmica natural, sua estrutura física é modificada, reorganiza-se o espaço e reestruturam-se os processos ali presentes, o nível das consequências (um possível deslizamento de terra) dependerão do grau de interferência ocorrido.

Para Lima e Zakia (2000 apud TEODORO et al, 2007, p. 139):

as bacias hidrográficas são sistemas abertos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão, e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, acarretará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico.

Modificações do ambiente que alteram os canais e o fluxo superficial que converge em direção as bacias hidrográficas aumentando seus níveis, como a impermeabilização do solo, drenagem inadequada e assoreamento, causam consequências como o surgimento de áreas de enchentes e o desencadeamento de processos erosivos nas encostas.

Atualmente são desenvolvidas atividades variadas na Bacia Hidrográfica Boa Vista que interferem em sua dinâmica e alteram sua estrutura em diversos níveis estando ligadas principalmente a recreação e lazer e indústria, dos quais Rocha (2014, p. 89) destaca em três grandes grupos os principais atores que utilizam e ocupam sua área:

- O primeiro composto pelas empresas voltadas para o setor da economia que envolve as indústrias pertencentes ao Polo Industrial, [...] situada na estrada do Puraquequara, Distrito Industrial II.
- No segundo incluem-se as empresas do setor de serviços como: hotéis, restaurantes, embarcações de pequenos e médios portes, comércios outros serviços. Com o crescimento do turismo, empresas do ramo de hotelaria tem se instalado na região.
- O comércio que é desenvolvido na bacia, como restaurantes, mercadinhos, lanchonetes uma pequena feira que ocorre diariamente em uma área utilizada como “porto” (porém sem nenhuma estrutura), sem regras ou normas de uso do solo urbano e sem fiscalização, denotam a ausência do poder público [...].

#### 2.6.1. Bacia Hidrográfica como delimitador da ocupação

É importante considerar os traços sociais e de formação espacial de um país, assim destaca-se o Brasil como um território constituído por desigualdades que se reproduzem e intensificam os problemas socioambientais no decorrer do tempo. As heterogeneidades sociais terão seu reflexo nas formas em que cada grupo será

impactado. É nessa identificação que se dará as condições de vulnerabilidade socioambiental da população.

As bacias hidrográficas urbanizadas de Manaus carregam consigo uma importância histórica. No passado foram locais muito utilizados para o lazer, fato que durou até meados dos anos 1970, antes da instalação da ZFM. Atualmente podem ser caracterizados como locais de segregação. Nogueira (2000) apud Santos (2014, p. 65) cita a cidade de Manaus como um modelo de desenvolvimento urbano excludente onde seus arranjos urbanos constituem “um ‘mosaico’ de paisagens reveladoras e geradoras da segregação sócio-espacial”.

São áreas intensamente ocupadas do perímetro urbano, processo que segundo Sebusiani e Bettine (2011, p. 260) ocorreu de maneira desordenada. Seu processo de uso e ocupação do solo é desenvolvido na maioria das vezes de modo espontâneo, sem considerar as questões ambientais. Entre os fatores que proporcionam a transformação ambiental, Santos (2005) apud Santos (2014, p. 66) destaca:

O desmatamento, e a ocupação das margens dos cursos d'água urbanos para fins de habitação, constituindo-se em fatores de degradação ambiental, acelerando o processo de erosão do solo e, conseqüentemente assoreamento dos igarapés, gerando com isso uma diminuição no nível de qualidade de vida da parcela populacional que habita aqueles locais,

Os desdobramentos das ocupações próximas a essas áreas são transformações no seu sistema hidrológico, como exemplo, o asfaltamento das ruas que causa a diminuição na infiltração da água no solo aumentando o escoamento superficial, esse fluxo segue em direção a esses cursos hídricos resultando na sua elevação que provoca enchentes graves nas áreas urbanas, outro ponto é a inserção da microdrenagem às estruturas urbanas (estruturas de captação de água e rede de esgoto) que convergem em direção a esses sistemas fluidos sem tratamento resultando na poluição de suas águas.

Para Hammes (2002) apud Sebusiani e Bettine (2011, p. 261) “o estudo da bacia hidrográfica deve considerar, além das questões físicas, os demais aspectos econômicos, sociais, culturais e políticos, característicos de cada localidade” para tratar questões ambientais. As bacias hidrográficas presentes no meio urbano

constituem um recorte espacial de importância fundamental para o planejamento urbano pela integração que estabelecem entre esses aspectos.

O processo de ocupação adensado sobre os corpos hídricos e a falta de percepção da população em relação a natureza causam impactos como a erosão e enchentes, através dessa perspectiva podemos concluir que os rios funcionam como “um cenário natural que evidencia os processos humanos atuantes” (REBELLO, 2010, p. 29), são uma espécie de resumo dessas dinâmicas, por isso se configuram como ambiente interessante para o desenvolvimento de estudos socioambientais.

Esse adensamento populacional é seguido por alterações urbanas que atingem de forma direta e indireta o funcionamento do ciclo hidrológico podendo causar alterações em toda sua estrutura física com consequências em diferentes escalas espaço-temporais. Alterações locais podem alcançar uma proporção maior se estendendo para além do seu local de origem e afetando outros indivíduos.

Por isso se torna importante a união das características hidrogeomorfológicas às atividades de uso do solo. O estudo de suas características permite identificar e propor ações referentes a modificações ambientais, “os estudos morfométricos oferecem vários tipos de indicadores que podem ser utilizados, para avaliar parâmetros, para a compreensão dos processos hidrogeomorfológicos” (REBELLO, 2010).

#### 2.6.2. Impacto das enchentes e voçorocas em decorrência da expansão urbana e das mudanças na paisagem

##### ➤ Voçorocamento

Conforme definido por Vieira (2010; 1998, p. 43), as voçorocas são feições erosivas, com queda em blocos das camadas de solo, paredes verticais, fundos planos, formando secção transversal em “U” e profundidade superior a 1,5 m. Seu surgimento pode ter tanto influências naturais - as formas do relevo, solo, presença de vegetação e clima, como também das ações antrópicas que por meio de suas atividades alteram a paisagem desses locais.

As voçorocas podem ser o resultado de erosão superficial (remoção das camadas superficiais do solo através das ações do vento e das águas), erosão subsuperficial (carreamento das partículas menores do solo por entre as maiores, ou pelo fluxo hídrico em macroporos) e movimentos de massa (os principais são corrida, escorregamento e queda em bloco) (BACELLAR, 2006 apud PIRES, 2016). Elas podem ser classificadas em diferentes formas relacionadas a processos e ambientes específicos (Quadro 2).

Quadro 2: diferentes formas de voçoroca

<b>Forma</b>	<b>Características</b>
Linear	Esta forma está ligada a existência de uma zona principal de convergência de drenagem, influenciada ainda pelas características de resistência e/ou ocorrência de controle estrutural evidente.
Bifurcada	Apresenta duas zonas de contribuição de fluxos superficiais concentrados.
Ramificada	Caracterizada pela ocorrência de vários canais de drenagem superficiais, fluxos superficiais difusos ocorrendo geralmente em solo do tipo Espodossolo ou em outros solos onde a declividade do terreno é relativamente baixa.
Irregular	Ligada a existência de um ou mais fluxos superficiais concentrados, caracterizando-se como transitória entre outras formas existentes.
Retangular	A forma final da expansão das outras formas descritas próximo a estabilização natural.

Fonte: Vieira, 2008 Org. Leitão, 2018.

Para Rebello (2010, p. 30) o surgimento de erosões, quando localizada na margem de um curso de água, é um ponto de partida para o assoreamento dos canais. O material retirado das margens é transportado e depositado no canal, causando alterações na sua dinâmica que resultam diretamente no agravamento das enchentes, devido ao acúmulo de sedimentos que interfere na capacidade daquele curso e com isso ocorre o transbordamento da água. Logo, a autora reitera a necessidade de levar esse aspecto em conta ao se debater os efeitos negativos sobre os recursos hídricos e das formas de planejamento e uso do solo.

Esses processos erosivos são cada vez mais comuns nos ambientes urbanos, se tornando um dos principais problemas das grandes cidades e também nas zonas rurais. Segundo Rebello (2010, p. 30), “a evolução de voçorocas em áreas urbanas tem se apresentado como um sério problema para os que estudam e analisam as diferentes formas de uso do solo neste ambiente” estando associada a eventos de risco e diversas tragédias urbanas que chegam a ameaçar a segurança de alguns indivíduos estando presentes em relatórios técnicos realizados por diversos órgãos públicos (CPRM em Manaus, 2010; Defesa Civil, 2012; IBGE, 2010).

### ➤ Enchente

Existe uma confusão conceitual relativa aos termos alagamento, inundação e enchente cabendo aqui deixar clara a diferença. O alagamento está ligado a deficiência do sistema de drenagem que permite o acúmulo de água em alguns pontos. A Inundação se caracteriza como um processo em que ocorre a elevação do nível de água normal a ponto de não se limitar a calha principal e extravasa para áreas marginais (UNESP, 2017), podendo decorrer de uma cheia. Tucci (2008, p. 105) a classifica em dois processos:

**Inundações de áreas ribeirinhas:** são Inundações naturais que ocorrem no leito maior dos rios por causa da variabilidade temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica; **Inundações em razão da urbanização:** são as Inundações que ocorrem na drenagem urbana por causa do efeito da impermeabilização do solo, canalização do escoamento ou obstruções ao escoamento.

Enquanto que a Enchente diz respeito a elevação do nível de água, sem que ocorra transbordamento. A água permanece no canal de drenagem (Figura 5). Esse aumento de vazão se estende por certo período de tempo e pode ter causas naturais (grande intensidade de chuvas) ou influencia antrópica (deficiência na infraestrutura urbana).



Figura 5: perfil esquemático do processo de enchente e inundação  
Fonte: adaptado de Ministério das Cidades / IPT (2007)

As enchentes urbanas estão principalmente ligadas a impermeabilização do solo e interferência no escoamento, processos decorrentes das estruturas e engenharias utilizadas na composição do espaço que muitas vezes não consideram os aspectos naturais de cada lugar. Devido a esses aspectos as enchentes e

Inundações em área urbanizada são maiores que em ambientes rurais, como podemos ver no hidrograma (Figura 6) elaborado por Tucci (2008):

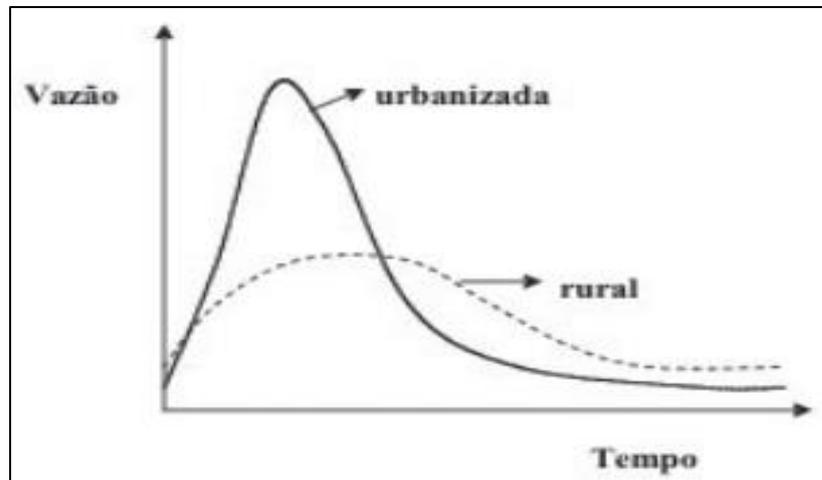


Figura 6: Hidrograma de bacia rural e depois de urbanizada.  
Fonte: Tucci, 2008.

Carneiro (et al, 2010, p. 37) destaca alguns fatores importantes neste processo que podem causar seu agravamento, como: a deficiência na infraestrutura urbana, nos serviços de esgotamento sanitário e de coleta de resíduos sólidos; ocupação desordenada, inadequada e ilegal de margens dos rios ou de planícies inundáveis; falta de tratamento nos leitos das vias públicas e a obstrução ou estrangulamento do escoamento em decorrência de estruturas que interferem na sua dinâmica.

Esses fenômenos são uma das principais responsáveis pela ativação e/ou aceleração dos processos envolvidos na dinâmica das paisagens da BHBV, tendo como efeito a reorganização dos seus elementos constituintes e, contudo, na formação e transformação dessas paisagens.

### 3. PROCEDIMETOS METODOLÓGICOS

O fluxograma a seguir (Figura 7) apresenta quais os procedimentos necessários para cada um dos objetivos estabelecidos que convergiram para o resultado final da pesquisa.

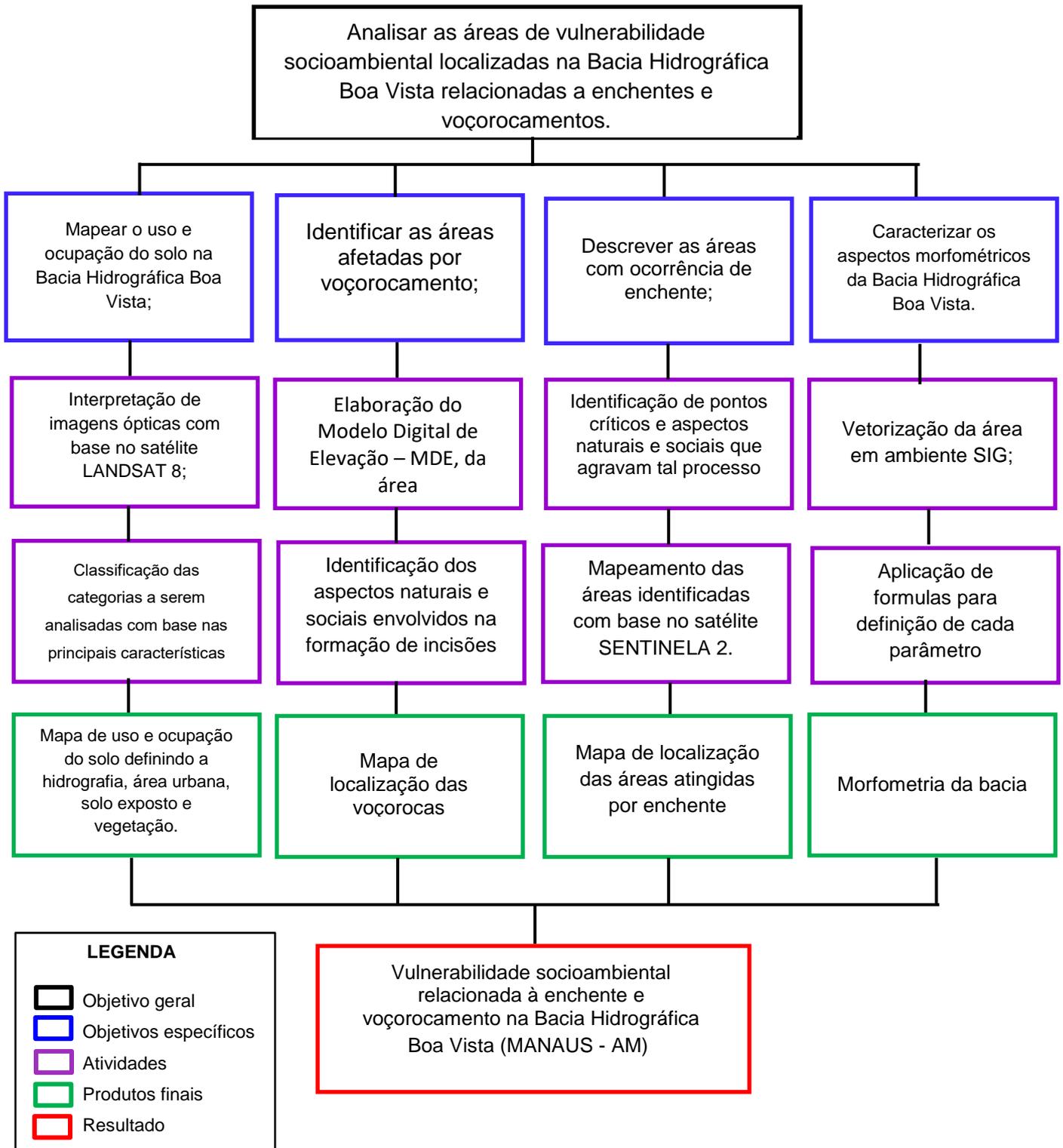


Figura 7: Fluxograma: procedimentos metodológicos para desenvolvimento da pesquisa. Organização: Suliâne Leitão, 2017.

### **3.1. Mapeamentos das formas de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica Boa Vista**

Considera-se importante a análise de toda a área da Bacia Hidrográfica Boa Vista – BHBV, visto que alguns aspectos servem como potencializadores da vulnerabilidade socioambiental. Os aspectos urbanos podem influenciar na incidência de novos e/ou aceleração de processos erosivos já existentes assim como na ocorrência de enchentes mais drásticas.

O mapeamento foi realizado por meio de geoprocessamento em quatro etapas: georeferenciamento, composição das bandas, segmentação e classificação. Primeiramente por meio de imagem do satélite LANDSAT 8 na escala de 1:50.000 obtidas do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) a BHBV foi delimitada com a utilização do software ArcGIS 10.3.1, em seguida foi realizada composição de cores e construídos polígonos que representem a cor de determinada superfície considerando quatro categorias: água, vegetação, área urbana e solo exposto, o que possibilitou analisar a dinâmica de uso e ocupação do solo na BHBV.

Foi realizada visita de campo durante o período de cheia e no período da vazante do rio que geraram anotações e imagens para checagem das informações existentes na imagem de satélite da área.

### **3.2. Identificação das áreas afetadas por voçorocamento**

As áreas afetadas por voçorocamento foram identificadas através de imagens de satélite recentes, processadas com auxílio do SIG ArcGIS 10.3.1. Seguindo de levantamentos de dados secundários a partir de teses e dissertações referentes ao tema (VIEIRA, 1998, 2008; FROTA FILHO, 2016; MACENA, 2016), e realização de trabalho de campo para monitoramento dessas incisões (localização, declividade e descrição da área do entorno da incisão).

Foi elaborado o MDE (Modelo Digital de Elevação) - uma representação matemática/computacional contínua da topografia do terreno distribuída espacialmente através da qual se pode obter dados referentes as características fisiográficas do local como comprimento e declividade do canal. Na elaboração do MDE foi utilizada imagem SRTM (Missão Topográfica Radar Shuttle) obtidas do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Manipuladas através de SIG (ArcGIS

10.3.1) a imagem teve cores e formas alteradas e o resultado foi a elaboração de mapa temático para o conhecimento do relevo da superfície da BHBV.

Com base nos dados foram desenvolvidos mapas temáticos para a declividade e de localização das voçorocas combinada com aspectos urbanos. Dentre os pontos de análise foram considerados: a presença de vegetação, construção de casas, presença de flutuantes, rede de drenagem e dinâmicas sociais (atividades desenvolvidas nesta Bacia), pois considera-se que esses itens servem como potencializadores de processos de inundação e voçorocamento.

### **3.3. Descrição das áreas com ocorrência de enchente**

A descrição das áreas com ocorrência de enchente realizou-se por meio de mapeamento e análise qualitativa e quantitativa dos parâmetros do terreno derivados do projeto Topodata - de acordo com guia elaborado por Valeriano (2008), como a declividade, altimetria e perfil topográfico da bacia; análise dos dados referentes as cotas do Rio Negro<sup>2</sup>; caracterização das morfologias dominantes da BHBV baseada em dados obtidos em ambiente SIG durante o mesmo período na área de estudo a fim de se obter as cotas máximas e mínimas da bacia; descrição dessas áreas com base nas imagens do satélite SENTINELA 2; registros fotográficos de áreas afetadas por enchente; consultas a dados de órgãos como a Defesa civil e mapeamentos anteriores realizados na área e por fim, o cruzamento dos dados obtidos.

### **3.4. Caracterização dos aspectos morfométricos da Bacia Hidrográfica Boa Vista**

A BHBV teve seus aspectos morfométricos caracterizados a partir de técnicas de geoprocessamento e uso de dados derivados do sensoriamento remoto, seguidos pela aplicação de fórmulas matemáticas.

---

<sup>2</sup> Não foi considerada a influência do Rio Negro sobre o regime da BHBV, uma vez que esta é conduzida pelo Rio Amazonas. Porém, devido a proximidade da estação e a área de estudo e a influência do Rio Negro em grande parte da orla da cidade, foram utilizados os dados referentes a estação fluviométrica instalada no porto de Manaus. Seus dados serviram de parâmetro para construir um cenário comparativo entre as ocorrências dos eventos estudados em outros pontos.

Os parâmetros morfométricos analisados são: Hierarquia fluvial; Relação de bifurcação (Rb); Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (RLm); Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (Rlb); Comprimento do rio principal; Extensão do percurso superficial (Eps); Área da bacia (A); Comprimento da bacia (L); Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia; Forma da bacia (Ic); Densidade de rios (Dr); Densidade de drenagem (Dd); Curva hipsométrica; Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm); Relação de relevo (Rr) e índice de rugosidade (Ir); cujos cálculos e interpretações seguem abaixo.

### **a) Hierarquia fluvial**

A hierarquia fluvial de acordo com Christofolletti (1980), consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Esse procedimento se configura como um facilitador dos estudos morfométricos.

A hierarquização dos canais se realizou de acordo com a classificação de Strahler (1952). De acordo com esse método os canais de primeira ordem são aqueles sem afluentes; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem; e assim por diante. Quando dois rios de ordens hierárquicas diferentes juntam-se, prevalece a maior ordem.

Em ambiente SIG foi selecionado os canais de cada uma das ordens identificadas de acordo com os padrões definidos por Strahler (1952). Com isso foi possível destacar com diferentes cores e espessuras cada ordem.

### **b) Relação de bifurcação (Rb)**

Definida por R. E. Horton (1945 apud CHRISTOFOLETTI, 1980) como sendo a relação entre o número total de segmentos de uma certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior.

$$Rb = Nu / Nu+1$$

Onde:

*Nu = Número de segmentos de determinada ordem*

*Nu+1= Número de segmentos da ordem imediatamente superior*

### **c) Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (RLm)**

Foi primeiro delimitado por R. E. Horton (1945) e posteriormente ajustado por Christofolletti (1980).

$$RLm = Lmu / Lmu - 1$$

Onde:

*Lmu = comprimento médio dos canais de determinada ordem*

*Lmu - 1= comprimento médio dos canais de ordem imediatamente inferior*

### **d) Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (Rlb)**

Também estabelecido por Horton (1945), é considerado um fator importante na relação entre a composição de drenagem e o desenvolvimento fisiográfico das bacias hidrográficas” (CHRISTOFOLETTI, 1980).

$$Rlb = RLm / Rb$$

Onde:

*RLm = índice do comprimento médio entre duas ordens subsequentes*

*Rb = relação de bifurcação entre as mesmas duas ordens subsequentes*

### **e) Comprimento do rio principal**

É a distância que se estende ao longo do curso de água desde a desembocadura até determinada nascente. Seguindo os critérios destacados por Shreve (1974, apud CHRISTOFOLETTI, 1980):

- Aplicar os critérios estabelecidos por Horton, pois o canal de ordem mais elevada corresponde ao rio principal;

- Em cada bifurcação, a partir da desembocadura, optar pelo ligamento de maior magnitude;

- Em cada confluência, a partir da desembocadura, seguir o canal fluvial montante situado em posição altimétrica mais baixa até atingir a nascente do

seguimento de primeira ordem localizada em posição altimétrica mais baixa, no conjunto da bacia;

- Curso de água mais longo, de desembocadura da bacia até determinada nascente, medido com a soma dos comprimentos dos seus ligamentos.

#### **f) Extensão do percurso superficial (Eps)**

Esse parâmetro se referente a distância média percorrida entre o interflúvio e o canal permanente. Esta afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiológico da bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

$$(Eps): Eps = 1/2Dd$$

Onde:

*Eps = extensão do percurso superficial*  
*Dd = densidade de drenagem*

#### **g) Área da bacia (A)**

A área da bacia refere-se a toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal. Os cursos d'água delimitados dentro deste perímetro escorrem na direção do declive, direcionando-se para sua foz no curso d'água principal (MARCUIZZO et al, 2012, p. 7). Após a determinação do perímetro da bacia em ambiente SIG é possível calcular sua área de forma automática.

#### **h) Comprimento da bacia (L)**

Considera-se a maior distância medida em linha reta, seguindo o curso d'água mais longo, entre a foz e a cabeceira mais distante da bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

#### **i) Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia**

Permite que o comprimento geométrico do curso de água principal possa ser calculado conforme a formula a seguir.

$$L = 1,5 A^{0,6}$$

Onde:

$L = \text{comprimento do rio principal}$   
 $A = \text{área da bacia}$

#### **j) Forma da bacia ( $I_c$ )**

Dentre as maneiras de se obter este dado foi proposto por V. C. Miller (1953) o índice de circularidade, que segundo Christofolletti (1980) é a relação entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro.

$$I_c = A / A_c$$

Onde:

$I_c = \text{Índice de circularidade}$

$A = \text{Área da bacia considerada}$

$A_c = \text{Área do círculo de perímetro igual ou maior ao da bacia considerada}$

#### **k) Densidade de rios ( $D_r$ )**

É a relação existente entre o número de rios e a área da bacia hidrográfica, serve para comparar a frequência ou quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão. Conforme Christofolletti (1980) o cálculo para a densidade de rios é:

$$D_r = N / A$$

Onde:

$N = \text{Número total de rios ou cursos d'água}$

$A = \text{Área da bacia}$

#### **l) Densidade de Drenagem ( $D_d$ )**

Correlaciona o comprimento de todos os canais de escoamento da bacia hidrográfica. De acordo com Christofolletti (1980) o cálculo para a Densidade de Drenagem é:

$$D_d = L_t / A$$

Onde:

$L_t = \text{comprimento total dos canais -}$

$A = \text{Área da bacia}$

#### **m) Curva hipsométrica**

A hipsométrica estuda as inter-relações referentes a distribuição das faixas altitudinais sobre o espaço. A curva hipsométrica é a representação gráfica da

variação de altitude do relevo em relação à área da bacia, representada através de gráfico. No eixo Y foram colocados os dados altimétricos, e no eixo X foram colocados os dados de área ocupada por cada classe de altitude (%).

#### **n) Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm)**

É a diferença altimétrica entre a altitude da desembocadura e a altitude do ponto mais alto situado em qualquer lugar da divisória topográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980).

$$Hm = Hmax - Hmin$$

Onde:

*Hm = Amplitude altimétrica;*

*Hmax = Altitude máxima;*

*Hmin = Altitude mínima.*

#### **o) Relação de Relevo (Rr)**

Considera a relação entre a amplitude altimétrica máxima de uma bacia e a sua maior extensão (CHRISTOFOLETTI, 1980).

$$Rr = Hm / Lh$$

Onde:

*Hm = amplitude altimétrica máxima*

*Lh = comprimento da bacia*

#### **p) Índice de Rugosidade (Ir)**

De acordo com Christofolletti (1980), esse parâmetro combina qualidades da declividade e comprimento das vertentes versus a densidade de drenagem.

$$Ir = H \times Dd$$

Onde:

*H = Amplitude altimétrica*

*Dd = Densidade de Drenagem*

Existe uma importância de se estudar o modelado terrestre para a análise de uma bacia hidrográfica, pois ambas estão intimamente ligadas. Por esse motivo a análise morfométrica se mostra interessante uma vez que considera a interação dos processos físicos de forma quantitativa, expressando não somente suas características, mas também as relações existentes entre estas.

Esse método representa um detalhamento dos processos da bacia, o qual torna possível identificar suas potencialidades. Tais cálculos podem servir como instrumento na identificação dos níveis de dissecação do relevo da área de estudo. Informação que se faz importante no desenvolvimento do estudo, uma vez que, o nível de dissecação está intimamente ligado ao nível de vulnerabilidade.

### **3.5 Determinação da vulnerabilidade da Bacia Hidrográfica Boa Vista**

De acordo com o objetivo geral, foram delimitadas variáveis a fim de possibilitar a análise da vulnerabilidade na Bacia Hidrográfica Boa Vista, a considerando como resultado da interação entre diversos componentes. As variáveis foram classificadas de acordo com a relevância de cada uma dentro do conjunto, em relação a vulnerabilidade à enchente e ao voçorocamento. Os mapeamentos se constituíram por meio de uso de imagens de satélite e trabalho de campo para coleta de dados e análise dos impactos presentes na área de estudo.

#### **3.5.1 Classes da vulnerabilidade à voçorocamento**

Utilizou-se a classificação supervisionada, uma vez que já se tinha conhecimento sobre a área em estudo, possibilitando o fornecimento dos tipos de cobertura que interessam na imagem para o desenvolvimento do estudo. Os limites das áreas foram traçados diretamente sobre imagem de satélite (LANDSAT 8), obedecendo o levantamento realizando previamente em campo.

Para a determinação da vulnerabilidade da Bacia Hidrográfica Boa Vista à processos de voçorocamento, foram considerados como elementos principais a declividade, a hipsometria e o uso e ocupação do solo.

##### **a) Declividade:**

Os valores foram distribuídos entre as classes em um padrão crescente onde o aumento do valor acompanha o aumento da classe de declividade, logo, a vulnerabilidade baixa foi atribuída às áreas com declividade entre 0 e 8%, e a vulnerabilidade alta atribuída às classes de declividade entre 20% e >45% (Quadro 3).

Esta escolha se deu uma vez que as áreas com maior declividade são mais suscetíveis a processos de voçorocamento devido a ação da força gravitacional sobre as encostas e o escoamento da água (EMBRAPA, 1999).

Quadro 3: vulnerabilidade das classes de declividade

<b>Classe</b>	<b>Vulnerabilidade</b>
0-3%	Baixa
3-8%	Baixa
8-13%	Média
13-20%	Média
20-45%	Alta
>45%	Muito alta

Fonte: Suliane Leitão, 2018

b) Uso e ocupação do solo:

Dentro do estudo de uso e ocupação do solo foi delimitada a densidade de construções, segmentada em três classes: alta densidade, média densidade e baixa densidade. Com aplicação de valores a cada uma das classes, a fim de caracterizar a vulnerabilidade na área de estudo (Quadro 4).

Quadro 4: vulnerabilidade das classes do uso e ocupação do solo

<b>Classe</b>	<b>Vulnerabilidade</b>
Baixa densidade	Baixa
Média densidade	Média
Alta densidade	Alta

Fonte: Suliane Leitão, 2018

c) Altitude:

Para a hipsometria foram delimitadas 9 classes. Os valores foram distribuídos entre as classes em um padrão crescente. Conforme ocorre o aumento do valor, ocorre também aumento da classe hipsométrica, logo, às classes com menor valor hipsométrico foi atribuída a vulnerabilidade mais baixa e às classes com maior valor hipsométrico atribuiu-se a vulnerabilidade mais alta (Quadro 5).

Quadro 5: vulnerabilidade das classes hipsométricas

<b>Classes hipsométricas</b>	<b>Vulnerabilidade</b>
6 - 20	Muito baixa
20 - 30	Baixa
30 - 40	Baixa
40 - 50	Média
50 - 60	Média
60 - 70	Média
70 - 80	Alta
80 - 90	Alta
90 - 101	Muito alta

Fonte: Suliane Leitão, 2018

Os elementos para a determinação da vulnerabilidade da BHBV à processos de voçorocamento foram inter-relacionados em ambiente SIG para o diagnóstico da área. Foram delimitados quatro graus de vulnerabilidade atribuídos de acordo com os componentes de cada variável (Quadro 6).

Quadro 6: Graus de vulnerabilidade à voçorocamento

Grau	Descrição
Grau de Vulnerabilidade Baixo - V1	foram enquadradas as áreas que apresentam de maneira geral, baixa declividade, baixa hipsometria e baixa densidade.
Grau de Vulnerabilidade Médio - V2	foram enquadradas as áreas que apresentam de maneira geral, uma média declividade, hipsometria e média densidade
Grau de Vulnerabilidade Alto - V3	foram enquadradas as áreas que apresentam de maneira geral uma alta declividade, hipsometria e média densidade
Grau de Vulnerabilidade Muito alto – V4	estão as áreas que apresentam de maneira geral uma alta declividade, hipsometria e média densidade e presença atual ou passada de feições erosivas do tipo voçoroca. Consideradas, por tanto, áreas já propensas a este tipo de dinâmica

Fonte: Suliane Leitão, 2018

### 3.5.2 Classes da vulnerabilidade à enchente

Para a determinação da vulnerabilidade da BHBV a processos de enchente, se associou os elementos de urbanização referentes ao uso do solo e a delimitação das cotas de elevação da bacia. Posteriormente, foi identificado com o auxílio de imagens de satélite, as estruturas presentes na área, dentre as quais estão residências, comércios, indústrias e galpões. Foram delimitados três graus de vulnerabilidade atribuídos de acordo com as estruturas encontradas (Quadro 7).

Quadro 7: graus de vulnerabilidade à enchente na BHBV

Grau	Descrição
Baixo Grau de Vulnerabilidade - V1	Locais inseridos na cota de 30 m, constituídos por fábricas e/ou galpões, por considerar que essas possuem estruturas mais resistentes a desastres.
Médio Grau de Vulnerabilidade - V2	Locais inseridos na cota de 30 m, constituídos por poucas residências e comércios.
Alto Grau de Vulnerabilidade - V3	Locais inseridos na cota de 30 m, com grande densidade de residências e comércios.

Fonte: Suliane Leitão, 2018

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Caracterização dos aspectos naturais e urbanos nos locais de ocorrência de voçorocas**

Dos bairros que compõem a área da BHBV, somente o Jorge Teixeira apresenta incisões erosivas do tipo voçoroca (07 incisões). A incidência deste tipo de feição erosiva não é atual no bairro, como observado por Vieira (2008), alguns pontos passaram por intervenção do poder público e encontram-se recuperados.

No mapa do uso e ocupação do solo da BHBV (Figura 8), nota-se que a maior parte da bacia é composta por área com vegetação (setor do Distrito Industrial II) seguido pela área urbanizada, que está concentrada os bairros Puraquequara e Jorge Teixeira (este último sendo o mais urbanizado).

#### **4.1.1. Vegetação**

A cobertura vegetal é de grande importância para a proteção do solo, uma vez que esta serve como dissipador da energia cinética das gotas da chuva, ao impedir seu impacto direto na superfície do solo (CASTRO et al, 2006, p.341) que causam a desagregação de suas partículas, além de servir como obstáculo para o arraste dessas partículas por meio do escoamento superficial, fase que dá início ao processo de erosão.

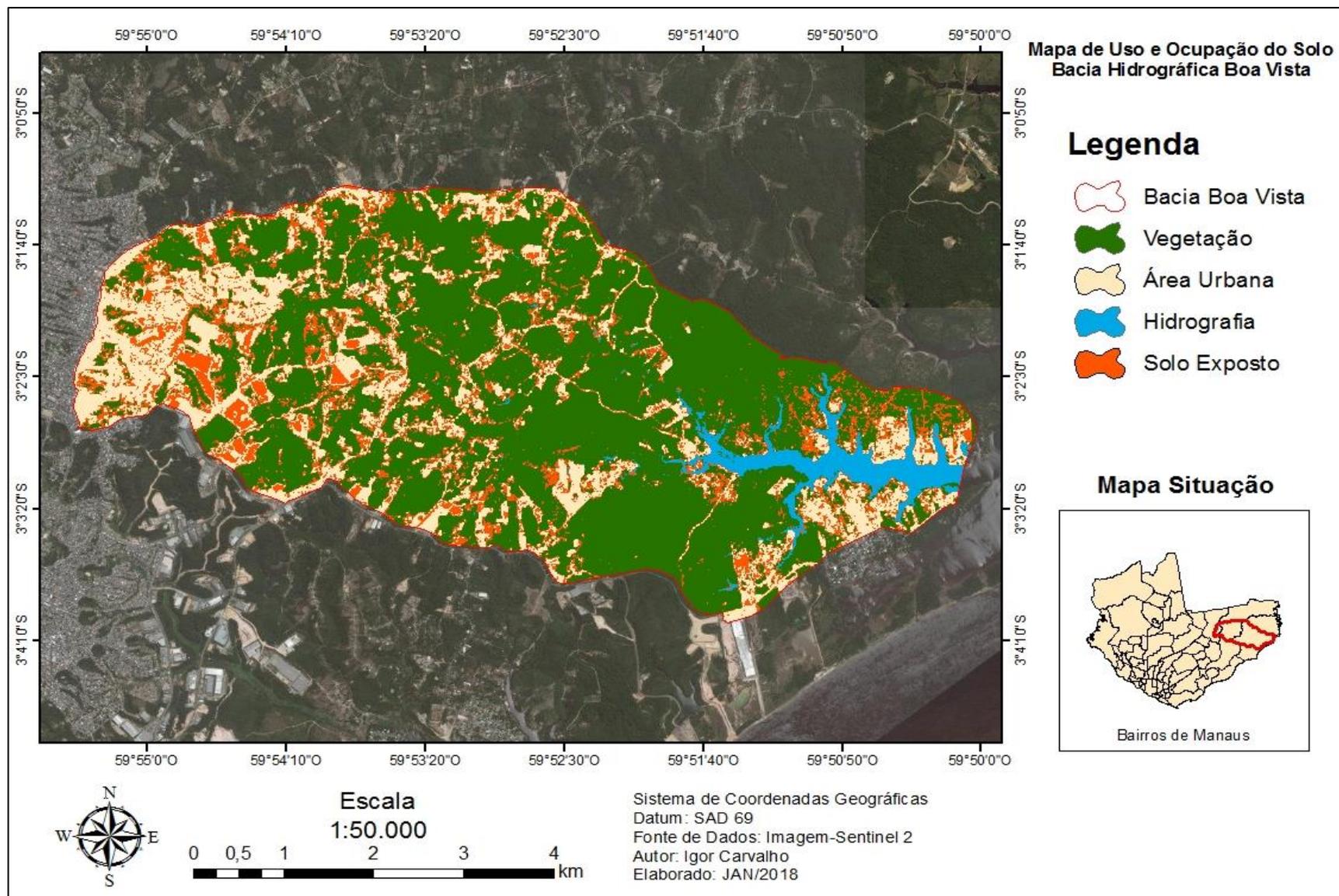


Figura 8: mapa de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica Boa Vista.  
Fonte: SENTINELA-2 (2017). Modificado por Igor Carvalho

Segundo estudos realizados por Pinheiro et al. (2013, p.4183) houve uma redução drástica na cobertura vegetal de Manaus em um curto período de 34 anos (Figura 9), restando apenas cerca de 40% das florestas originais. Essa mudança recente é bem marcada na Zona Leste e Zona Norte da cidade. Dentre as causas desta mudança os autores destacam o crescimento urbano e populacional, associado principalmente à existência da Zona Franca e do Polo industrial. Os bairros que compõem o perímetro da BHBV tem seu desenvolvimento marcado de maneira relevante por este período.

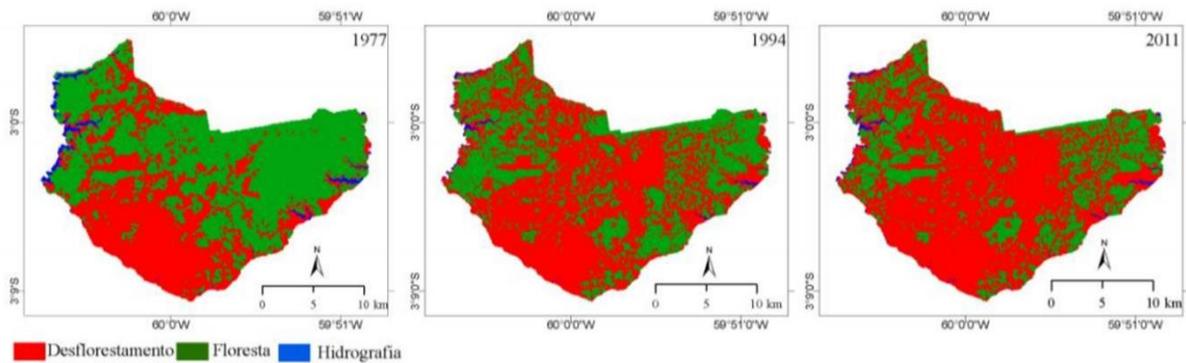


Figura 9: cobertura vegetal de Manaus.  
Fonte: Pinheiro et al., 2013.

A área da BHBV, especificamente no bairro Jorge Teixeira, onde se localizam as incisões erosivas do tipo voçoroca é o que mais teve diminuição na cobertura vegetal, sendo atualmente o bairro que possui menor quantidade de vegetação dentre os três bairros que compõem a área da BHBV. Neste bairro, a vegetação predominante é rasteira com algumas plantas de grande porte, sendo a maioria vegetação secundária. Dentre as várias espécies ali existentes vale salientar a presença de bananeiras nas proximidades das voçorocas.

As bananeiras possuem raízes curtas o que prejudica a sustentação do solo, além disso, esse tipo de vegetação tem como principal problema a captação de águas pluviais e despejo concentrado no solo, criando um fenômeno conhecido como fluxo de tronco, onde a água receptada por suas folhas converge pelo tronco de forma concentrada chegando com elevada força ao solo (OLIVEIRA e MÉLO, 2005; RIZZO, 2012; FROTA FILHO, 2016). É, portanto, uma espécie não recomendada para áreas já propícias a erosão, sendo um componente que contribuem para o surgimento e expansão de feições erosivas (Figura 10).



Figura 10: vegetação localizada nas proximidades de uma das incisões erosivas na Avenida Itaúba, Jorge Teixeira II.

Fonte: Leitão, 2016.

#### 4.1.2. Vertente

As diferenças nas características da vertente influenciam na potencialidade de uso do solo de determinado local. Ela tem relação direta com outros elementos que compõem a paisagem, tendo importância na energia presente na dissipação de água.

Conforme Chagas (2013) a topografia do terreno exerce enorme controle sobre os processos hidrológicos superficiais e sobre os ecossistemas, influenciando a absorção da radiação solar, precipitação, escoamento superficial, evaporação, regime de umidade do solo e tipo de vegetação (ANTONIO e TOMMASELLI, 2015, p. 3). A EMBRAPA (1979) define seis classificações de declividade para o terreno (Quadro 8):

Quadro 8: classificação de declividade EMBRAPA

Declividade (%)	Relevo
0 – 3	Plano
3 – 8	Suave ondulado
8 – 20	Ondulado
20 – 45	Forte ondulado
45 – 75	Montanhoso
>75	Forte montanhoso

Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 1979.

Junto a esses dados é também considerada a classificação de Ramalho Filho e Beek (1995, apud SOUSA e RODRIGUES, 2012) que define graus de suscetibilidade erosiva através da associação entre o tipo de relevo e sua declividade (Quadro 9).

Quadro 9: graus de susceptibilidade erosiva associada a declividade

<b>Tipo de Relevo</b>	<b>Classes de Declividade (%)</b>	<b>Suscetibilidade erosiva associada</b>
Suave ondulado	0 - 8	Não suscetível a pouco suscetível
Ondulado	9 – 20	Moderada a forte
Forte ondulado	21 – 45	Muito forte
Montanhoso a escarpado	>45	Severa

Fonte: Adaptado de Ramalho Filho e Beek (1995) apud Sousa e Rodrigues (2012).

De acordo com a Figura 11 a maior parte da bacia apresenta declividade “plano” e “suave ondulado”, variando entre 0 – 8% e “ondulado” 8 – 20%, o que a classifica, em maior parte, como Não suscetível a pouco suscetível ou Moderada a forte a erosão (Quadro 10).

As áreas com maior declividade estão localizadas mais em direção as bordas da bacia se concentrando na margem direita e na parte superior, A parte superior da BHBV, localizada no bairro Jorge Teixeira 2, apresenta uma concentração de declividade “forte ondulado”, variando de 18 – 45% (susceptibilidade “Muito Forte” a erosão), área onde estão localizadas a incisões do tipo voçoroca.

Quadro 10: distribuição das classes de declividade na BHBV

<b>Classe</b>	<b>%</b>
Plano	0 - 3
Suave ondulado	3 - 8
Ondulado	8 – 20
Forte ondulado	20 - 45

Fonte: EMBRAPA, 1979. Org. Leitão, 2018.

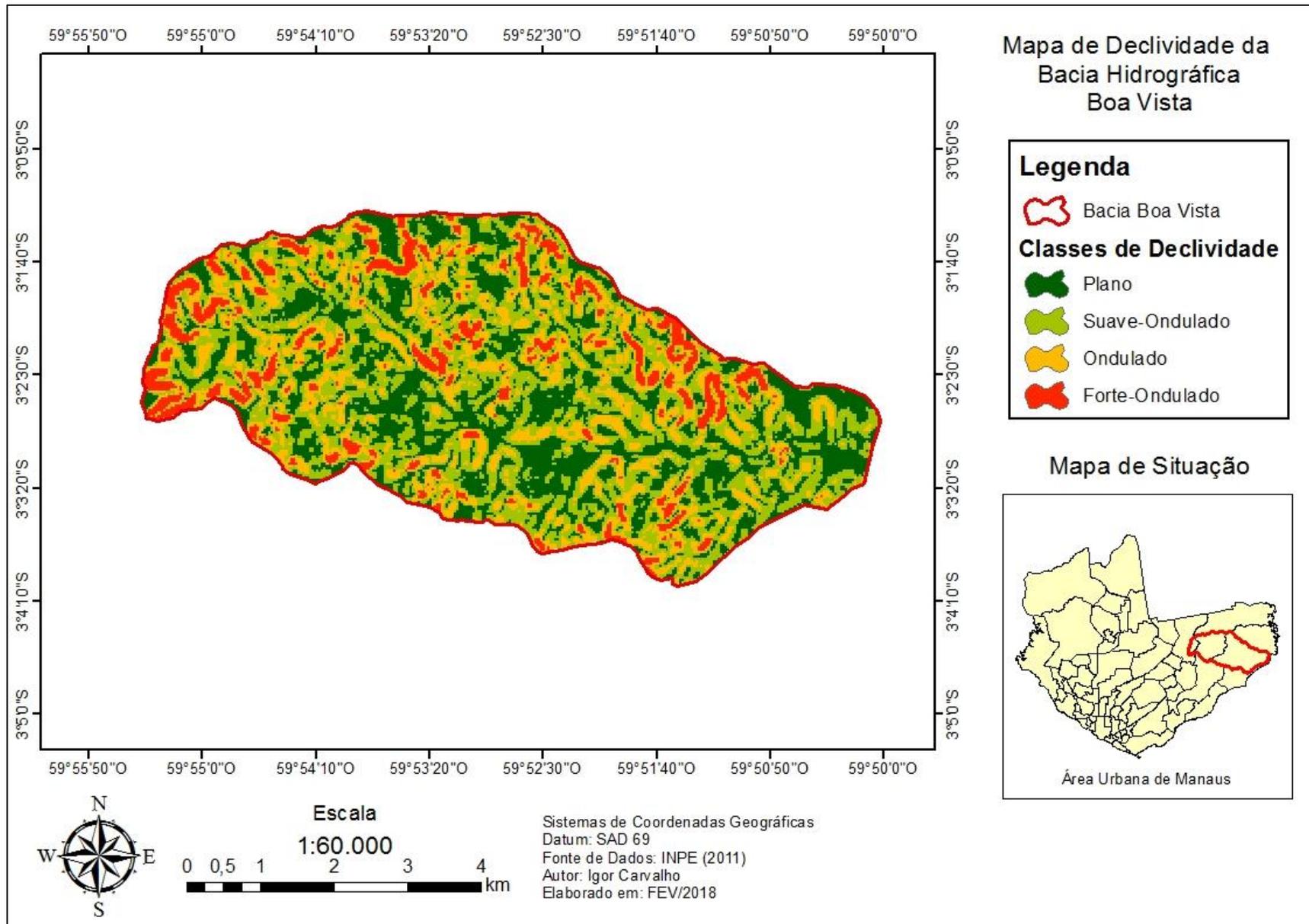


Figura 11: mapa de declividade da Bacia Hidrográfica Boa Vista.  
Fonte: SENTINELA-2 (2017). Modificado por Igor Carvalho

#### 4.1.3. Hipsometria

O saldo quantitativo do mapa hipsométrico tem informações objetivas e importantes ligados à distribuição dos gradientes altimétricos da bacia. O ponto mais elevado da BHBV está à 101 metros e o de menor altitude à 6 metros (Quadro 11), o que resulta em uma amplitude altimétrica de 94 metros.

Há uma diminuição altimétrica na BHBV de Oeste para Leste. No extremo Oeste da bacia estão localizadas a maior parte das elevações entre 75 – 101m, onde estão localizadas as incisões erosivas do tipo voçoroca, dentro dos limites do bairro Jorge Teixeira 2. Já a sua foz, localizada no bairro Puraquequara está entre as cotas 6 - 30m (Figura 12), áreas propícias aos eventos de enchentes e inundações devido as baixas cotas.

Quadro 11: classes hipsométricas da BHBV.

<b>Classes hipsométricas (m)</b>
6 - 20
20 - 30
30 - 40
40 - 50
50 - 60
60 - 70
70 - 80
80 - 90
90 - 101

Fonte: Suliane Leitão, 2017

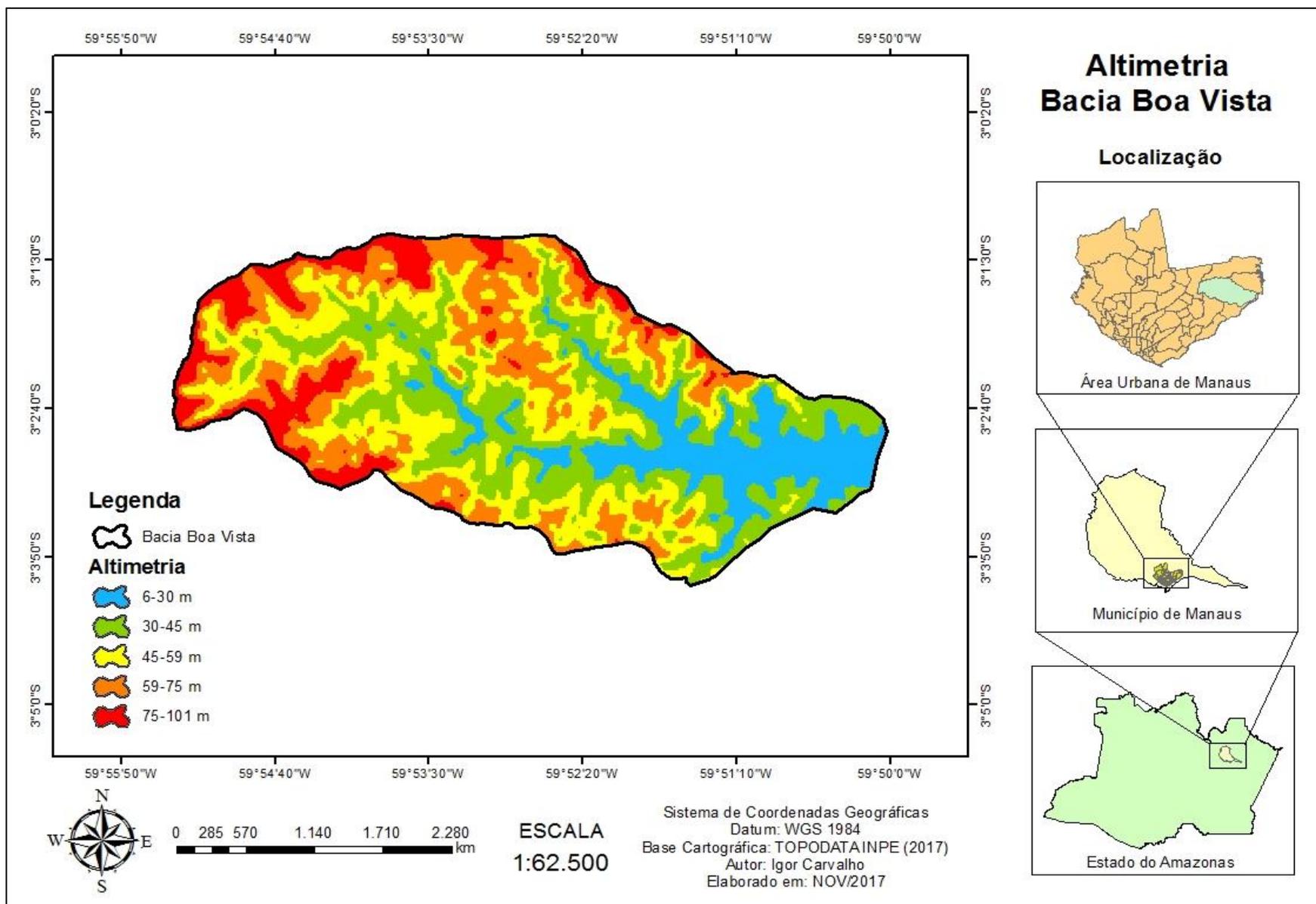


Figura 12: mapa hipsométrico da Bacia Hidrográfica Boa Vista.  
Fonte: SENTINELA-2 (2017). Modificado por Igor Carvalho

#### 4.1.4. Traçado das ruas

O processo de formação do bairro Jorge Teixeira é um fator que precisa ser considerado no estudo da BHBV. Esse bairro se constituiu principalmente por meio de dois processos (loteamentos e ocupação irregular) e ocorreu em diferentes fases, sendo assim, o traçado das ruas não obedece necessariamente um padrão. Ainda hoje continuam ocorrendo novas ocupações nesse bairro que mantém um crescimento acelerado de sua malha urbana e população, o que pode favorecer o surgimento de novas incisões.

Os loteamentos urbanos seguem etapas habituais durante sua formação. Primeiramente ocorre a retirada da vegetação e forte alteração/movimentação das camadas superficiais do solo. Nesse processo, o solo e até o subsolo, ficam expostos para erosão, o que se estende entre o início do loteamento e o fim da ocupação (TUCCI e COLLISCHONN, 1998, p.3).

A esse respeito, Cavaguti e Silva (1993) citam como iniciadoras dos processos erosivos: o aumento e concentração do escoamento pela impermeabilização, ausência de sistema de drenagem, traçado inadequado das ruas e estradas, desmatamento e falta de infraestrutura em núcleos habitacionais.

Muitas ruas da segunda etapa do Jorge Teixeira apresentam declive entre 18 – 45%, o que contribui para que o escoamento seja mais intenso. Quanto maior a declividade maior será a força cinética dos efluentes, pois esta possui relação direta com a gravidade, como afirma Veloso (2002, p.3), "a gravidade causa o movimento da água pelas encostas e esta exerce forças nas partículas sedimentares, podendo realizar seu transporte", temos então o princípio das erosões.

Algumas dessas ruas terminam em encostas com forte declividade, onde todos os efluentes acabam convergindo para o canal principal da bacia. Dado este fato, o ideal seria um sistema de drenagem urbano adequado, fazendo uso de técnicas já conhecidas que sirvam e atuem sobre a vazão dessas águas e evitem o impacto direto com o solo (prática não identificada nesses locais).

#### 4.1.5. Drenagem urbana

O manejo de água pluvial é um sistema de drenagem formado por redes superficiais e subterrâneas de coleta e destinação final de afluentes (SANTOS, 2012 apud OLIVEIRA, 2013, p.18). Uma variável importante para avaliar o sistema de drenagem das águas pluviais é a pavimentação de ruas no perímetro urbano.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2008, p.48) no período de 2000 a 2008, o contingente de municípios brasileiros com ruas pavimentadas teve um crescimento de 20,6% no período (Quadro 12). Mesmo a Região Norte obtendo a maior porcentagem, estes dados consideram apenas o processo de urbanização tardio, e dentre todas as regiões, a Norte ainda obtém um índice bem abaixo do indicado.

Quadro 12: Variação percentual do total de municípios com ruas pavimentadas na área urbana, segundo as Grandes Regiões - 2000/2008.

<b>Grandes Regiões</b>	<b>Variação percentual do total de municípios com ruas pavimentadas na área urbana 2000/2008 (%)</b>
<b>Brasil</b>	<b>20,6</b>
Norte	82,4
Nordeste	31,1
Sudeste	12,0
Sul	5,4
Centro-Oeste	28,5

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008.

O sistema de drenagem urbana é constituído por um sistema de microdrenagem e macrodrenagem. A microdrenagem é composta pelas estruturas coletoras iniciais de águas pluviais (bueiros, sarjetas, bocas de lobo). A macrodrenagem é formada pelos canais e rios que funcionam como coletores, recebendo a água da microdrenagem (BARROS, 2005, p.241).

O sistema de drenagem urbana no perímetro da BHBV é precário. Em muitas ruas estes se encontram parcialmente comprometidos ou não existem (Figura 13), sendo assim a drenagem urbana flui quase totalmente em direção as vertentes. Além das águas pluviais é comum o despejo de águas servidas nessas vertentes não existindo um tratamento prévio, o que gera poluição do solo e do lençol freático, além de fragilizarem o solo, uma vez que eventualmente são utilizados

encanamentos grandes que lançam a água de forma concentrada no solo, causando a desagregação de suas partículas.

O descarte de resíduos nas ruas também é um problema. É comum encontrar materiais depositados ao longo das vias e acumulados nas bocas de lobo e bueiros, gerando obstáculos para a chegada das águas.



Figura 13: tracejado vermelho destacando ponto de alagamento; setas amarelas indicam a presença de entulho.

Fonte: Suliane Leitão, 2016.

Assim como diversos aspectos que compõem uma bacia hidrográfica a drenagem deve ser pensada junto a outros componentes importantes do ambiente urbano. Para Barros (2005, p.262) o principal motivo do agravamento dos problemas de infra-estrutura do passado foi seu tratamento de modo isolado, considerando que as redes de água, redes de energia, redes de esgoto, malha viária, redes de transporte, etc., também compõem o todo.

#### 4.1.6. Deposição de resíduos sólidos em voçorocas

Em todas as incisões encontradas no bairro foi possível observar a presença de resíduos sólidos dos mais variados. Os resíduos se constituem como subprodutos da atividade humana com características específicas, definidas geralmente pelo processo que os gerou (PHILIPPI Jr e AGUIAR, 2005, p.272). Sua deposição é realizada pelos próprios moradores das proximidades. Assim como é

comum ocorrer em terrenos baldios, as erosões servem como lixeiras viciadas, locais de despejo irregular de resíduos.

Essa prática ocorre pela falha no serviço de coleta de algumas áreas onde o carro de lixo não consegue chegar para realizar a coleta, ou pelo hábito desenvolvido pelos moradores de depositar seus resíduos em determinados pontos.

A responsabilidade pelos resíduos sólidos domiciliares recai sobre o município, por ser um problema de interesse local. A coleta, o transporte, o tratamento e a destinação desses resíduos constituem, portanto, serviço público de saneamento básico de alto interesse para a saúde pública. (PHILIPPI e AGUIAR, 2005, p.278).

Cabe salientar, que apesar da responsabilidade recair sobre o município, o cidadão também possui seu papel dentro desta dinâmica, cumprindo as regras de descarte adequado de cada material.

De acordo com Philippi e Aguiar (2005, p.274) os resíduos sólidos podem ser classificados pela sua origem em algumas categorias: a) resíduos sólidos domiciliares; b) resíduos sólidos industriais; c) resíduos sólidos comerciais; d) resíduos sólidos de serviços de saúde; e) resíduos sólidos de serviços de transporte; f) resíduos sólidos de construção civil. O tipo mais identificado nas incisões erosivas da BHBV é o resíduo domiciliar.

Os resíduos sólidos de origem domiciliar são gerados nos lares. Predominam os restos orgânicos e outros materiais (papel, plástico, resto de alimentos). Porém, podem ser encontrados outros tipos de material como equipamentos eletrônicos, móveis e até mesmo eletrodomésticos, materiais muito nocivos para o meio ambiente e de difícil decomposição.

Na medida em que o sistema de tratamento, coleta de resíduos e até mesmo a limpeza urbana falham, o sistema de escoamento pluvial é sobrecarregado. Como consequência pode ocorrer entre outros problemas o surgimento e agravamento de processos erosivos. É necessário um trabalho em conjunto.

#### 4.1.7. Processos erosivos no bairro Jorge Teixeira II

##### ➤ Voçoroca 01

Erosão antiga localizada na Avenida Itaúba, Bairro Jorge Teixeira II (Figura 14). Algumas moradias que se encontravam em risco foram retiradas há alguns anos atrás. Por volta de 2012 ocorreram obras para instalação de rede elétrica, o que acarretou na estabilização de duas voçorocas que ali existiam, porém uma nova feição erosiva se desenvolveu nas adjacências, próximo ou outras residências.



Figura 14: A) setas azuis indicam a direção de fluxo dos efluentes; B) e C) linhas tracejadas amarelas indicam a borda da voçoroca. A elipse vermelha está sobre o sistema de drenagem residencial.

Fonte: Suliane Leitão, 2018.

➤ Voçoroca 02

Erosão antiga localizada na Rua Preciosa, Bairro Jorge Teixeira II (Figura 15). A área já foi interditada pela Defesa Civil há alguns anos, tendo a retirada de casas situadas na borda da incisão, porém ainda existem residências no local.

Muitos moradores locais utilizam a incisão como depósito de lixo, onde são lançados resíduos de material variado. A drenagem da rua é direcionada para a erosão, agravando o processo.



Figura 15: A) linha tracejada indicando o limite entre a residência e a borda da feição erosiva, círculo vermelho destacando a placa de área de risco instalada pela Defesa Civil; B) placa instalada pela Defesa Civil; C) e D) setas vermelhas indicam depósito de resíduos sólidos nas paredes e fundo da incisão erosiva.

Fonte: Suliane Leitão, 2018.

➤ Voçoroca 03

Erosão localizada na Rua Malvarisco, Bairro Jorge Teixeira II (Figura 16). Incisão erosiva com maior quantidade de resíduos depositados. Possui muitas casas em alvenaria construídas nas bordas. O sistema de águas servidas dessas residências é direcionado para a incisão.



Figura 16: A) linha amarela tracejada indica a borda da incisão erosiva. Elipses vermelhas destacam encanamentos responsáveis pelo lançamento de efluentes domésticos; B) setas vermelhas indicam resíduos sólidos depositados na erosão. Setas vermelhas apontam a presença de bananeiras.  
Fonte: Suliane Leitão, 2018.

➤ Voçoroca 04

Erosão localizada na Rua Sena, Bairro Jorge Teixeira II (Figura 17). Esta incisão possui bastante cobertura vegetal, com presença de árvores de médio e grande porte.

As residências antigas que se encontravam nas bordas desta feição erosiva foram retiradas, porém a evolução da feição ameaça outras residências. O sistema de drenagem urbano da rua em questão direciona as águas para um mesmo ponto de escoamento, gerando um forte impacto no solo devido a concentração de fluxo.



Figura 17: A) setas vermelhas indicam a direção do escoamento pluvial; B) linha tracejada amarela indicando as bordas da incisão erosiva.

Fonte: Suliane Leitão, 2018.

➤ Voçoroca 05

Erosão localizada na Rua Eucalipto, Bairro Jorge Teixeira II (Figura 18). Há grande quantidade de resíduos depositados na incisão. É uma área com ocorrência de ocupação recente. Algumas residências estão em construção apesar da evolução da erosão.

O sistema de águas servidas das residências próximas é direcionado quase que completamente para a incisão. Além do fluxo das águas da chuva que se direciona para um mesmo ponto devido a declividade da rua.



Figura 18: elipses vermelhas indicam encanamentos responsáveis pelo lançamento de efluentes domésticos. Linha tracejada amarela destaca a forma da feição erosiva.  
Fonte: Suliane Leitão, 2018.

➤ Voçoroca 06

Erosão localizada na Rua Mangarataia, Bairro Jorge Teixeira II (Figura 19). Uma das ruas com maior declividade da área. A incisão tem se expandido em direção à rua afetando o asfaltamento. O despejo de resíduos sólidos é comum no local.

Existem algumas residências instaladas na borda da incisão, umas destas apresenta rachaduras em várias paredes que ameaçam sua estrutura que tiveram início após um evento de chuva forte que causou o aumento da erosão.



Figura 19: A) e B) linhas tracejadas amarelas indicam os pontos de expansão da erosão que começa a atingir o asfalto. C) setas vermelhas apontam a direção do escoamento urbano. D) setas vermelhas destacam rachaduras encontradas em residência instalada nas proximidades da incisão erosiva.

Fonte: Suliane Leitão, 2018.

➤ Voçoroca 07

Erosão localizada na Rua Muracatiaia, Bairro Jorge Teixeira II (Figura 20). Teve início há poucos meses evoluindo de maneira intensa. As residências que se encontravam instaladas nas bordas da incisão e no fundo foram retiradas devido ao acentuado processo de desmoronamento ocorrido recentemente.

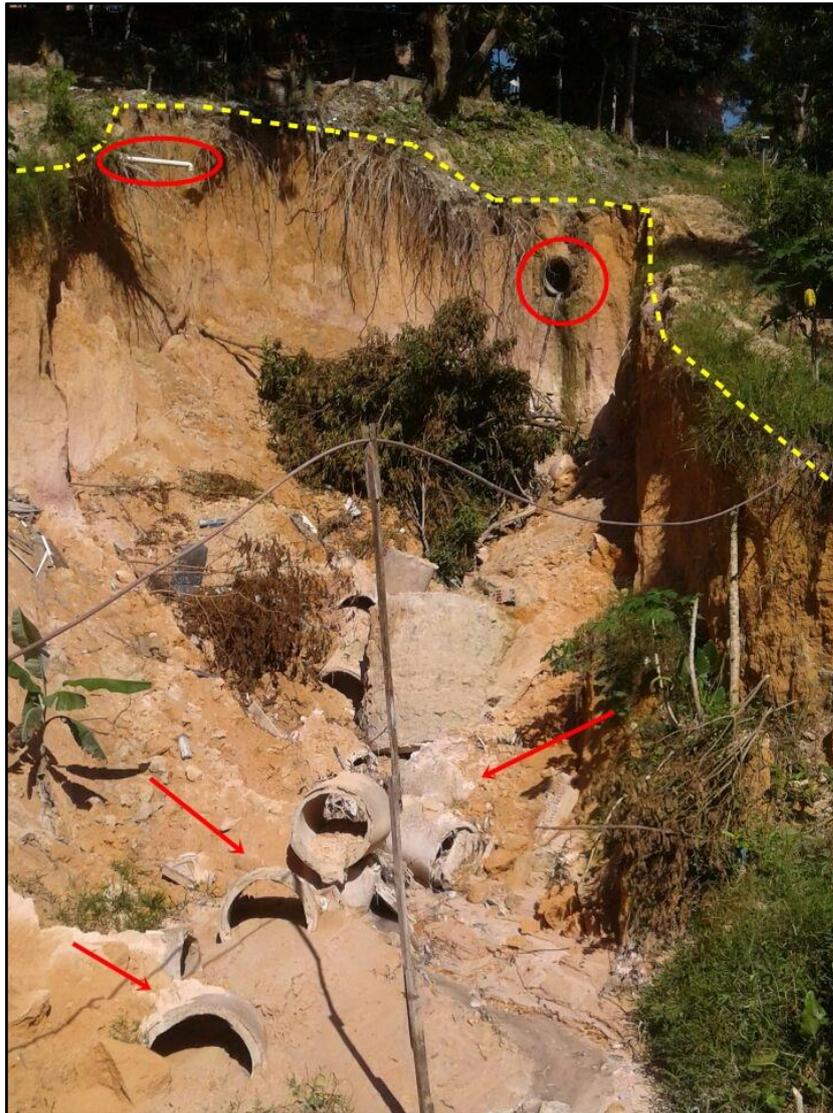


Figura 20: linha tracejada amarela indica a borda da incisão erosiva. Elipses e setas vermelhas dão destaque a encanamentos integrantes do sistema de drenagem urbano e residencial.  
Fonte: Suliane Leitão, 2018.

## 4.2. Descrição das áreas com ocorrência de enchente

A descrição das áreas com ocorrência de enchente foi realizada em três etapas: avaliação do regime fluvial da BHBV baseada em dados disponíveis no Porto de Manaus adaptados para a área de estudo, afim de se obter as cotas máximas e mínimas da bacia; descrição da área por meio de Sensoriamento Remoto para compor o Modelo Digital de Elevação; caracterização Geomorfológica baseada na análise dos parâmetros relacionados a declividade, altimetria e perfil topográfico; consultas a dados de e mapeamentos anteriores realizados na área; e por fim, o entrecruzamento dos dados obtidos.

Considerando a falta de estação fluviométrica localizada na BHBV, foram utilizados dados da estação do *Roadway* (Porto de Manaus) - onde são feitas observações diárias sobre a cota do rio Negro desde 1902, além de pesquisas realizadas anteriormente a respeito da influência das cheias dos rios na área urbana de Manaus (BRASIL e COSTA, 2015; SILVA, 2016) com recorte específico na área de estudos.

É sabido que as enchentes/inundações são fenômenos naturais que ocorrem sazonalmente, não sendo, necessariamente, considerados catástrofe. O problema surge quando o homem ignora os limites naturais ocupando áreas de inundação como as várzeas e planícies. As enchentes e inundações ganham então aspectos de problema social e ambiental, sendo agravadas pela inadequação das estruturas urbanas.

O ciclo de cheia do rio Negro ocorre entre os meses de março e julho encontrando em parte os meses mais chuvosos da cidade de Manaus (março e abril). De acordo com relatórios e trabalhos realizados durante este período (MACENA, 2016; CPRM; Defesa Civil Municipal) é registrado aumento no número de ocorrências de deslizamentos e inundações relacionados a ação pluviométrica e a subida das águas.

Quando o nível da água do rio Negro atinge a cota de 27,00 m surgem os primeiros alagados, aos 28,50 m os ribeirinhos passam a enfrentar transtornos. A cota de 29,00 m é considerada como cota de emergência para a capital, deste nível em diante são consideradas as cheias excepcionais, de acordo com relatório

divulgado pela CPRM (1999). Esses dados são utilizados por Fernandes (2016) para classificar os níveis das cheias (Quadro 13):

Quadro 13: níveis de cheia do rio Negro

<b>Cota</b>	<b>CPRM</b>	<b>Classificação da cheia</b>
Até 28,10m	Primeiros alagados	Fraca
28,10 a 28,50m	Inicia os transtornos	Média
28,50 a 29,00m	Cota de emergência	Grande
29,00 em diante	Cheia excepcional	Excepcional

Fonte: CPRM (1999) e Fernandes (2016) – Org. Suliane Leitão (2018).

Essas cotas servem para o monitoramento e planejamento por parte dos órgãos responsáveis pelo plano de contingência, afim, entre outros, de manter a segurança da população assentada nas áreas vulneráveis, como as planícies inundáveis. Segundo Christofolletti (1980), a planície de inundação é uma faixa do relevo paralela ao canal fluvial composta por sedimentos aluviais que é inundada pelo transbordamento do rio com certa frequência.

Para o mapeamento das áreas vulneráveis à enchente na BHBV foi considerada a cota 30,00, utilizada como referência pelos órgãos responsáveis pelo monitoramento de cheias, mais a média das cotas máximas dos últimos 10 anos (2008-2017) da régua do porto de Manaus, e sua correlação com pontos atingidos durante a enchente do rio Negro gerando o mapa de inundação (Figura 17) que delimita essas áreas.

A Figura 21 revela uma faixa entre o canal principal e o limite da cheia (cota 30,00) que se encontra ocupada por residências, indústrias, área de agricultura, balneários, flutuantes, e bares e restaurantes dentro do perímetro inundável da bacia. Essas áreas estão concentradas no bairro Puraquequara e Distrito Industrial 2.

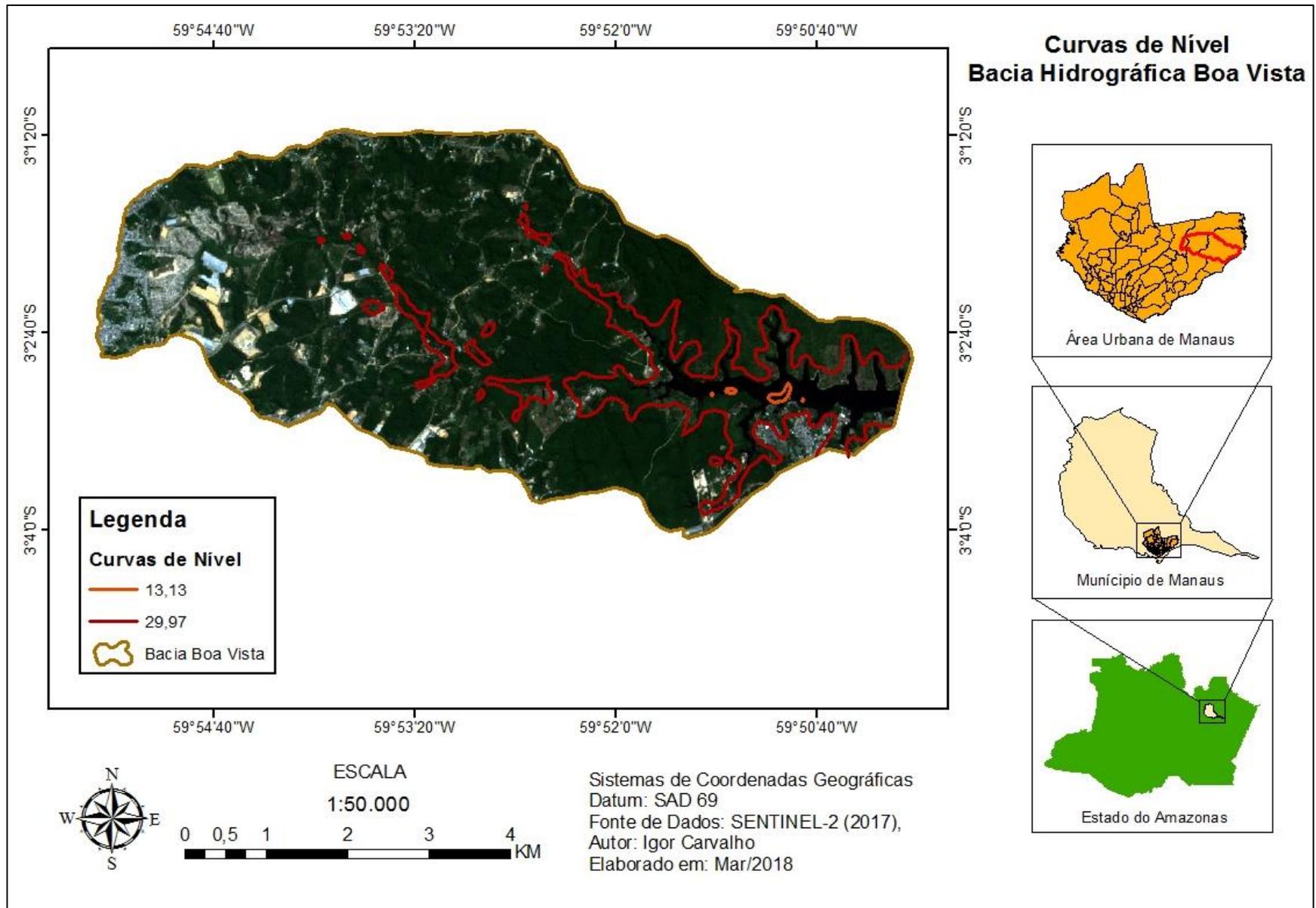


Figura 21: nível da maior enchente e maior seca registradas no rio Negro.  
Fonte: SENTINELA-2 (2017). Modificado por Igor Carvalho (2018)

#### 4.2.1. Cheias do rio Negro 2008 - 2017

O Quadro 14 reúne as cotas do rio Negro dos últimos 10 anos, dentre elas está a maior cheia (29,97 m) e maior vazante (13,13 m) histórica. Através desses dados foi possível fazer uma simulação sobre o nível da água (figura 17) e as consequências com relação ao substrato urbano instalado na bacia.

Foi considerada também a média das cotas máximas dos últimos 10 anos. A intenção é verificar se as cheias excepcionais (acima da média) e as eventuais (dentro das cotas ditas normais) também causaram impactos na área de estudo.

Quadro 14: cotas máximas e mínimas do rio Negro dos últimos 10 anos

Ano	Cota máxima enchente (m)	Data	Cota mínima vazante (m)	Data
2008	28,62	19/06	18,43	28/10
2009	29,77	01/07	15,86	04/12
2010	27,96	11/06	13,13	24/10
2011	28,62	28/06	16,76	10/10
2012	29,97	29/05	15,96	27/11
2013	29,33	14/06	18,83	01/01
2014	29,50	03/07	19,90	28/10
2015	29,66	29/06	15,92	28/10
2016	27,19	15/06	17,20	13/12
2017	29,00	05/06	17,34	17,34
<b>média</b>	<b>28,962</b>	-	<b>16,933</b>	-

Fonte: Porto de Manaus – Org. Suliane Leitão (2018)

A cheia do Rio Negro, de 2012, foi a maior registrada na série histórica de 110 anos (29,97m), ultrapassando a de 2009 (29,77m), de acordo com a CPRM (2012, p. 21), “foram 230 dias no processo de enchente, o que equivale a aproximadamente 63,01% do ano civil”.

Dentre o período histórico definido de 2008 a 2017, foram registradas cheias excepcionais em 6 dos 10 anos delimitados para a pesquisa. Dentre os anos restantes 2008 e 2011 ficaram dentro da cota considerada para cheia grande, e 2010 e 2016 registraram cheias fracas de acordo com a classificação de CPRM (1999).

#### 4.2.2. Enchentes na Bacia Hidrográfica Boa Vista

Por meio de entrevista aberta com os moradores das áreas identificadas na Figura 18 foi relatado que nem todas as áreas são inundadas periodicamente. Como exemplo estes citam a cheia de 2012 em que as águas avançaram por uma faixa de área habitada de cerca de 30 m além do limite comum, comprometendo residências e comércios instalados próximos a margem. Apesar de algumas ocorrências, no geral se pode afirmar que esta dinâmica apresenta maiores transtornos à população da área apenas durante as cheias mais extremas.

De acordo com IGCE/DGA (2004), as enchentes e inundações podem ter dois tipos de condicionantes, natural e social, onde cada uma terá aspectos contribuintes para a ocorrência de tais fenômenos:

naturais - Forma da bacia hidrográfica; Forma do vale; Topografia da várzea; Presença de estrangulamento da drenagem; Vegetação na área da bacia hidrográfica; Permeabilidade do solo na área da bacia; Clima (pluviosidade); antrópicos - Assoreamento do canal de drenagem; Interceptação/estrangulamento da drenagem (barramentos); Desmatamento; Impermeabilização dos terrenos na área da bacia; Lançamento de águas servidas e de esgoto na drenagem; Águas pluviais rapidamente conduzidas para a drenagem; Elevada densidade de edificação (ilha de calor).

Considerando esses dados delimitou-se os principais aspectos que podem servir como contribuintes para a ocorrência e/ou o agravamento de enchentes e inundações na BHBV.

##### 4.2.2.1. Componentes naturais

###### ➤ Declividade

O extremo Leste da BHBV, onde está localizada na foz do canal principal, assim como a margem esquerda do igarapé Boa Vista apresenta a maior parte do relevo suave-ondulado a ondulado, com declividade variando entre 6 e 30%. São áreas mais planas que não favorecem o escoamento hídrico.

A baixa declividade é um fator favorável a propagação da enchente para o interior da área urbana. Se esta área tivesse maior declividade a água teria menos tempo para infiltrar no solo, porém, como se trata de área mais plana é comum a ocorrência de inundações mais lentas.

As baixas declividades associadas as baixas altitudes localizadas nas nascentes dos tributários da BHBV, e na área Leste fazem com que a água drenada pela bacia seja “barrada” pela cheia do rio Negro agravando a enchente ao longo do seu canal.

➤ Vegetação

Por se tratar de uma área afastada do centro urbano, existe um movimento de ocupação em direção à foz da bacia que desde de 2016 tem se intensificado. Como característica do movimento de ocupação de áreas próximas a bacias hidrográficas a primeira atividade realizada pelos ocupantes é a retirada da mata ciliar, um dos motivos de fragilização do ambiente.

A mata ciliar pode ser compreendida como sistemas florestais localizados às margens dos rios e riachos, lagos, represas e nascentes, exercendo função de instrumento redutor do assoreamento e da degradação do meio ambiente. Constitui-se um importante suporte de segurança para o equilíbrio do ecossistema e suas relações intrínsecas [...] (CASTRO, MARTINEZ CASTRO e SOUZA, 2013, p. 230).

Se comparada com outras bacias urbanas de Manaus, a BHBV possui uma parcela de vegetação muito expressiva, principalmente na área atribuída ao bairro Puraquequara, que apesar de estar diminuindo com o passar dos anos, ainda é bastante representativa. (Figura 22).



Figura 22: A) vegetação presente no bairro Puraquequara; B) vegetação nas margens da BHBV  
Fonte: Suliane Leitão, 2018.

Fator importante para a preservação do seu canal, ainda é possível observar resquícios de mata primária em algumas áreas, porém grande parte da bacia é constituída por vegetação secundária.

A retirada dessa vegetação das áreas já propícias à enchente funcionam como impulsionador, agravando este processo, pois, sem a vegetação próxima às margens perde-se a barreira de proteção da qualidade das águas, é afetada a estrutura física do canal, e ocorre diminuição na capacidade de infiltração do solo, logo, as inundações se tornam mais severas.

➤ Uso do solo

O extremo Leste da BHBV (bairro Puraquequara), assim como seu extremo Oeste (bairro Jorge Teixeira), são os pontos que se encontram mais urbanamente adensados. A área central da bacia é a menos ocupada (referente ao bairro Distrito Industrial II).

Além da *vila*<sup>3</sup> do Puraquequara, existem algumas pequenas comunidades instaladas nas margens do rio principal. A maioria das residências que compõem essas comunidades segue o modelo palafítico<sup>4</sup>. Já as casas instaladas na *vila* do Puraquequara são mistas, existem residências de alvenaria, residências de madeira, e algumas possuem estrutura palafítica (Figura 23).

---

<sup>3</sup> O bairro do Puraquequara é constituído por diversas comunidades que se encontram incluídas dentro do perímetro do bairro delimitado pela prefeitura. O termo *vila* refere-se ao núcleo do bairro, parte mais antiga, mais adensada e onde estão instalados os principais equipamentos e estruturas urbanas do bairro.

<sup>4</sup> Referente a palafita, casas construídas sobre estacas comuns em ambientes alagadiços.



Figura 23: tipos de estruturas residenciais encontradas no perímetro atingido por enchentes/inundações da BHBV; A) casas de alvenaria e com estrutura palafítica; B) e C) casas de alvenaria; D) flutuantes localizados na bacia.

Existem também muitas fábricas pertencentes ao polo industrial localizadas mais ao centro da bacia - área pouco habitada. As indústrias que já foram ou estão sendo implementadas demandam de grandes áreas para sua construção, gerando intensa alteração física no terreno (corte e aterro) e até química, já que produzem poluentes que acabam, ocasionalmente, por serem lançados na bacia (Figura 24).



Figura 24: A) e B) fábricas instaladas no perímetro da BHBV.  
Fonte: Suliane Leitão, 2018.

Também foram identificadas estruturas destinadas ao mercado do lazer como sítios, flutuantes, hotéis e balneários (Figura 25). São áreas muito movimentadas que se encontram concentradas na foz da bacia e atraem turistas durante os fins de semana e feriados.

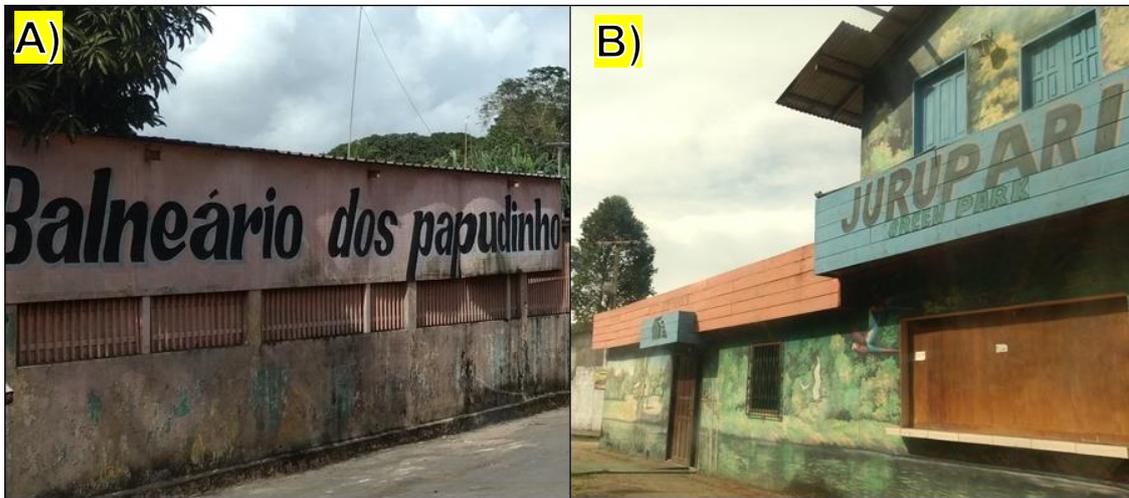


Figura 25: A) balneário instalado na foz da BHBV; B) hotel localizado no perímetro da bacia.  
Fonte: Suliane Leitão, 2018.

Nesses locais, durante a cheia, os moradores ficam impossibilitados a circulação normal das vias, utilização de casas, comércios, sendo necessário aplicar medidas de minimização de impacto como a elevação do piso das casas e comércios.

#### 4.2.2.2. Componentes sociais

A ocupação das planícies de inundação é um dos principais agentes potencializadores da vulnerabilidade socioambiental. Aliado ao mau funcionamento dos equipamentos urbanos, do sistema de drenagem e o depósito de lixo nesses locais, tem gerado o agravamento desse processo. Assim como disposto por Amaral e Ribeiro (2009, p. 45), que destacam entre os condicionantes sociais: a) uso e ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d'água; b) disposição irregular de lixo nas proximidades dos cursos d'água.

O saneamento básico das comunidades localizadas na área atingidas pela enchente da BHBV é deficitário (Figura 26). A maioria das residências faz o descarte das águas servidas nas águas da bacia sem tratamento prévio. O que altera a qualidade da água e gera sobrecarga na bacia.



Figura 26: A) setas vermelhas indicam ponto em que o asfalto está cedendo; B) linhas amarelas tracejadas destacam sacos com areia e pneus usados para conter a ação das águas; C) linhas amarelas tracejadas destacam a presença de lixo na margem da bacia. Setas vermelhas apontam para cano utilizado no despejo de resíduos em direção a bacia; D) resíduos descartados próximos a bacia.

Fonte: Suliane Leitão, 2018.

Apesar da existência de coleta de lixo periódica, é comum ocorrer o depósito de resíduos sólidos no canal principal da BHBV. Existem também alguns lixões a céu aberto próximos às nascentes, onde a comunidade costuma fazer o descarte de materiais.

### 4.3. Caracterização dos aspectos morfométricos da bacia hidrográfica boa vista

A caracterização morfométrica é um tipo de avaliação quantitativa dos aspectos físico naturais da bacia hidrográfica. Esses parâmetros servem para identificar determinadas tendências de comportamentos hidrológicos que podem ter correlação, dentre outros, com o surgimento de voçorocas e áreas de inundação na BHBV.

Dentre os índices definidos para descrever as propriedades de uma bacia hidrográfica alguns são estipulados por meio de medições diretas. Outros são derivados de relações entre medidas de alguns componentes da bacia. Alguns índices guardam certa subjetividade, enquanto outros índices resultam de combinações de outros índices (SOARES e SOUZA, 2012, p. 21).

#### a) Hierarquia fluvial

As ordenações foram realizadas em ambiente SIG De acordo com os padrões definidos por Strahler (1952). Foram identificados canais 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordem, especificando no Quadro 16 a quantidade e comprimento máximo, mínimo e total (km) referente a cada ordem. Com isso foi possível destacar com diferentes cores e espessuras cada uma das ordens (Figura 27).

Quadro 15: dados referentes ao tamanho dos canais de cada ordem da BHBV

Parâmetro	Ordem dos canais			
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>
Quantidade	162	45	10	1
Comprimento mínimo (km)	0,001	0,002	0,007	0,005
Comprimento máximo (km)	1,153	1,111	0,621	0,701
Total (km)	57,449	21,361	11,203	10,847

Fonte: Suliane Leitão, 2018.

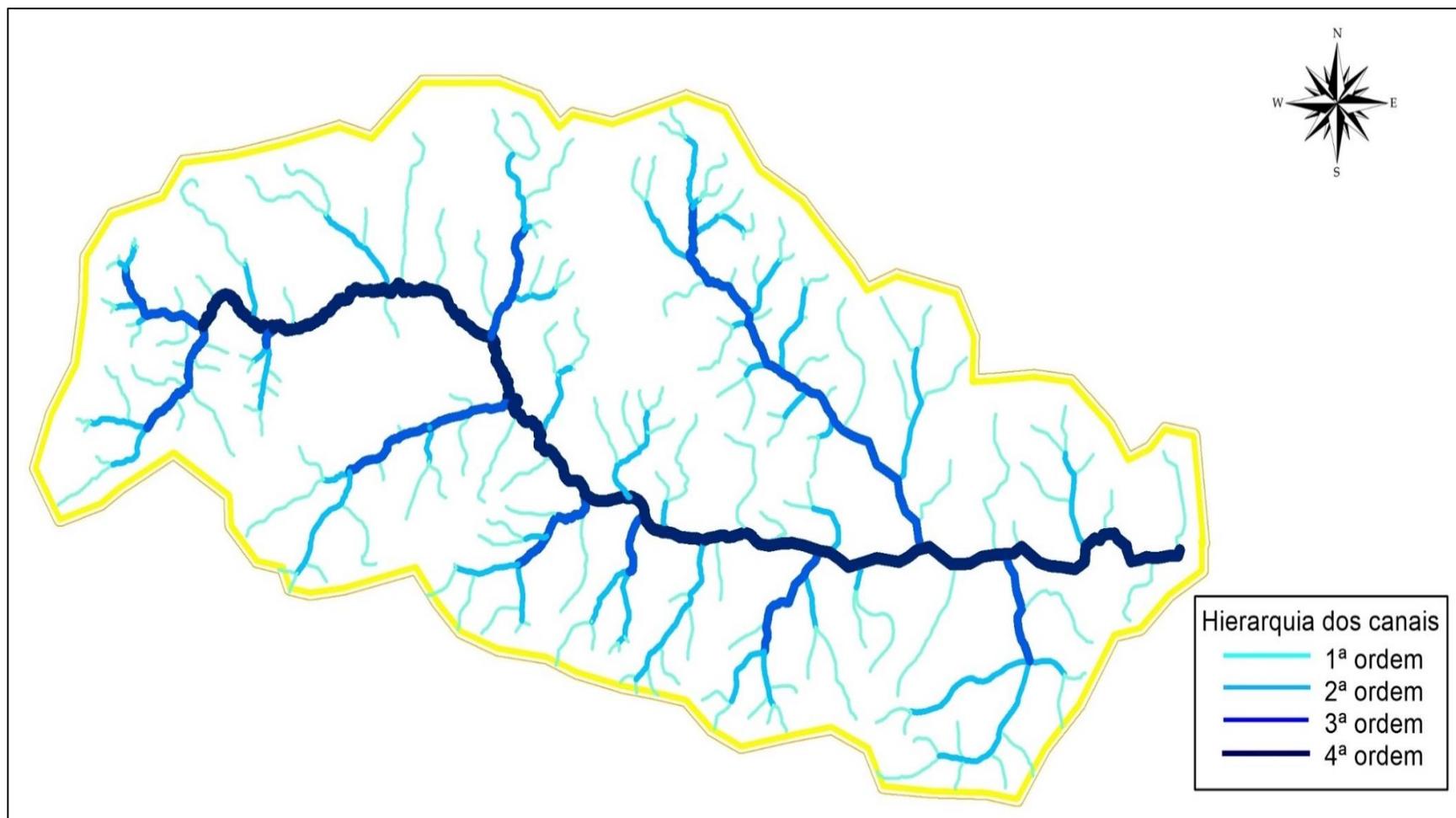


Figura 27: Hierarquia dos canais da BHBV  
Fonte: Suliane Leitão, 2018

### b) Relação de bifurcação (Rb)

Tomando a hierarquização proposta por Strahler (1952, 1964), Christofolletti (1980) concluiu que o resultado obtido na relação de bifurcação nunca pode ser inferior a 2, devendo variar normalmente entre 3,0 e 5,0. Na BHBV a bifurcação variou entre 3,6 e 10, caracterizando relevo mais dissecado com morros e colinas desenvolvidas (Quadro 17). Há um aumento da Rb entre os canais conforme o aumento da ordem, em decorrência da diminuição da quantidade de número de canais de ordem superior.

Quadro 16: quantidade de canais de cada ordem e relação de bifurcação (Rb)

Ordem	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	Média
Quantidade	162	45	10	1	-
Relação de bifurcação (Rb)	-	3,6	4,5	10	6,03

Fonte: Suliane Leitão, 2018.

### c) Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (RLm)

A relação entre o comprimento médio dos canais existente em uma bacia hidrográfica, e os comprimentos médios dos canais de cada ordem ordena-se segundo uma série geométrica direta, cujo primeiro termo é o comprimento médio dos canais de primeira ordem, e a razão é a relação entre os comprimentos médios (ALCÂNTARA e AMORIM, 2005, p. 72).

O cálculo da relação entre o comprimento médio dos cursos d'água de cada ordem da bacia da BHBV (Quadro 18) mostrou que há uma correlação crescente entre o aumento da ordem, o comprimento médio dos canais e a RLm. A extensão média dos rios de primeira ordem (0,354 km) configura-se como menor que a extensão dos rios de segunda ordem (0,474 km) com uma RLm de 1,338. A extensão média dos rios de terceira ordem (1,12 km) configura-se como menor que a extensão dos rios de segunda ordem com uma RLm de 2,362. Já a extensão média dos rios de quarta ordem (10,847 km) configura-se como menor que a extensão dos rios de terceira ordem com uma RLm de 9,684.

Quadro 17: relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem da BHBV.

<b>Ordem</b>	<b>1ª</b>	<b>2ª</b>	<b>3ª</b>	<b>4ª</b>
Comprimento mínimo (km)	0,001	0,002	0,007	0,005
Comprimento máximo (km)	1,153	1,111	0,621	0,701
Média (km)	0,354	0,474	1,12	10,847
Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (RLm) (km)	-	1,338	2,362	9,684

Fonte: Suliane Leitão, 2018.

#### **d) Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (Rlb)**

Segundo Christofolletti (1980) ocorrem o aumento do índice de bifurcação com o aumento da ordem hierárquica, mostrando assim a importância do fator geológico no desenvolvimento da drenagem de maior ordem. Esse aumento é identificado na BHBV, onde o maior índice de Rlb é na relação dos canais de 3ª e 4ª ordens, mostrando com isso a importância do fator geológico no desenvolvimento da drenagem de maior ordem.

O valor da Relação entre o comprimento médio total e de bifurcação (Rlb), entre os canais de segunda e terceira ficaram, respectivamente, em 0,371 e 0,524, o que reflete o nível de RLM dos canais destas classes se comparadas à bifurcação das mesmas (Quadro 19). O valor de 0,968 no canal de quarta ordem já apresenta, por sua vez, a influência do aumento significativo do nível de bifurcação.

Quadro 18: relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (Rlb) da BHBV.

<b>Ordem</b>	<b>1ª</b>	<b>2ª</b>	<b>3ª</b>	<b>4ª</b>
Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (RLm) (km)	-	1,338	2,362	9,684
Relação de bifurcação (Rb)	-	3,6	4,5	10
Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (Rlb)	-	0,371	0,524	0,968

Fonte: Suliane Leitão, 2018.

#### **e) Comprimento do rio principal**

No cálculo do canal principal foi considerado o curso d'água principal que percorria a maior distância entre a nascente e sua respectiva foz, seguindo os critérios destacados por Shreve (1974 apud CHRISTOFOLETTI, 1980). Os

tributários da BHBV possuem suas principais nascentes em regiões com altitudes que variam de 7 a 101 metros. Seu tributário principal, o igarapé Boa Vista, possui 10,847 km de extensão.

#### **f) Extensão do percurso superficial (Eps)**

Esse parâmetro é referente a distância média percorrida entre o interflúvio e o canal permanente, ou seja, representa a distância média percorrida pelo fluxo antes de encontrar o canal principal. Esta afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiológico da bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980). A extensão do percurso superficial da BHBV é de 0,154 km, sendo assim, a cada distância de 0,154 km na vertente haverá um canal para escoamento das águas superficiais da bacia.

Sousa e Rodrigues (2012), propõem a classificação presente no Quadro 20, segundo a qual a BHBV pode ser definida como de extensão do percurso superficial “alta”, o que indica um favorecimento no escoamento superficial.

Quadro 19: classificação dos valores da extensão do percurso superficial

<b>Valores da Eps (km)</b>	<b>Qualificação</b>
>1	Baixa
1 a 0,249	Mediana
0,248 a 0,142	Alta
<142	Muito alta

Fonte: adaptado de Souza e Rodrigues (2012) org. Suliane Leitão (2018)

#### **g) Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia (L de Hack)**

Proposta por Hack (1957), serve para se estimar o comprimento do curso d'água principal de uma bacia dispendo dos valores de área. É importante notar que a Lei de Hack é um bom estimador do comprimento das bacias menores. Muller (1973, apud BORSATO, 2005) afirma que o valor deve ser de 0,5 para bacias entre 20.720 km<sup>2</sup> e 259.000 km<sup>2</sup>. Na BHBV, que possui 31,035 km de área esse valor foi de 5,33.

#### **h) Forma da bacia (índice de circularidade - Ic)**

Quanto mais próximo de 1 for o índice de circularidade, mais circular será a bacia de drenagem e conseqüentemente, mais suscetível à enchentes. Segundo Miller (1953) e Schumm, (1956 apud MACHADO e SOUZA, 2005), o índice de

circularidade pode ser assim classificado:  $I_c$  maior que 0,51 indicam uma bacia mais circular, favorecendo os processos de enchente e inundação;  $I_c=0,51$  representa nível moderado de escoamento, não contribuindo na ocorrência de cheias rápidas;  $I_c$  menor que 0,51 sugerem bacia mais alongada favorecendo o processo de escoamento.

O valor obtido na BHBV foi de 0,411, indicando que a área da bacia em questão distancia-se da área de um círculo, logo, a bacia apresenta um alto nível de escoamento e uma baixa propensão à ocorrência de cheias.

#### **i) Densidade de rios ( $D_r$ )**

Esse parâmetro serve para verificar se a bacia é bem servida de boa rede de canais ou não. A densidade de rios na BHBV foi de 18,914 cursos d'água por  $\text{km}^2$  da bacia, a caracterizando como bem drenada uma vez que, para ser considerada bem drenada a bacia deve possuir 1 canal por  $\text{km}^2$  de acordo com Marcuzzo *et al* (2012).

#### **j) Densidade de Drenagem ( $D_d$ )**

Para determinação da densidade de drenagem ( $D_d$ ), utilizou-se a classificação proposta por Villela e Mattos (1975, p. 20), na qual a densidade de drenagem pode variar de 0,5  $\text{km}/\text{km}^2$  em bacias de drenagem pobre a 3,5  $\text{km}/\text{km}^2$  em bacias de drenagem ricas. A densidade de drenagem da BHBV é de 3,249  $\text{Km}/\text{Km}^2$ , resultado característico de áreas muito impermeáveis, logo pode ser definida como bem drenada.

#### **k) Curva hipsométrica**

É a representação gráfica da variação de altitude em relação à área da bacia, através da qual podemos realizar o estudo da variação da elevação dos seus vários terrenos. Segundo Strahler (1952), aquelas que apresentam curvas hipsométricas convexas são bacias jovens, as bacias em formato de "S" são consideradas mais maduras e bacias com curvas côncavas são consideradas bacias mais avançadas geomorfologicamente. Sendo assim, a BHBV pode ser classificada como uma bacia madura, pois sua curva se aproxima do formato "S" (Figura 28).

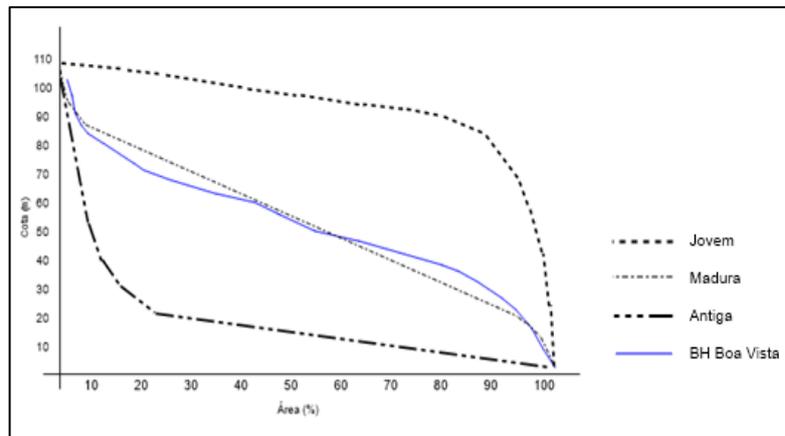


Figura 28: curva hipsométrica da BHBV  
 Fonte: adaptado de Cardoso et al (2012), org. Suliane Leitão (2018).

### I) Amplitude altimétrica da bacia (Hm)

O ponto mais elevado está a 101,3 metros e o de menor altitude a 6,760 metros, o que resulta em uma amplitude altimétrica de 94,54 metros.

O intervalo mais representativo na BHBV (Quadro 21) é o de 50 a 60 metros, correspondendo a 18,87% da área da bacia. Em seguida, o intervalo de 40 a 50 com 17,82% da bacia. O intervalo com menor área foi de 6 a 20 metros, com 1,70% próxima à foz da bacia.

Quadro 20: porcentagem da área de acordo com as classes hipsométricas da BHBV.

Classes hipsométricas	Área (km)	Área (%)
6 - 20	0,041	1,700
20 - 30	0,155	6,278
30 - 40	0,287	11,62
40 - 50	0,44	17,80
50 - 60	0,466	18,87
60 - 70	0,425	17,21
70 - 80	0,292	11,82
80 - 90	0,171	6,926
90 - 101	0,192	7,776

Fonte: Suliane Leitão, 2018.

### m) Relação de Relevô (Rr)

Segundo Schumm (1956), quanto maior o valor de Rr, maior será o desnível entre a cabeceira e o ponto exutório, conseqüentemente maior será a declividade média da bacia. Ainda, quanto maior o seu valor, a tendência é que maior seja a velocidade de escoamento e menor a taxa de infiltração o que causa influência no nível de perda de sedimento (BORSATO, 2005, p. 48)

A relação de relevo da BHBV é de 0,008, assim, de acordo com a proposta de Borsato (2005) adaptado de Schumm (1954), há uma perda de sedimento anual de cerca de 1429,4 m<sup>3</sup>/ km<sup>2</sup>.

#### n) Índice de Rugosidade (Ir)

O índice de rugosidade apresenta relação direta com a densidade de drenagem e a amplitude altimétrica, quanto maior forem esses parâmetros, maior será a rugosidade do terreno, caracterizado por menores comprimentos de rampa e maior declividade, o que acentua o escoamento superficial e também as ocorrências erosivas (SOUZA e RODRIGUES, 2012, p. 148).

Na BHBV foi encontrado um valor de 307,16 m. Conforme o Quadro 22 a bacia pode ser classificada como de índice de rugosidade médio, de maneira geral apresentando um relevo suave ondulado, mais favorável a infiltração.

Quadro 21: classificação do índice de rugosidade e sua relação com a forma de relevo da BHBV

Classe	Valor	Forma do relevo
Fraca	0 – 150	Plano com declividade média até 3%
Média	151 – 550	Suave ondulado com declividade média entre 3 e 8%
Forte	551 – 950	Ondulado com declividade média entre 9 e 20%
Muito forte	> 950	Forte ondulado a montanhoso a escarpado com declividade média superior a 30%

Fonte: Souza e Rodrigues (2012)

Considerando este índice é possível fazer relação com a classificação do Quadro 18, definida por Ramalho Filho e Beek (1995, apud SOUZA e RODRIGUES, 2012) se chegando a conclusão de que a bacia apresenta pouca e nenhuma suscetibilidade a processos erosivos.

Os resultados dos parâmetros delimitados para análise da BHBV então reunidos de maneira resumida no Quadro 23.

Quadro 22: parâmetros morfométricos da BHBV

Parâmetros	Fórmula	Resultado			
		1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>
Relação de bifurcação (Rb)	$Rb = Nu / Nu+1$	-	3,6	4,5	10
Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (RLm)	$RLm = Lmu / Lmu - 1$	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>
		-	1,338	2,362	9,684
Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (Rlb)	$Rlb = RLm / Rb$	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>
		-	0,371	0,524	0,968
*Comprimento do rio principal	-	10,847			
Extensão do percurso superficial (Eps)	(Eps): $Eps = 1/2Dd$	0,154			
*Área da bacia (A)	-	31,035			
*Comprimento da bacia (L)	-	9,86 km			
Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia	$L = 1,5 A^{0,6}$	5,33			
Forma da bacia (Ic)	$Ic = A / Ac$	0,411			
Densidade de rios (Dr)	$Dr = N / A$	18,914 km			
Densidade de Drenagem (Dd)	$Dd = L / A$	3,249 Km/Km <sup>2</sup>			
*Curva hipsométrica	-	-			
Amplitude altimétrica da bacia (Hm)	$Hm = Hmax - Hmin$	94,54 m			
Relação de Relevo (Rr)	$Rr = Hm / Lh$	0,008			
Índice de Rugosidade (Ir)	$Ir = H \times Dd$	307,16 m			

\*Parâmetros que não necessitam o uso de fórmulas

## **5.4 Determinação da vulnerabilidade socioambiental da Bacia Hidrográfica Boa Vista**

### **5.4.1 Vulnerabilidade socioambiental à voçorocamento**

As incisões erosivas do tipo voçoroca estão localizadas no extremo Oeste da bacia (Bairro Jorge Teixeira 2). Em locais com altitude entre 101 e 70 m e declividade entre 20 – 45%, índices mais elevados que o restante da bacia. Esses aspectos predispõem o surgimento de erosões e tornam o ambiente inadequado a qualquer forma de uso e ocupação.

Em todas as incisões erosivas identificadas ocorrem problemas relacionados a infraestrutura (bastante deficitária) e ao grande adensamento urbano, que projeta influência direta no desencadeamento de tais processos. A correlação destes aspectos define a distribuição da vulnerabilidade socioambiental à voçorocamento (Figura 29).

Dentre as soluções propostas para a recuperação das áreas vulneráveis está a desapropriação das moradias e fixação em áreas apropriadas (somente em casos extremos, considerando a identificação e sentimento de pertencimento desses grupos com o lugar); o retaludamento, (a fim de aumentar a estabilidade da encosta da voçoroca); o uso da cobertura vegetal (espécies que sirvam como protetoras para o solo como gramíneas); o uso de técnicas de contenção de taludes (revestimento com malha metálica, solo grampeado, cortina de estacas, etc.). Essas propostas podem ser aplicadas de forma separada ou justapostas.

Cabe salientar que as propostas devem ter como prioridade o bem-estar público, priorizando os grupos sociais que se encontram nesses ambientes ameaçados e por tanto devem partir sempre de uma ampla discussão em busca de alternativas mais eficientes e de menor impacto social e econômico.

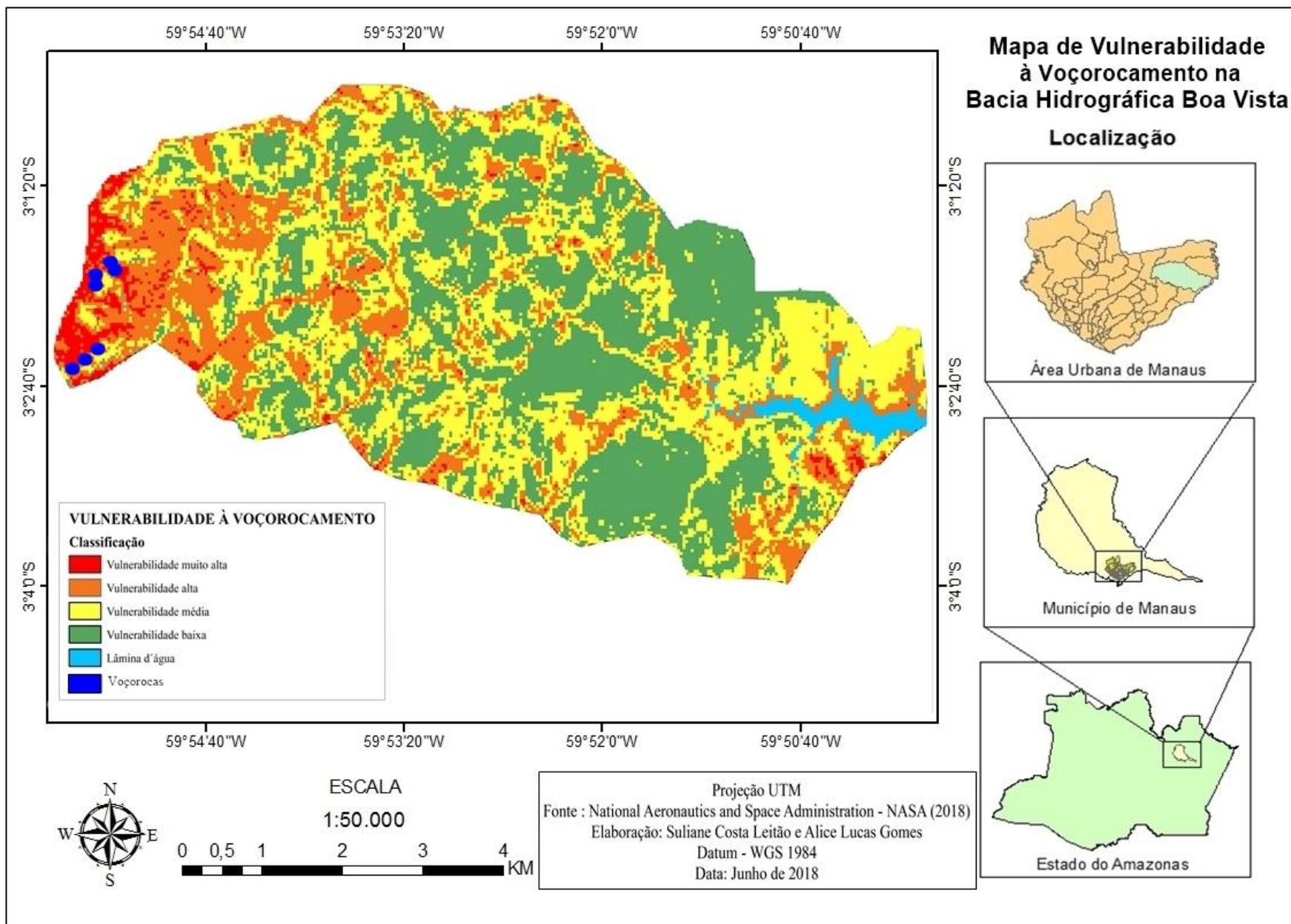


Figura 29: Mapa de vulnerabilidade a voçorocamento na bacia hidrográfica Boa Vista  
Fonte: LANDSAT 8 (2018), modificado por Alice Lucas e Suliane Leitão (2018)

#### 5.4.2 Vulnerabilidade socioambiental à enchente

Os eventos de enchente registrados mostraram ter ligação com os componentes naturais da bacia, como a declividade encontrada à Leste que varia entre 6 e 30%, o que dificulta o escoamento da água, facilitando a ocorrência de enchentes.

Parte da área atingida pelas enchentes se encontra urbanamente bem adensada (Figura 30). São encontrados neste perímetro: comércios, fábricas e muitas residências de variadas estruturas. Existem algumas palafitas e flutuantes instalados na margem da bacia, estruturas favoráveis a subida das águas. É comum o depósito de lixo nas margens da bacia, prejudicando a estrutura do canal e a qualidade da água, o que acaba gerando um retorno negativo para a população.

Para a recuperação das áreas de enchente se faz necessário pensar formas de implantação de sistemas de drenagem adequado; técnicas para recuperação do canal (desassoreamento); implantação de redes de esgotamento sanitário; e construção de moradias adequadas à esses ambientes (palafitas). Essas medidas devem ser aplicadas de forma preventiva.



De forma geral, a BHBV apresenta um médio nível de vulnerabilidade aos processos erosivos e à enchente. A área de vegetação é bastante representativa na bacia, principalmente na porção central, diminuindo sua susceptibilidade. Apesar do fator declividade ter influência, o uso e ocupação do solo demonstrou ter maior peso na determinação da vulnerabilidade, pois é onde estão localizadas as áreas com ocorrência de voçorocamento e enchente.

## 6 CONCLUSÃO

Os processos de enchente e voçorocamento ocorrem em pontos diferentes na Bacia Hidrográfica Boa Vista. Os aspectos naturais encontrados nesses pontos favorecem o surgimento e agravamento de tais processos. Nas áreas mais elevadas e com maior nível de declividade estão localizadas as 07 voçorocas identificadas. Nas áreas baixas e com menor declividade foram registrados os locais susceptíveis a enchente.

Em contraste com outras bacias localizadas na cidade, a BHBV possui expressiva área com vegetação, sendo possível encontrar em alguns locais resquícios de vegetação primária ainda preservada, localizada a oeste do bairro Puraquequara e distribuídas em parcelas dentro da área do Distrito Industrial II. As áreas com menos vegetação estão à leste do bairro Puraquequara e no Jorge Teixeira II, os setores mais adensados da bacia.

A BHBV possui uma área total de 31,03 km<sup>2</sup>, sendo classificada como bacia de 4º ordem. Os principais tributários estão localizados em regiões com altitudes que variam entre 7 - 101 metros. A extensão do percurso superficial é alta, assim como a densidade de drenagem o que favorece o escoamento. Possui rugosidade média e relevo suave ondulado, o que favorece a infiltração. É uma bacia de formato retangular, se distanciado da forma de círculo, o que dificulta a ocorrência de inundações. De modo geral, os resultados da morfometria demonstraram que a bacia apresenta um alto nível de escoamento e uma baixa propensão à ocorrência de enchentes e inundações.

O ponto de convergência para a ocorrência de enchente e erosão se dá no fato de que esses locais são os mais adensados da bacia. Com isto, os dois processos demonstram ter alta relação com a estrutura urbana do local. Dentre as variáveis estipuladas para a delimitação da vulnerabilidade socioambiental da BHBV, os fatores sociais como a má qualidade da infraestrutura urbana, mostrou ter um peso elevado na determinação da vulnerabilidade da bacia.

A BHBV apresenta pouca incidência de eventos de enchente e voçorocamento. Porém, apesar de pontuais estes eventos podem ser intensificados se não forem tomadas medidas adequadas, cabendo fazer um comparativo: a Bacia

Hidrográfica Colônia Antônio Aleixo – BHCAA, possui características morfométricas similares a BHBV, porém, há elevado número de ocorrências relacionadas à voçorocamento. A diferença principal entre estas duas bacias se dá no nível de ocupação da BHCAA, que se encontra mais adensada que na BHBV. Logo, nos leva a questionar se o processo de ocupação da BHBV continuar ocorrendo sem planejamento e medidas adequadas em poucos anos esta terá um progresso igual ou superior na quantidade de voçorocas e outras dinâmicas prejudiciais ao ambiente?

Os principais elementos contribuintes para o agravamento da vulnerabilidade à voçorocamento na BHBV são: os processos de ocupação inapropriada de encostas (com declividade acentuada); retirada da vegetação (eliminando uma camada de proteção do solo); ausência de drenagem (canais pluviais); impermeabilização do solo (asfaltamento); traçado das ruas inadequado (convergindo para encostas íngremes) e disposição de resíduos sólidos nas incisões (utilizada como lixão).

No que se refere aos elementos contribuintes para o agravamento da vulnerabilidade à enchente na BHBV estão: as ocupações das planícies inundáveis; a impermeabilização do solo aumentando o escoamento superficial, resultando na elevação da água na bacia; a retirada da vegetação primária; e inserção da microdrenagem que convergem em direção ao canal, causando a poluição de suas águas.

Para além dos processos delimitados, no decorrer do estudo foi possível identificar a ocorrência de um processo de assoreamento e poluição das nascentes da bacia, provocado principalmente pelas atividades das fábricas pertencentes ao Polo Industrial de Manaus. Apesar de não ter sido incluído nas variáveis aqui relacionadas à vulnerabilidade, cabe fazer um apontamento para possíveis pesquisas que venham ocorrer futuramente na área envolvendo a relação das indústrias com as bacias.

Uma vez que a referida bacia se apresenta como área de interesse para a ampliação do espaço urbano de Manaus, se faz importante a existência de um documento norteador como o mapa de vulnerabilidade que ajuda a definir as áreas mais propícias ao recebimento de equipamentos urbanos, assim como a realização

de ações mitigadoras para minimizar ou eliminar os problemas já existentes no local. Essas ações podem ser feitas com medidas estruturais, como o melhoramento da infraestrutura urbana, retirada dos indivíduos em situação vulnerável, e/ou por meio de medidas não estruturais, como a conscientização da população sobre os problemas derivados da ocupação das áreas susceptíveis.

Para além de questões técnicas, a problemática da vulnerabilidade é produto das relações socioeconômicas que atinge principalmente as classes com menor poder aquisitivo. O maior problema a respeito do assunto se dá na aplicação de medidas, que na maioria das vezes se dá somente após a ocorrência de eventos mais catastróficos, demonstrando a falta de ações de prevenção. Logo, estudos que visam o planejamento urbano e ambiental são fundamentais e precisam ter mais espaço, a fim de gerar debates que incluam diferentes esferas sociais e difundam conhecimento a respeito do tema.

## 7 REFERENCIAS

ACSELRAD, H. Vulnerabilidade ambiental, processos e relações. In: **II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais**. Rio de Janeiro: FIBGE, 2006.

AGUIAR, F. E. O. **As alterações climáticas de Manaus no século XX**. 183 f. Dissertação de mestrado em Geociência. Rio de Janeiro: UFRJ, 1995.

ALCÂNTARA, E. H.; AMORIM, A. de J. Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo e caso. **Caminhos da geografia**. v.14, n. 7, p 70-77, 2005.

ALMEIDA, Q. de A. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará**. Tese de doutorado em Geografia. Rio Claro. 278 f. 2010.

ALMEIDA, Q. de A. Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidades na geografia. In: **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 83-99. 2011

AMARAL, R. do.; RIBEIRO, R. R. Inundações e enchentes. P. 39-52. Org. TOMINAGA, L. L.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 1996 p. 2009

AMORIM, R. R. Um novo olhar na Geografia para os conceitos e aplicações de geossistemas antrópicos e sistemas ambientais. **Revista Caminhos de Geografia**. Uberlândia v. 13, n. 41. P.80-101. 2012.

ANEAS DE CASTRO, S. D. Riesgos y peligros: una visión desde lá Geografía. Scripta Nova: **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**. Barcelona, n.60, 15 de mar. 2000. Disponível em: <<http://www.ub.edu/geocrit/sn-60.htm>> acesso em 01 de novembro de 2017.

ANTONIO, J. N; TOMMASELLI, J. T. G. **A relevância das características do relevo para o mapeamento digital de solos em presidente prudente – SP – BRASIL**. 2015. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal15/Nuevastecnologias/Sig/23.pdf>> Acesso em 13 de março de 2017.

BARROS, M. T. L. de. Drenagem urbana: bases conceituais e planejamento. In PHILIPPI Jr. A, **Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, - (coleção Ambiental; 2). 2005

BECK, U. **Risikogesellschaft: auf dem Weg in eine andere Moderne**. Frankfurt am Main, Suhrkamp. 1986.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, n. 13, p. 1-27, 1972.

BORSATO, F. H. **Caracterização física das bacias de drenagem do município de Maringá e os postos de combustíveis como potenciais poluidores**. 257 f. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Estadual de Maringá, 2005.

BOTELHO, R. G. M.; DA SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário Brasileiro de Desastres Naturais**. Brasília: CENAD, p.80, 2012.

BRASIL, E.S.; COSTA; J. A. L. Uso de Imagens do sensor ADS-80 para delimitação da área de inundação da orla da cidade de Manaus-AM. Anais eletrônicos In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, 17, INPE, João Pessoa, P. 3392 – 3399. Abr. / 2015.

CARDOSO, A.T. ; GIGLIO, J.N. ; KOBIYAMA, M ; GRISON, F. Morfometria de bacias embutidas na gestão de bacias hidrográficas – Rio Negrinho, SC.. In: **VII Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental**, 2012, Criciúma. Anais. Criciúma: ASBEA, v. 1. p. 1-10. 2012.

CARNEIRO, P. R. F; CARDOSO, A. L; ZAMPRONIO, G. B; MARTINGIL, M. de C. A gestão integrada de recursos hídricos e uso do solo em bacias urbano-metropolitanas: o controle de Inundações na bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí, na Baixada Fluminense. **Ambiente & Sociedade**. Campinas v. 13, n. 1, p. 29-49, jan.-jun. 2010.

CASSIANO, K. R. M. **Análise geográfica de áreas de risco na bacia hidrográfica do igarapé do Mindú – Manaus (AM)**. 101 f. Dissertação de mestrado em Geografia. Florianópolis, 2013.

CASTRO, L. G; NEROLI; COGO, P; VOLK, L. B. da S. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. **Revista Brasileira Ci. Solo**, 30:339-352, 2006

CASTRO, M. N; CASTRO, R. M; SOUZA, P. C. de. A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, 4: 230-241. 2013

CAVAGUTI, N.; SILVA, M. J. D. Desenvolvimento urbano, erosão e degradação dos recursos hídricos por assoreamento em Bauru, S.P. **Anais X Simpósio brasileiro de recursos hídricos**. Gramado. 1993

CHAGAS, C. da S; FERNANDES FILHO, E. I; BHERING, S. B. Relação entre atributos do terreno, material de origem e solos em uma área no noroeste do Estado do Rio de Janeiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 25 (1): 147-162, 2013

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980, 149p. 1980

COSTA, T. de C.S. da. **A relação cidade e rio na Amazônia: mudanças e permanências frente ao processo de urbanização recente, o exemplo de Santarém (PA)**. 2012. Dissertação de mestrado em Planejamento do Desenvolvimento. 163 f. Universidade Federal do Pará, 2012.

CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil. **Relatório da Cheia Manaus 1999**. Manaus, 1999.

\_\_\_\_\_. - Companhia de Pesquisa De Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil **Relatório da cheia Manaus 2010**. Manaus, 2010

\_\_\_\_\_. - Companhia de Pesquisa De Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil **Relatório da cheia Manaus 2012**. Manaus, 2012

\_\_\_\_\_. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil. **Relatório da Cheia Manaus 2013**. Manaus, 2013.

DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade Socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba**. Tese de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento, 2004. 155 f. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. Curitiba: UFPR

DONALD, A. R.; ANDRADE, R. S.; MOLINARI, D. C.; DIRANE, A. C. M. Áreas de risco a voçorocamento – Distrito Industrial II (Manaus – AM). In: **XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Viçosa: UFV, 2009.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 412p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Brasília: EMBRAPA Solos, 1999

ESTEVEZ, C. J. de O. Risco e vulnerabilidade socioambiental: Aspectos conceituais. **Caderno IPARDES**. Curitiba, PR, v.1, n.2, p. 62-79, jul./dez. 2011.

FERNANDES, V. R. **Impactos socioambientais causados pelas cheias excepcionais do Rio Negro em Manaus – AM. Ocorridas entre 1950 a 2015**. 129 f. dissertação de Mestrado em Geografia. Manaus. 2016

FREITAS, C. M; CARVALHO, M. L; XIMENES, E. F; ARRAES, E. F; GOMES, J. O. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência – lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. **Ciência e saúde coletiva**. V.176, n.6, p.1577-1586, 2012.

FREITAS, M. I. C; CUNHA, L. Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management)**, v. 5, n. 1, p. 15-31, jan./jun. 2013.

FROTA FILHO, A. B. da. **Análise da vulnerabilidade erosiva da Bacia Hidrográfica Colônia Antônio Aleixo, Manaus – AM**. 2015. 199f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

GONÇALVES, K. dos S; SIQUEIRA, A. S. P; CASTRO, H. A. de; HACON, S. de S. Indicador de vulnerabilidade socioambiental na Amazônia Ocidental. O caso do Município de Porto Velho, Rondônia, Brasil. **Ciênc. saúde coletiva**, vol.19, n.9, pp.3809-3818, 2014.

IGCE/DGA. GEOLOGIA AMBIENTAL: **Enchentes e inundações**, 2004. Disponível em: <<http://cuencas.fcien.edu.uy/cursos/materiales/lnundac2.pdf>> acesso em: 11 de janeiro de 2017

IGREJA, H.L.S. **Aspectos do modelo neotectônico da Placa Sul-Americana na Província Estrutural Amazônica, Brasil**. 151 f. Tese referente ao concurso de Professor Titular. Manaus: UFAM – Departamento de Geologia, 2000.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades – IPT, 2007.

LIMA, M. C. de. A cidade, o urbano e o rio na Amazônia. **Revista ACTA Geográfica**, ANO II, nº3, p.107-117, jan./jun. de 2008.

LIMA, W. de P; ZAKIA, M. J. B. **Hidrologia de matas ciliares**. 2000. Disponível em: <<http://www.ipef.br/hidrologia/mataciliar.asp>> acesso em 05 de novembro de 2017.

MACENA, L. S. L. **Áreas de risco nas Bacias Hidrográficas Urbanizadas de Manaus**. 2016. 262 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

MACHADO, G.; SOUZA, J. O. P. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Chôco–Ibaiti–PR. In: **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina**, 2005, março, 8366-8382, São Paulo, Brasil. 2005. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/9309363-Analise-morfometrica-da-bacia-hidrografica-do-rio-choco-ibaiti-pr.html>>. Acesso em: 2 de abril de 2018.

MACIEL, A. B. C; LIMA; Z. M. C. O conceito de paisagem: diversidade de olhares. **Sociedade e Território**, Natal, v. 23, nº 2, p. 159 - 177, jul./dez. 2011.

MAIOR, M. M. S; CÂNDIDO, G. A. Avaliação das metodologias brasileiras de vulnerabilidade socioambiental como decorrência da problemática urbana no Brasil. **Caderno Metropole**, São Paulo, v. 16, n. 31, p. 241-246, 2014.

MARANDOLA Jr., E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidades e riscos: entre Geografia e Demografia. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 22, n. 1, p. 29-53, jan./ jul. 2005.

MARCUZZO, F. F. N; OLIVEIRA, N. L; CARDOSO, M. R. D; TSCHIEDEL, A. F. Detalhamento hidromorfológico da bacia do Rio Paraíba. **XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**. 2012. João pessoa – PB. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento\\_Hidro\\_Marcuzzo.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_Hidro_Marcuzzo.pdf)> acesso em: 10 de maio de 2018

MENDONÇA, F. Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos: a contingência climática. **Mercator** – vol. 09, número especial (1), 2010.

MIRANDA, M. J. de O. **O uso de geotecnologias na análise temporal do processo de expansão urbana sobre a bacia hidrográfica do Puraquewara: Manaus – AM**. 112 f. Dissertação de mestrado em Geografia, UFAM.. 2017

Módulo 9 – riscos geológicos – 3. **Estudo dos processos naturais do Brasil**. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/riscos/risco16.html#1>> Acesso em: 31 de outubro de 2017.

NASCIMENTO, M. B. do. **Produção agrícola familiar em área urbana: comunidade Nova Esperança – bairro Jorge Teixeira – Manaus/AM**. Dissertação de mestrado em Geografia. 134 p. Universidade Federal do Amazonas – UFAM. 2014.

NAZARETH, T; BRASIL, M; TEIXEIRA, P. Manaus: Crescimento Populacional E Migrações Nos anos de 1990. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n.121, p.201-217, jul./dez. 2011

OLIVEIRA, D. A. F; MÉLO, T. C. Considerações de projetos de estabilização de encostas em áreas de ocupação espontânea: uma visão conjunta de engenharia e

social. **IV COBRAE - Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas** – Salvador - BA. P.543-52, 2005.

OLIVEIRA, N. dos S. de. **Saneamento ambiental no estado do amapá e a ocorrência de doenças**. 40 a. Trabalho de conclusão de curso em Ciências Ambientais. Universidade Federal do Amapá – UNIFAP. 2013

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB)**. Brasil. 2008. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=24535>>. acesso em: 25 de janeiro de 2018

PATRICIO, J. C. dos S; FERREIRA FILHO, H. R. Relação homem, rio e o transporte fluvial misto, determinante de desenvolvimento na Amazônia: o caso do trecho acará – Belém. **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**. n. 30 (octubre-diciembre 2015). Disponível em: <<http://www.eumed.net/rev/cccss/2015/04/trecho-acara-belem.html>>. Acesso em 27 de julho de 2017.

PHILIPPI Jr, A; AGUIAR, A. de O. e. Resíduos sólidos: características e gerenciamento. In **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 2º ed. MANOLE, 2005.

PINHEIRO, E. da S.; MARQUES, J. P. C; KUX, H. J. H. Modelo linear de mistura espectral e métricas da paisagem aplicado ao estudo do desflorestamento em Manaus, Amazonas. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013, INPE.

PIRES, J. S. R; SANTOS, J. E. dos S; DEL PRETTE, M. E. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. p. 17-35. In: **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações** - Ilhéus, Ba : Editus, 2002.

PIRES, L. V. Voçorocas: **processos de formação, prevenção e medidas corretivas**. 2015 Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/301552655\\_Vocorocasprocessos\\_de\\_formacao\\_prevencao\\_e\\_medidas\\_corretivas](https://www.researchgate.net/publication/301552655_Vocorocasprocessos_de_formacao_prevencao_e_medidas_corretivas)>. Acesso em: 01 de agosto de 2017.

PISSINATI, M. C.; ARCHELA, R. S. Geossistema Território e Paisagem – método de estudo da paisagem rural sob a ótica Bertrandiana. **Geografia**. v. 18, n. 1, jan./jun. Londrina, 2009.

QUEIROZ-LIMEIRA e SILVA, A. L.; NODA, H. A organização do espaço dos moradores da área João Paulo II no bairro Jorge Teixeira: anseios, transição e adaptação. **Anais do I Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia**. Manaus, 2010.

REBELLO, A. A erosão no contexto das bacias hidrográficas. In:\_\_\_\_- (org) **Contribuições teórico-metodológicas da Geografia Física**. Manaus, AM: EDUA, 2010.

ROCHA, A. T. da. **Gestão da água em Manaus: criação do comitê de Bacia Hidrográfica do Rio do Puraquequara**. 123 f. Dissertação de mestrado em Geografia. Manaus: Universidade Federal do Amazonas – UFAM. 2014.

ROSS, J.LS. Fundamentos da Geografia da Natureza. In: \_\_\_\_- (org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP. p. 13-65. 2000.

RIZZO, M. M. **Risco Geotécnico de encostas ocupadas: avaliação e indicação de soluções para mitigar problemas na Vila Graciliano Ramos em Porto Alegre**. Trabalho de conclusão de curso. 84 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012

SANTANA, D. P. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 63 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30). 2004.

SANTOS, F. M. M. S. dos. **A microbacia hidrográfica do Bindá (Manaus/AM) sob a ótica da complexidade ambiental**. 2014. 161 f. Dissertação de mestrado em Geografia. UFAM. Manaus, 2014.

SANTOS, R. F. dos. Planejamento Ambiental: **teoria e prática**. 184p. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SEBUSIANI, H. R. V; BETTINE, S. do C. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional. G&DR**. v. 7, n. 1, p. 256-285, jan-abr. Taubaté, SP, 2011.

SILVA, A. L. de Q. L.; NODA, H. A organização do espaço dos moradores da área João Paulo II no bairro Jorge Teixeira: anseios, transição e adaptação. **Anais do I Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia**. 2010.

SILVA, F. M.; ALMEIDA, L. Q. de. Uma abordagem sobre a vulnerabilidade socioambiental no ambiente estuarino: aspectos teóricos - conceituais. **Revista Geonorte**, v. 1, p. 102-112, 2012.

SILVA, E. de O. **Cartas de estudos de riscos de planícies de inundações e áreas de movimentos de massas: análises e soluções de casos em Manaus**. 146 p. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil. Manaus -AM, 2016.

SOARES, M. R. G. J.; SOUZA, J. M.S . **Análise morfométrica da bacia do rio Pequeno em São José dos Pinhais - PR**. Geografia (Londrina), v. 21, p. 019-036, 2012.

SOUSA, F.A; RODRIGUES, S. C., Aspectos Morfométricos Como Subsídio Ao Estudo da Condutividade Hidráulica e Suscetibilidade Erosiva dos Solos. **Mercator - Revista de Geografia da UFC** [online] 2012.

SPINK, M. J. P. Viver em áreas de risco: tensões entre gestão de desastres ambientais e os sentidos de risco no cotidiano. **Revista Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 9, p.3743-3754, Set. 2014.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geological Society of America Bulletin**, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

TAGLIANI, C. R. A. **A mineração na porção média do Rio Grande do Sul: Estratégia para a gestão sob um enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado**. 2002. 272 f. Tese de Doutorado em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002

TANAKA, L. M. de S.; SATYAMURTY, P.; MACHADO, L. A. T. Diurnal variation of precipitation in central Amazon Basin. **International Journal of Climatology**. V. 34, p. 2014. Online, disponível em: <<http://gpm.cptec.inpe.br/portal/pdf/relatorios/2014/anexo10.pdf>> Acesso em: 05 de março de 2016.

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, 2007

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados** (USP. Impresso), v. 22, p. 97-112, 2008.

TUCCI, C. E. M; COLLISCHONN, W. **Drenagem urbana e controle de erosão**. VI Simpósio nacional de controle da erosão. Presidente Prudente, São Paulo, 1998

UNESP. Estudos dos processos naturais do Brasil: **escorregamentos e processos correlatos**. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/riscos/risco11.html>>. Acesso em: 01 de agosto de 2017.

VALERIANO, M. M., Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos: INPE, 72 p. (INPE-15318-RPE/818). 2008.

VIEIRA, A. F. S. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. 310 f. 2008. Tese de doutorado em Geografia. Florianópolis: UFSC/CFH, 2008.

VIEIRA, A. F. S. G. Voçorocas e outras feições. In: **Contribuições teórico-metodológicas da Geografia Física**. 2010.

VILELA FILHO, L. R. **Urbanização e Fragilidade Ambiental na Bacia do Córrego Proença, Município de Campinas (SP)**.194 f. Dissertação de mestrado. Campinas, São Paulo. 2006.

VILLELA, S. N; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975

VELOSO, A. J. GG. Importância do estudo das vertentes. **Revista Geographia**. V. 4, n. 8. 2002

ZANELLA, M. E; OLIMPIO, J. L; COSTA, M. C. L; DANTAS, E. W. C. Vulnerabilidade socioambiental do Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza – CE. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 25 (2): 317-332, 2013