

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

**ILBSON DO NASCIMENTO SILVA**

**GEOMORFOLOGIA E PLANEJAMENTO AMBIENTAL: IDENTIFICAÇÃO E  
MONITORAMENTO DE VOÇOROCAS NO SÍTIO URBANO DE IRANDUBA/AM**

**Manaus - AM  
2020**

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

**ILBSON DO NASCIMENTO SILVA**

**GEOMORFOLOGIA E PLANEJAMENTO AMBIENTAL: IDENTIFICAÇÃO E  
MONITORAMENTO DE VOÇOROCAS NO SÍTIO URBANO DE IRANDUBA/AM**

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

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

**Manaus - AM  
2020**

## Ficha Catalográfica

Catálogo na fonte pela Biblioteca Central da Universidade Federal do Amazonas

S586g Silva, Ilbson do Nascimento  
Geomorfologia e planejamento ambiental: identificação e monitoramento de voçorocas no sítio urbano de Iranduba/AM / Ilbson do Nascimento Silva. 2020  
166 f.: il. color; 31 cm.

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

1. Geomorfologia. 2. Planejamento ambiental. 3. Monitoramento. 4. Voçorocamento. I. Vieira, Antonio Fábio Sabbá Guimarães. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a memória do meu pai Isaac de Oliveira Silva que, durante toda a sua existência nesse plano, dedicou-se a criar os seus filhos com todo amor e devoção. Obrigado por tudo meu amigo, companheiro, pai. Amo-te.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho não pertence a mim, mas a todas as pessoas que contribuíram, direta e indiretamente, para que o mesmo se tornasse realidade. Familiares e amigos viabilizaram o andamento dessa pesquisa prestando, apoio emocional e técnico.

Agradeço a Deus, que me deu a vida, sabedoria e discernimento em minhas escolhas e me fez compreender que para tudo existe um tempo, mas que esse tempo não é o mesmo para todos.

Às minhas mães Quitéria de Lima Barriga e Angelina do Nascimento Silva por todo amor e dedicação. Sem vocês esse projeto não teria se materializado. Obrigado por acreditarem em mim quando nem eu mesmo acreditava.

Aos meus irmãos que me incentivaram e apoiaram incondicionalmente nessa jornada. Aos irmãos que a vida me presenteou: Cristiane Marques, Willian Costa, Eunice Monteiro, Flávia Jacquiminut, Edgar Pinheiro, Amanda Mustafa, Lydiane Brito, Alexandra Sousa, Fernando Pinho, Tiago da Silva Camelo.

À minha filha Donatella que sempre está ao meu lado de forma incondicional.

Aos meus amigos: Sônia Maria de Oliveira Lima, André Campos Alves, Fredson Bernardino, Jean Carlos, Kenya Sousa, Feliciano. Às minhas irmãs de orientação, Janara Tavares, Sandréia Cascaes, do Laboratório de Análise de sedimento de Solo (LATOSSOLO); em especial à minha parceira, amiga, confidente e também irmã de orientação Gabriela Mendonça, pela ajuda imensurável e generosidade em compartilhar conhecimento e pelo companheirismo fraterno. Sem você, essa pesquisa não teria se tornado possível. A todos a minha eterna gratidão.

A todos os colegas da turma SEDUC (como nos tratamos), turma de Mestrado do ano de 2018 pelos momentos alegres e compartilhamento dos conhecimentos. Em especial aos meus queridos amigos Carol Felix, Nildenir Piro e Zilmar.

Aos professores do PPGEQG, por terem contribuído com a minha formação e com os conhecimentos adquiridos e construídos na execução deste trabalho.

À SEDUC – Secretaria de Estado de Educação e qualidade de Ensino, por possibilitar e incentivar, através do convênio e liberação, a realização desta pesquisa e a minha permanência no Programa de Pós-graduação em Geografia.

À Universidade Federal do Amazonas, representada pelo Programa de Pós-graduação em Geografia, primeiro na pessoa do Prof. Dr. Ricardo José Batista Nogueira, coordenador do Programa no ano em que iniciei o Curso, e ao Prof. Dr.

Marcos Castro de Lima, atual coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Agradeço imensamente à Secretária do PPGEOG, Graça Luzeiro, pela atenção diária e pelos informes necessários para o bom andamento do Programa.

Ao meu querido orientador Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira, por ter aceitado esse desafio e me abraçado de forma tão carinhosa e fraterna; e ainda por segurar a minha mão e acreditar no desenvolvimento desta pesquisa. Por tudo isso, torno público os meus sinceros agradecimentos, carinho e admiração pelo profissional, amigo e cidadão que tu és. Serei eternamente grato.

Agradeço a todas as pessoas que dividiram um pouco do seu tempo comigo durante esta jornada.

Muito obrigado!

## RESUMO

Este trabalho, intitulado Geomorfologia e planejamento ambiental: identificação e monitoramento de voçorocas no sítio urbano de Iranduba-AM, tem como objetivo geral relacionar a geomorfologia e o planejamento ambiental como elementos importantes no aparecimento de voçorocas na cidade de Iranduba-AM. Assim, esta pesquisa foi alicerçada de aporte teórico, referente ao tema proposto, no qual se buscou levantar as variáveis naturais e humanas que interferem nos diferentes usos do solo, além dos problemas ambientais correlatos, como a erosão dos solos e a formação de voçorocas. Para esse propósito, utilizou-se como procedimentos metodológicos o levantamento bibliográfico, trabalhos de campo, para validação dos dados secundários, imagens de satélite *Landsat 5* e *8* e do ALOS PALSAR. No que se refere ao monitoramento de voçorocas, fez-se trabalho de campo periódico com intervalo de seis meses, uso de fichas cadastrais, trena e GPS; além disso, para o acompanhamento das incisões encontradas na área de estudo, utilizou-se o Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). As imagens captadas por este equipamento foram tratadas no *software Agisoft Metashape*, disponível no Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos (LATOSSOLO). Para ajudar a alcançar os objetos delineados para essa pesquisa foi confeccionado mapa de declividade, mapa hipsométrico, modelo digital de superfície (MDS), que subsidiaram a caracterização do quadro natural; mapa da dinâmica de cobertura do solo, mapa de vulnerabilidade ambiental à erosão do sítio urbano de Iranduba-AM e o monitoramento das seis incisões verificadas na área supramencionada. A partir dos procedimentos metodológicos, foram traçados os resultados dessa pesquisa por meio dos quais se constatou que o sítio urbano de Iranduba-AM está assentado em platô irregular, cuja altimetria não ultrapassa os 60 metros; a superfície varia nas declividades entre 3% (platô) a 45% (encostas). Os dados levantados apontam a existência de seis voçorocas, nomeadas de voçoroca 1, 2, 3, 4, 5 e 6. A voçoroca 1, é do tipo desconectada, tem forma linear, tamanho muito pequeno, sendo considerada de risco imediato; a incisão 2 foi considerada do tipo conectada, apresenta forma retangular, o risco é imediato e o é tamanho pequeno; a incisão 3, considerada de risco a médio prazo, possui tamanho médio, forma retangular, sendo do tipo conectada; a voçoroca 4 possui tamanho pequeno, forma retangular, é do tipo conectada e considerada de risco a curto prazo; a voçoroca 05 possui tamanho grande, forma retangular, do tipo conectada e o risco é imediato; por fim a incisão 6 foi classificada como pequena, com forma retangular, tipo conectada e de risco a médio prazo. As especificidades do quadro natural (principalmente a geomorfologia), juntamente com as atividades antrópicas, a saber, o uso e cobertura do solo, drenagem das águas pluviais e efluentes domésticos em direção as vertentes são responsáveis pelo aceleração de processos erosivos, que comprometem o ambiente por ocasionarem danos socioambientais. Somam-se a isso os riscos imputados às pessoas que vivem no entorno das áreas degradadas, além disso, entende-se que os problemas relacionados a erosão poderiam ser minimizados caso houvesse o planejamento ambiental ou mesmo a efetivação das leis vigentes que controlam a ocupação de áreas inadequadas à expansão urbana.

**Palavras-chave:** Geomorfologia, Planejamento ambiental, monitoramento, voçorocamento.

## ABSTRACT

This work, entitled Geomorphology and environmental planning: identification and monitoring of gullies in the urban site of Iranduba-AM, has the general objective of relating geomorphology and environmental planning as important elements in the appearance of gullies in the city of Iranduba-AM. Based on the theoretical contribution, referring to the proposed subject, we sought to raise the natural and human variables that interfere in different land uses, in addition to related environmental problems, such as soil erosion, with emphasis on gullies. For this purpose, bibliographic surveys, fieldwork to validate secondary data, satellite images of landsat 5 and 8 and ALOS PAUSAR were used as methodological procedures. Regarding the monitoring of gullies, periodic fieldwork was carried out with an interval of six months, use of registration forms, measuring tape, GPS. furthermore, to monitor the incisions found in the study area, the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) was used, the images captured by this equipment were treated in the Agisoft Metashape software available at the Sediment and Soil Analysis and Treatment Laboratory (LATOSOL). To help achieve the goals outlined for this research, a slope map, hypsometric map, digital elevation model (DEM), which supported the characterization of the natural framework; dynamics of cover map, environmental vulnerability map the erosion of the urban site of Iranduba-AM. From the methodological procedures, the results of this research were set where, it was found that the urban site of Iranduba-AM, is based on an irregular plateau, whose altimetry does not exceed 60 meters and where the surface varies in slopes between 3% (plateau) to 45 % (hillside) and the monitoring of the six incisions verified in the aforementioned area. Gullet 1, is disconnected, with linear shape, very small size, considered of immediate risk; incision 2 was considered of connected type, has a rectangular shape, immediate risk and small size; incision 3 considered medium-term risk, has medium size, shape and rectangular and connected type; a gullet 4 small in size, rectangular in shape, connected and considered of short-term risk; gullet 5 has a large size, rectangular, connected type and risk is immediate; finally incision 6 was classified as small, with a rectangular shape, connected type and medium-term risk. The specificities of the natural framework (mainly geomorphology), together with human activities, namely land use, drainage of rainwater and domestic effluents towards the slopes, are responsible for the acceleration of erosion processes, which compromise the environment for causing socio-environmental damage, added to this are the risks imputed to the people who live around the degraded areas. In addition, it is understood that the problems related to erosion could be minimized if there were environmental planning or even the implementation of current laws that control the occupation of areas unsuitable for urban expansion.

**Keywords:** Geomorphology, Environmental Planning, monitoring, gullet.



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>1. GEOMORFOLOGIA E PLANEJAMENTO AMBIENTAL: PRINCIPAIS CONCEITOS E ABORDAGENS.....</b>	<b>21</b>
1.1. A importância da geomorfologia para a compreensão do meio ambiente.....	21
1.2. O conceito de geomorfologia urbana. ....	22
1.3. Planejamento ambiental e geomorfologia .....	24
1.4. A importância do Estatuto das Cidades e do Plano Diretor para o planejamento ambiental. ....	32
1.5. Intensificação do processo de urbanização e impactos ambientais .....	35
1.6. O processo de expansão urbana e impactos ambientais em Iranduba-AM.....	37
1.7. Risco, áreas de risco, susceptibilidade e vulnerabilidade ambiental.....	40
1.7.1. Risco.....	40
1.7.2. Área de risco.....	41
1.7.3. Vulnerabilidade ambiental.....	44
1.7.4. Susceptibilidade.....	48
1.8. A dinâmica da cobertura do uso do solo e a correlação com problemas ambientais relacionados à erosão .....	49
1.9. Erosão por voçorocas em áreas urbanas.....	50
<b>2. ASPECTOS FÍSICOS DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>56</b>
2.1. Localização .....	56
2.2. Geologia.....	58
2.3. Geomorfologia.....	61
2.4. Clima .....	64
2.5. Hidrografia .....	64
2.6. Solos .....	66
2.7. Vegetação .....	68
<b>3. MATERIAIS E MÉTODO .....</b>	<b>70</b>
3.1. Caracterização da dinâmica da cobertura do solo no sítio urbano de Iranduba-AM, no período de 2010 a 2019 .....	73
3.2. Descrição dos aspectos físico-naturais .....	76
3.3. Identificação das feições erosivas do tipo voçoroca na cidade de Iranduba-AM .....	77
3.4. Monitoramento das feições erosivas do tipo voçoroca encontradas na cidade de Iranduba/AM .....	77

<b>3.4. Elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental à erosão do sítio urbano de Iranduba-AM .....</b>	<b>85</b>
3.4.1. Fator Geomorfológico .....	87
3.4.2. Fator cobertura solo (vegetação) .....	88
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>90</b>
<b>4.1. Descrição dos aspectos físico-naturais do sítio urbano de Iranduba-AM .....</b>	<b>90</b>
<b>4.2. Caracterização da dinâmica da cobertura do período de 2010 a 2019 .....</b>	<b>97</b>
<b>4.3. Identificação e monitoramento das áreas da cidade de Iranduba que apresentam feições erosivas do tipo voçoroca.....</b>	<b>100</b>
4.3.1. Voçoroca 1.....	100
4.3.2. Voçoroca 2.....	103
4.3.3. Voçoroca 3.....	108
4.3.4. Voçoroca 4.....	111
4.3.5. Voçoroca 5.....	115
4.3.6. Voçoroca 6.....	121
<b>4.3.7. Construção dos perfis topográficos das encostas com voçorocas.....</b>	<b>127</b>
<b>4.3.8. Área de influência direta das voçorocas encontradas no sítio urbano de Iranduba-AM.....</b>	<b>133</b>
<b>4.3.9. Valor pecuniário das áreas erodidas pelas incisões e custo para contenção das voçorocas.....</b>	<b>137</b>
<b>4.4. Identificação das áreas que apresentam vulnerabilidade ambiental a erosão no sítio urbano de Iranduba-AM.....</b>	<b>138</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>141</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>144</b>
<b>7- APENDICES.....</b>	<b>154</b>
<b>7.1 APENDICE 1: Ficha de cadastro da voçoroca 1.....</b>	<b>154</b>
<b>7.2. APENDICE 2: Ficha de cadastro da voçoroca 2.....</b>	<b>156</b>
<b>7.3. APENDICE 3: Ficha de cadastro da voçoroca 3.....</b>	<b>158</b>
<b>7.4. APENDICE 4: Ficha de cadastro da voçoroca 4.....</b>	<b>160</b>
<b>7.5. APENDICE 5: Ficha de cadastro da voçoroca 5.....</b>	<b>162</b>
<b>7.6. APENDICE 6: Ficha de cadastro da voçoroca 6.....</b>	<b>164</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Tipos de voçorocas.....	53
<b>Figura 2</b> - Formas das voçorocas.....	54
<b>Figura 3</b> - Forma das vertentes.....	55
<b>Figura 4</b> - Fluxograma com objetivos e procedimentos metodológicos.....	72
<b>Figura 5</b> - Cálculo da área de influência das voçorocas.....	82
<b>Figura 6</b> - Foto do Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).....	84
<b>Figura 7</b> - Modelo de elaboração do mapa de vulnerabilidade .....	87
<b>Figura 8</b> - Vista panorâmica das voçorocas .....	96
<b>Figura 9</b> - Localização da voçoroca 1.....	98
<b>Figura 10</b> - Voçoroca 01, do tipo desconectada com forma linear (circunscrito de vermelho).....	101
<b>Figura 11</b> - Voçoroca 01, com parte do seu canal preenchida com lixo doméstico (seta amarela).....	102
<b>Figura 12</b> - Localização da voçoroca 2.....	102
<b>Figura 13</b> - Voçoroca 02, com destaque para lixo na cabeceira (circunscrita em vermelho).....	105
<b>Figura 14</b> - Modelo Digital de Superfície da Voçoroca 02.....	107
<b>Figura 15</b> - Imagem Ortomosaico voçoroca 02 .....	107
<b>Figura 16</b> - Localização da Voçoroca 03.....	109
<b>Figura 17</b> - Voçoroca 03, destaque para o contorno da mesma .....	110
<b>Figura 18</b> - Modelo Digital de Superfície Voçoroca 03.....	111
<b>Figura 19</b> - Imagem Ortomosaico voçoroca 03.....	111
<b>Figura 20</b> - Localização da voçoroca 04 .....	112
<b>Figura 21</b> - Desgaste erosivo na borda esquerda da voçoroca 04.....	113
<b>Figura 22</b> - Modelo Digital de Superfície voçoroca 04.....	114
<b>Figura 23</b> - Imagem ortomosaico voçoroca 04.....	115
<b>Figura 24</b> - Localização da voçoroca 05 .....	116
<b>Figura 25</b> - Voçoroca 05, com destaque (seta) para a drenagem pluvial na cabeceira da incisão .....	117
<b>Figura 26</b> - Voçoroca 05 no ano de 2015 antes de destruição do arruamento ...	117
<b>Figura 27</b> - Voçoroca 5, destacando as vias e casas destruídas .....	118

<b>Figura 28</b> - Voçoroca em Maio de 2019 (A), com destaque ao restante da estrutura de uma casa. (B) Voçoroca em Agosto de 2019, agora sem a estrutura da casa .....	119
<b>Figura 29</b> - Modelo Digital de Superfície (voçoroca 05) .....	120
<b>Figura 30</b> - Imagem ortomosaico voçoroca 05 .....	120
<b>Figura 31</b> - Localização da voçoroca 6 .....	121
<b>Figura 32</b> - Voçoroca 06, vista do fundo do vale .....	122
<b>Figura 33</b> - (A) Voçoroca 6, em Maio de 2019. (B) Voçoroca 6 em Outubro de 2019, com destaque para o assoreamento do canal .....	123
<b>Figura 34</b> - Modelo Digital de Superfície com cotas altimétrica .....	124
<b>Figura 35</b> - Imagem ortomosaico voçoroca 06 .....	124
<b>Figura 36</b> - Perfis topográficos das voçorocas do sítio urbano de Iranduba-AM.	128
<b>Figura 37</b> - Perfil topográfico da voçoroca 01 .....	129
<b>Figura 38</b> - Perfil topográfico da voçoroca 02 .....	129
<b>Figura 39</b> - Perfil topográfico voçoroca 03 .....	130
<b>Figura 40</b> - Perfil topográfico voçoroca 04 .....	130
<b>Figura 41</b> - Perfil topográfico voçoroca 05 .....	131
<b>Figura 42</b> - Perfil topográfico voçoroca 06 .....	132
<b>Figura 43</b> - Área de influência das voçorocas do sítio urbano de Iranduba-AM..	135
<b>Figura 44</b> - Área de influência das voçorocas sob o arruamento .....	136

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - A evolução do planejamento ambiental ao longo dos processos histórico .....	27
<b>Quadro 2</b> - Introdução da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) em alguns países desenvolvidos.....	29
<b>Quadro 3</b> - Tipos de Riscos .....	41
<b>Quadro 4</b> - Classificação do nível de risco .....	44
<b>Quadro 5</b> - Característica do Landsat-5 .....	73
<b>Quadro 6</b> - Característica do satélite Landsat 8 .....	74
<b>Quadro 7</b> - Chaves de interpretação R-G-B (Imagem de satélite Lansat .....	75
<b>Quadro 9</b> - Escala de risco .....	79
<b>Quadro 10</b> - classificação das voçorocas por tamanho (m <sup>3</sup> ).....	79
<b>Quadro 11</b> - Característica do satélite ALOS.....	85
<b>Quadro 12</b> - Característica do Sensor PALSAR .....	86
<b>Quadro 13</b> - Declividade e valores atribuídos a cada classe de declividade .....	88
<b>Quadro 14</b> - Classes e valores do mapa de uso do solo .....	88
<b>Quadro 15</b> - Tamanho da área abrangida por cada classe do mapa hipsometrico ..	90
<b>Quadro 16</b> - Área e classe de declividade do sítio urbano de Iranduba .....	92
<b>Quadro 17</b> - Classes e valores referentes a cobertura do solo no sítio urbano de Iranduba/AM.....	97
<b>Quadro 18</b> - Dados morfométricos das voçorocas no primeiro monitoramento.....	126
<b>Quadro 19</b> - Taxas de crescimento e previsão de risco das voçorocas .....	127
<b>Quadro 20</b> - Características das encostas das voçorocas 01, 02, 03, 04, 05, 06...	132
<b>Quadro 21</b> - Raio, área e área total de influência das voçorocas .....	134
<b>Quadro 22</b> - Valores e classes de Vulnerabilidade ambiental à erosão .....	139

## **LISTA DE SIGLAS**

AIA: Avaliação de Impactos Ambientais

AM: Amazonas

ANAC: Agência Nacional de Aviação Civil

CPRM: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DETRAN-AM: Departamento Estadual de Trânsito do Amazonas

GPS: Sistema de Posicionamento Global

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MDE: Modelo Digital de Elevação

MDS: Modelo Digital de Superfície

ONU: Organização das Nações Unidas

PD: Plano Diretor

PDMI: Plano Diretor do Município de Iranduba

PJPD: Ponte Jornalista Phelippe Daou

RMM: Região Metropolitana de Manaus

SIG: Sistema de Informação Geográfica

VANT: Veículo Aéreo Não Tripulado

UEA: Universidade do Estado do Amazonas

ZFM: Zona Franca de Manaus

## LISTA DE MAPAS

<b>Mapa 1</b> - Localização do Município de Iranduba AM .....	56
<b>Mapa 2</b> - Localização do sítio urbano de Iranduba-AM.....	58
<b>Mapa 3</b> - Mapa com destaque para as falhas geológicas do sítio urbano de Iranduba-AM.....	60
<b>Mapa 4</b> - Mapa geomorfológico do sítio urbano de Iranduba-AM .....	62
<b>Mapa 5</b> - Hipsometria do município de Iranduba.....	63
<b>Mapa 6</b> - Mapa de hidrografia do sítio urbano de Iranduba/AM .....	66
<b>Mapa 7</b> - Mapa de classe de solos do município de Iranduba/AM.....	68
<b>Mapa 8</b> - Mapa de vegetação do município de Iranduba/AM.....	69
<b>Mapa 9</b> - Mapa Hipsométrico do sítio urbano de Iranduba/AM .....	91
<b>Mapa 10</b> - Mapa de declividade do sítio urbano de Iranduba/AM .....	93
<b>Mapa 11</b> - Mapa hipsométrico com curva de nível do sítio urbano de Iranduba/AM.....	95
<b>Mapa 12</b> - Evolução da cobertura solo no sítio urbano de Iranduba-AM .....	98
<b>Mapa 13</b> - Mapa de vulnerabilidade a erosão do sítio urbano de Iranduba/AM.....	140

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 01-</b> Crescimentos das voçorocas (comprimento) entre os monitoramentos.....	125
<b>Gráfico 02-</b> Crescimento das voçorocas entre os monitoramentos (largura).....	126
<b>Gráfico 03-</b> Crescimento das voçorocas entre os monitoramentos (profundidade).....	126
<b>Gráfico 04-</b> Crescimento das voçorocas entre os monitoramentos (área).....	126
<b>Gráfico 05-</b> Crescimento das voçorocas entre os monitoramentos (volume).....	126



## INTRODUÇÃO

A preocupação com o planejamento ambiental não é uma temática recente. Desde a antiguidade, as civilizações já demonstravam interesse em compreender e ordenar o processo de ocupação dos espaços, em especial, o urbano, para evitar problemas relacionados ao comprometimento dos recursos naturais. Os filósofos gregos foram os primeiros a externar inquietação em relação ao planejamento do ambiente com intuito de minimizar os impactos ambientais causados pelo processo de formação das cidades.

Na obra "A Política", Aristóteles (2007), já buscava entender os processos que envolviam o uso e ocupação do solo, ou seja, ele já pensava em um planejamento para evitar perturbação no ambiente e, conseqüentemente, obstar problemas para o homem.

Segundo Aristóteles (2007), a construção das *Pólis* deveria atentar a quantidade de habitantes; a escolha do território, que deveria proporcionar a autossuficiência para os seus moradores; a localização, que deveria oportunizar condições de salubridade; ter recurso hídrico em abundância e separado das fontes de contaminação. Através dessas afirmações, constata-se a ênfase dada às questões relacionadas ao planejamento e ao uso e ocupação dos espaços na antiguidade clássica.

Entretanto, durante a Idade Média, a humanidade viveu um retrocesso em todas as dimensões da sociedade, inclusive na ciência e no planejamento das cidades. Esse fato contribuiu para agravar a poluição dos rios, dos solos, além de aumentar a propagação de patologias, que poderiam ser evitadas com o planejamento, tais como, a Peste Negra e a Praga de Justiniano, que dizimaram grande parte da população europeia naquele período.

A partir da década de 1970, há uma retomada dos debates sobre a questão ambiental. Tal resgate tem como consequência a realidade socioeconômica, política e cultural vivenciada, sobretudo, na década supracitada, marcada por um conjunto de tradições resultantes da interação interna dos sistemas sociais e, destes, com o meio no qual estamos inseridos. De acordo com Lima (1999), as situações que abrem pressupostos para uma reflexão acerca da temática ambiental são:

Situações marcadas pelo conflito, esgotamento e destrutividade que se expressam: nos limites materiais ao crescimento econômico exponencial; na

expansão urbana e demográfica; na tendência ao esgotamento de recursos naturais e energéticos não renováveis; no crescimento acentuado das desigualdades socioeconômicas intra e internacionais, que alimentam e tornam crônicos os processos de exclusão social; no avanço do desemprego estrutural; na perda da biodiversidade e na contaminação crescente dos ecossistemas terrestres, entre outros. São todas realidades que comprometem a qualidade da vida humana, em particular, e ameaçam a continuidade da vida global do planeta (p.01).

É justamente a realidade exposta pelo referido autor que mobilizou o retorno dos debates referentes às questões ambientais, além do entendimento de que os recursos naturais existentes no nosso planeta são finitos e que o mau uso dos mesmos pode contribuir para o comprometimento do ecossistema planetário.

Dessa forma, várias conferências internacionais foram organizadas, com objetivo de abordar essa problemática, entre elas: a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente; A Conferência de Estocolmo na Suécia e a Rio Mais 20. Todos esses encontros trazem como cerne dos seus debates o planejamento e o uso racional dos recursos naturais.

Todavia no atual estágio em que se encontra a sociedade, parece ser impossível pensar na estagnação dos movimentos de ocupação dos espaços e no uso dos recursos naturais. Gerasimov (1980), diz que a primeira problemática a ser levantada, trabalhando-se a questão ambiental, é o da contradição que emerge entre utilizar os recursos naturais e conservar a natureza.

Tal questionamento salienta a necessidade de se elaborar estudos que possam minimizar os possíveis impactos no ambiente, decorrentes do uso e ocupação do solo. Segundo Ross (2014), parece extremamente óbvio que as interferências na natureza, realizadas pelo homem, necessita de estudos que levem a um diagnóstico, ou seja, ao conhecimento do quadro ambiental onde se vai atuar.

Ross (2014) destaca que os grandes projetos para implantação de usinas hidro e termoelétricas, rodovias, ferrovias, assentamento de núcleos de colonização, expansão urbana, reassentamento de populações face aos programas de reforma agrária, instalações portuárias, mineração, indústria, entre outros, são atividades que interferem de modo acentuado no ambiente, quer seja ele natural ou já humanizado. Ressalta-se, também, que outros fatores contribuem para a intensificação do processo de degradação ambiental.

Assim, a degradação ambiental pode ter diversas causas, entre elas, podemos citar a falta de planejamento ambiental e o manejo inadequado do solo e da água, tanto nas áreas urbanas como nas áreas rurais. Deste modo, os impactos no ambiente

não estão relacionados a uma única causa, pois podem estar associados a outros aspectos, tais como, uso e ocupação do solo, atividades antrópicas não planejadas que, somadas aos processos naturais como a geomorfologia, declividade da área, tipo de relevo, tipo de solos, entre outros, podem resultar na degradação ambiental.

Neste trabalho, dar-se-á enfoque à importância do quadro natural, em especial, à geomorfologia, para o planejamento ambiental urbano com o objetivo de compreender a influência da mesma na dinâmica da cobertura do solo e os impactos ambientais relacionados a erosão. Haigh (1989) destaca que a geomorfologia possui um conhecimento vital para os planejadores ambientais, no sentido de poder reduzir os riscos de impactos ambientais, e, ao mesmo tempo, podem prever os efeitos ambientais de determinadas políticas públicas.

Diante do exposto, a compreensão dos aspectos físicos atrelado aos elementos antrópicos se mostra relevante no entendimento dos problemas ambientais diagnosticados em uma área, além da possibilidade de intervenções mais eficazes, através de ações planejadas, que possam minimizar os impactos no meio ambiente.

Posto isso, o interesse por dada temática se deu por acreditar que a geomorfologia, somada a outros fatores, tais como, hidrografia, pedologia, clima e vegetação, pode contribuir de forma significativa no contexto do planejamento ambiental. Santos (2004) frisa que através do estudo da conformação atual do terreno pode ser deduzido o tipo e a intensidade dos processos erosivos e deposicionais, a composição, a distribuição e a textura do solo, além da capacidade de uso.

Tal fato evidencia a importância de associar a geomorfologia ao planejamento ambiental para melhor compreender as relações existentes entre as configurações superficiais do terreno, a localização e a distribuição das áreas de uso do solo derivadas das limitações conferidas pelo relevo, bem como, os impactos ambientais causados pelo uso de áreas inadequadas.

O recorte espacial do presente trabalho é a cidade de Iranduba, localizada na Região Metropolitana de Manaus - AM. A escolha da cidade se deu em decorrência da intensa ocupação ocorrido nas últimas décadas, onde Sousa (2015) descreve esse crescimento como resultante da especulação imobiliária. O mesmo autor discorre que um loteamento feito em Iranduba (Residencial Apolo), por exemplo, no ramal do Santo Antônio, distante apenas 2 km da sede do municipal, vivencia o aumento dos preços cobrados nos terrenos. Nesse ramal, em 2009, um lote, com 800 m<sup>2</sup>, era vendido por R\$ 10.000,00 (dez mil reais) e o comprador ainda poderia parcelar a entrada e o

restante. Passados alguns anos, em 2013, os mesmos terrenos eram negociados por R\$ 28.000,00 (vinte oito mil reais) e esse preço ainda era considerado baixo, pois outros terrenos, próximos a esses e com a mesma área, eram vendidos por valores que variavam de R\$ 35.000,00 a 40,000,00 (SOUSA, 2015).

O crescimento de Iranduba e, conseqüentemente, o aumento da especulação imobiliária, está relacionado ao processo de conurbação com a capital do estado do Amazonas (Manaus), intensificado pela construção da Ponte Jornalista Phelippe Daou (inaugurada em 24 de Outubro de 2011), que liga Manaus aos municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão, através da rodovia AM 070, principal modal de interligação dos municípios do sudeste da Região Metropolitana de Manaus (RMM) à Metrôpole.

Conforme Sousa (2015, p.16), o Estado, ao implantar infraestrutura de transporte em determinado recorte espacial, facilita a circulação de pessoas, produtos e capital e promove uma valorização do espaço. Entretanto é importante sublinhar que esse processo de valorização pode produzir severos impactos ambientais caso não ocorra um planejamento voltado ao uso do solo. Dessa forma, pode se consolidar um crescimento desatrelado do desenvolvimento.

A partir da construção da referida ponte, Iranduba passou a vivenciar um vertiginoso processo de ocupação, principalmente, nas margens da Rodovia AM 070, com a criação de bairros planejados, conjunto habitacional e condomínios de alto padrão. Soma-se a esses investimentos a construção da cidade universitária da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), que impulsionou ainda mais a dinâmica de crescimento na localidade (apesar desse empreendimento não ter sido concluído e se encontrar em total abandono).

Sousa (2015, p.13) afirma que:

As transformações socioespaciais na Região Metropolitana de Manaus, mas especificamente em Iranduba e Manacapuru, foram intensas e diversas no período de 2003 a 2012. O processo de estruturação do espaço da região pode ser observado a partir das mudanças no sistema de transporte, no mercado imobiliário e nas atividades de comércio e serviços. A ponte Rio Negro é o elemento capital que nos possibilita compreender a dimensão política, econômica, e social das transformações, que são realizadas graças às ações do Estado, do Capital e das próprias condições do espaço urbano-regional.

Através da citação anterior, observa-se que a construção da ponte sobre o Rio Negro produziu mudanças na dinâmica de uso e ocupação do solo, no sítio urbano, e em todo o município Iranduba-AM, o que levou essa área a presenciar impactos ambientais significativos.

A escolha do recorte temporal foi feita levando em consideração a influência da Ponte Jornalista Phelippe Daou, na mudança da dinâmica da cobertura do solo na cidade de Iranduba-AM. Portanto a título de comparação, pretende-se analisar o período que envolve um ano antes do término da construção da ponte, a saber, o ano de 2010 até 2019 (dez anos de observações).

Para direcionar a pesquisa, delineou-se as seguintes questões norteadoras: 1º) Por que relacionar a geomorfologia e planejamento ambiental à ocorrência processos erosivos no sítio urbano de Iranduba-AM? 2º) Qual a importância de se compreender as características físico-naturais, em especial, as geomorfológicas, do sítio urbano de Iranduba-AM? 3º) Por que caracterizar a dinâmica da cobertura do solo nos últimos 10 anos na cidade Iranduba-AM? 4º) Onde estão localizadas e quais são as características das voçorocas encontradas no sítio urbano de Iranduba-AM?.

Essas indagações balizaram a construção do objetivo geral que foi o de relacionar a geomorfologia e o planejamento ambiental como elementos importantes no aparecimento de voçorocas na cidade de Iranduba-AM. Para alcançar os resultados do objetivo central da pesquisa, foram propostos cinco objetivos específicos: 1. descrever os aspectos físico-naturais do sítio urbano de Iranduba/AM; 2. caracterizar as mudanças na cobertura do solo no período de 2010 a 2019; 3. identificar as áreas da cidade de Iranduba que apresentam feições erosivas do tipo voçoroca; 4. monitorar as voçorocas existentes na cidade; 5. elaborar o mapa de vulnerabilidade ambiental à erosão do sítio urbano de Iranduba-AM.

No que concerne à estrutura, o presente trabalho foi dividido em quatro capítulos. O primeiro faz referência à base teórica e conceitual; o segundo se refere à caracterização de área de estudo; o terceiro trata dos materiais e dos métodos adotados na pesquisa e, por fim, o quarto capítulo abarca a apresentação e a análise dos resultados desse trabalho.

## **1. GEOMORFOLOGIA E PLANEJAMENTO AMBIENTAL: PRINCIPAIS CONCEITOS E ABORDAGENS.**

Considerando os aspectos levantados até então, o desdobramento dessa pesquisa dar-se-á em consonância com as diretrizes propostas pelos autores que vêm trabalhando a temática, o que permitirá dissertar sobre o tema, com a finalidade de abrir pressupostos que possam facultar os debates referentes aos estudos geomorfológicos, à geomorfologia urbana, ao planejamento ambiental, aos impactos ambientais em áreas urbanas, à vulnerabilidade ambiental, às áreas de risco e às feições erosivas.

### **1.1. A importância da geomorfologia para a compreensão do meio ambiente.**

A geomorfologia pode ser entendida como o ramo da ciência responsável por estudar as formas de relevo a partir da compreensão das atuações dos processos e das forças endógenas e exógenas, as quais ocorrem no planeta Terra e criam e modelam os relevos. Muniz e Oliveira (2012) afirmam que o entendimento das diversas morfologias terrestres e o uso e ocupação dos solos são importantes, pois balizam o arcabouço informacional e metodológico para o ser humano entender as diversidades paisagísticas, além de propiciar o gerenciamento dos espaços geográficos de forma planejada e inteligível.

Enfatiza-se que a Geomorfologia se constitui num dos principais ramos da área ambiental na Geografia, porque viabiliza identificar, em campo, informações relevantes acerca dos fenômenos espaciais resultantes das dinâmicas da relação sociedade com a natureza, tornando-se importante para dotar os estudiosos da área de metodologias, técnicas e instrumentos para a melhor compreensão das transformações das paisagens.

Soma-se a isso o entendimento de que a geomorfologia é um notável elemento no processo de compreensão do meio ambiente e na elaboração de estudos voltados aos impactos ambientais. Segundo Guerra e Cunha (2016), existe estreita relação entre meio ambiente, geomorfologia e sociedade, sendo vários os componentes e fatores que interagem no sentido de compreender as questões ambientais. A ênfase é dada à geomorfologia por esta possuir um papel integrador para explicar os processos de degradação. Ainda de acordo com Guerra e Cunha (2016):

O estudo da degradação ambiental não deve ser realizado apenas sob o ponto de vista físico, na realidade, para que o problema possa ser entendido

de forma global, integrada e holística, deve-se levar em conta as relações existentes entre a degradação ambiental e a sociedade causadora dessa degradação que, ao mesmo tempo, sofre os efeitos e procura resolver, recuperar, reconstruir as áreas degradadas (p. 337-338).

Nessa direção, os referidos autores, abordam o conceito de Geomorfologia Ambiental, o qual tem por objetivo integrar as questões sociais à análise da natureza, incorporando em suas observações as relações políticas e econômicas, consideradas importantes na determinação dos resultados dos processos e das mudanças.

Nessa perspectiva, a Geomorfologia Ambiental emerge como um ramo da Geografia que vem contribuindo de forma contundente nos estudos da ecodinâmica. Essa geomorfologia, voltada às questões ambientais, vem preencher uma lacuna na literatura brasileira, no que se refere aos trabalhos de cunho geomorfológico que levem em consideração aspectos voltados tanto às teorias relacionadas às unidades de paisagem como às diferentes formas de aplicação que a ciência geomorfológica pode ter na sociedade contemporânea (GUERRA e MARÇAL, 2018).

Na atualidade, desponta também a necessidade de compreensão dos impactos ambientais que ocorrem no perímetro urbano, com destaque aos espaços das grandes metrópoles ou sua área de influência. Tal fato contribui para sistematização do conceito de geomorfologia urbana que será abordado no próximo tópico deste trabalho.

## **1.2. O conceito de geomorfologia urbana.**

O processo de urbanização, intensificado pela Primeira Revolução Industrial ocorrida no século XVIII, na Inglaterra, oportunizou o aparecimento dos grandes centros urbanos e das cidades de uma forma geral. Segundo Goudie e Viles (1997) *apud* Guerra e Marçal (2018), desde o final do século XVIII têm sido observadas as transformações tecnológicas e culturais através do desenvolvimento das indústrias, além da expansão dos espaços urbanos.

O crescimento das cidades veio acompanhado de problemas sociais, econômicos e naturais. Dar-se-á destaque a este último em função da temática tratada nesta pesquisa.

Em países subdesenvolvidos, inclusive no Brasil, a urbanização ocorreu de forma acelerada e, hoje, entende-se que as cidades têm seus problemas ambientais específicos, produzindo uma gama variada de efeitos ambientais negativos. Logo as catástrofes ambientais se tornaram constantes e as populações sofrem com os seus

efeitos, principalmente, as que vivem nas áreas urbanas (GUERRA e MARÇAL, 2018).

De acordo com Lacerda (2005), após a consolidação da urbanização, o sítio urbano é marcado por uma nova topografia, impermeabilização extensiva, drenagem totalmente ou parcialmente artificial. Nos lugares onde a urbanização não foi acompanhada da infraestrutura essencial, como pavimentação e sistema de drenagem das águas pluviais, a erosão e a produção de sedimentos são elevadas. Nesses pontos, a erosão acelerada resulta em impactos socioambientais severos.

O crescimento do processo de urbanização endossa a consolidação dos debates relacionados à geomorfologia dos espaços urbanos. Dessa forma, estudiosos dessa temática, a saber, Casseti (1995), Ross (2014), Guerra e Marçal (2018) entre outros, apontam relações entre a Geomorfologia e as várias formas de ocupação, em áreas rurais e, principalmente, no espaço urbano.

Compreender essas relações pode evitar grande parte das catástrofes e a perda de vidas humanas, bem como o número de danos aos bens materiais, aos recursos hídricos, à flora e à fauna, caso a geomorfologia seja considerada como um elemento importante no processo de compreensão acerca do planejamento ambiental em áreas urbanas.

Diante desse contexto, desponta o conceito de geomorfologia urbana. De acordo com Guerra e Marçal (2018) a geomorfologia urbana procura compreender a relação existente entre a combinação dos fatores do meio físico (chuvas, solos, encostas, rede de drenagem, cobertura vegetal etc.) e os impactos provocados pela ocupação humana, que induzem e/ou causam a detonação e a aceleração dos processos geomorfológicos, muitas vezes assumindo caráter catastrófica, sendo, assim, uma ferramenta que interliga as variáveis físicas e humanas.

Nessa direção, Jorge (2011) argumenta que a Geomorfologia Urbana tem como principal objetivo conhecer a topografia onde a cidade é construída, entender os processos geomorfológicos atuais modificados pela urbanização e prever as futuras mudanças geomorfológicas que poderão vir a ocorrer.

Além disso, destaca-se que “a geomorfologia tem um papel importante nas políticas públicas urbanas, porém ela acaba só sendo acatada após a ocorrência de desastres, principalmente quando há perda de vidas humanas” (JORGE, 2011, p.135). Esse importante papel deveria ser considerado antes da ocorrência desses desastres,



justamente para que seja possível tomar medidas preventivas mais precisas e, conseqüentemente, evitar perdas materiais e de vida.

A partir do referido conceito, pode-se afirmar que a Geomorfologia tem aplicabilidade direta no planejamento ambiental urbano, pois a implantação de uma cidade, sem um estudo prévio da área, pode trazer conseqüências desastrosas e limitantes à expansão urbana, como a erosão de solos; a impermeabilização dos solos pelo uso de asfalto e concreto; o assoreamento dos rios, lagos e represas; a devastação da cobertura vegetal e outros desequilíbrios ambientais urbanos (GEISER, 1982).

Boa parte dos problemas supracitados, inclusive as feições erosivas, pode surgir no sítio urbano em decorrência do processo de ocupação desordenado e da falta de planejamento. Destaca-se, então, o planejamento ambiental que, quando bem elaborado, executado e alinhado à geomorfologia, pode contribuir para a redução dos impactos ambientais na área urbana e rural.

### **1.3. Planejamento ambiental e geomorfologia**

A utilização e ocupação indevida dos espaços compromete a sustentabilidade ecológica em alguns setores, o que promove mudanças na dinâmica ambiental e no fluxo de matéria e energia, bem como no modo de vida das comunidades atingidas.

Assim, faz-se necessário a implantação de propostas e ações voltadas ao planejamento ambiental, a partir de uma análise minuciosa das características naturais e socioeconômicas, que leve em consideração o uso sustentável dos recursos naturais e mitigação de problemas ambientais diagnosticados.

Mas o que é planejamento ambiental? Teixeira *et al.* (2017) afirmam que o termo planejamento apresenta diferentes definições. Quanto ao tipo, pode ser: governamental, ecológico e familiar; e quanto ao campo de conhecimento que o utilize: arquitetura, direito, geografia, entre outros.

Entre os diferentes tipos de planejamento destaca-se o ambiental que pressupõe estabelecer a organização funcional e espacial de determinadas áreas em dependência das características dos sistemas naturais, principalmente os ecos e os geossistemas (SILVA; RODRIGUEZ; LEAL, 2011).

Santos (2004) enfatiza que:

O planejamento é um processo contínuo que envolve a coleta, organização e análises sistematizadas das informações, por meio de procedimentos e

métodos, para chegar a decisões ou a escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis. Sua finalidade é atingir metas específicas no futuro, levando a melhoria de uma determinada situação e ao desenvolvimento das sociedades (p.24).

Dado o exposto, pode-se afirmar que existem dois importantes aspectos a ser considerado no planejamento ambiental, o primeiro é que ele tem caráter preventivo e não corretivo, ou seja, o mesmo deve ser entendido como um instrumento que ajuda na prevenção de problemas ambientais (ROSS, 2014); e o segundo aspecto é que ele exige uma abordagem interdisciplinar e integrada, considerando o caráter complexo de uma dada situação ambiental, onde não só os aspectos físico-naturais devem ser considerados, mas também, as dinâmicas antrópicas existentes (MARTINS E COSTA, 2014).

Dessa forma, observa-se que para ocorrer tal planejamento é necessário trabalhar alicerçado à concepção sistêmica, pois esta pode engendrar uma abordagem mais holística acerca da problemática ambiental.

No decorrer dos processos históricos o conceito de planejamento ambiental passou por diversas mudanças. De acordo com Silva (2003) e Santos (2004), a preocupação central do planejamento ambiental, seus fundamentos e suas metodologias, mudaram ao longo tempo.

Os primeiros registros sobre o planejamento ambiental datam de 4.000 a.C., nas aldeias da Mesopotâmia, a partir da preocupação com a ordenação do espaço. As variáveis consideradas para o planejamento, nesse período, estavam ligadas à topografia e ao clima, além de preceitos místicos e de conforto (SANTOS, 2004).

Na Grécia antiga, Aristóteles promoveu significativa reflexão sobre a organização urbanística, desde a formação de bairros específicos, conforme a sua função (comercial, administrativo, residencial e religioso) até a especialização de dois tipos de praças (comercial e vida pública). Nesse período, o planejamento preocupava-se em resguardar as cidades de possíveis impactos ambientais (ARISTOTLES, 2007).

Da Grécia antiga ao período da Revolução Industrial, com o crescimento das cidades e da produção de bens e serviços, foram sendo agregadas ao planejamento novas conformações, considerando as dinâmicas sociais e econômicas estabelecidas à época (SANTOS, 2004).

Entretanto durante a Idade Média, no mundo ocidental, ocorreu um retrocesso nos debates referentes a planejamento e ambiente. Nesse período predomina uma

visão de natureza influenciada significativamente pela teologia cristã, e passa a ser compreendida como uma natureza orgânica e imutável, movida eternamente a partir de causas e fins pré-determinados, num mundo situado no centro do cosmos (CASTELNOU, 2005).

Os debates referentes às questões ambientais só foram retomados durante a Primeira Revolução Industrial em decorrência do intenso processo de industrialização e urbanização, que trouxe em seu bojo a deterioração do ambiente. Após a revolução industrial, diversos estudos sobre a estrutura e dinâmica das espécies e ecossistemas (Darwin, Tansley e Linderman) ampliaram a visão sobre o homem e o meio (SANTOS, 2004).

Além disso, ao final do século XVIII, a escola francesa trouxe contribuições importantes com relação ao planejamento dos recursos hídricos e do saneamento. Mas foram as cidades do Japão que se destacaram pela busca da harmonia entre os elementos naturais e construídos (SILVA, 2003; SANTOS, 2004). O **quadro 1** descreve a evolução na abordagem do conceito de planejamento ambiental no decorrer dos processos históricos.

Ainda com base nas ideias de Silva (2003) e Santos (2004), é possível afirmar que, com a evolução das ciências e suas especializações, o meio ambiente e suas paisagens foram gradativamente sendo fragmentados e estudados em suas particularidades. Os vários campos de conhecimentos trouxeram métodos, técnicas e escalas próprias para melhor entender as diversas partes que compõem o meio.

No final do século passado, o planejamento setorial refletia a preocupação dos planejadores com as várias “partes” de uma cidade, sem se atentar com a integração das mesmas. Essa postura compromete a elaboração e execução do planejamento.

Nos anos 50 e 60 começa uma reformulação no conceito de planejamento ambiental, em decorrência de uma mudança de paradigma. De acordo com Silva e Werle (2007), essa mudança de paradigma, com relação à visão de Planejamento Ambiental, resulta de uma série de fatos ocorridos naquele momento. A partir da década de 50 foram realizados os primeiros estudos sobre o desenvolvimento, paralelamente ao processo de independência de várias nações colonizadas.

**Quadro 1** - A evolução do planejamento ambiental ao longo dos processos histórico

<b>Preocupação central do planejamento</b>	<b>Período histórico</b>
Ordenação do espaço	Primeiras aldeias – Mesopotâmia – 4000 AC (topografia e clima, preceitos religiosos, esotéricos e de conforto).
Impactos ambientais em cidades	Grécia – Aristóteles: o grande teórico das cidades
Impactos culturais e socioeconômicos	Grécia Antiga à Revolução Industrial (preceitos religiosos, defesa de condomínios, desenvolvimento de mercado, domínio social e político, estético, funcional)
Planejamento de recursos hídricos e gestão de bacias hidrográficas	Virada do século XIX – anos 30
Planejamentos econômicos	Anos 50-60
Avaliação de impactos ambientais	Anos 50-70
Retomada dos fundamentos dos métodos de decisão multicriterial	Anos 70
Conservação e preservação de recursos naturais	Anos 70-80
Desenvolvimento sustentável	Anos 90

**Fonte:** Silva (2003), adaptado para este trabalho.

Silva e Werle (2007) destacam que a Organização das Nações Unidas – ONU – determinou 1960 como a década das “nações unidas para o desenvolvimento”, salientando a cooperação internacional para o desenvolvimento econômico global equilibrado, cujo foco é minimizar os embates sociais dos países menos desenvolvidos através da transferência de tecnologias e ações de fundos monetários internacionais.

Foi a partir da década de 1960 que o houve uma reformulação na concepção do planejamento ambiental que passou a ser o ponto de partida para qualquer projeto de desenvolvimento, rompendo com a equivocada ideia de que não era possível pôr em pratica políticas de desenvolvimento associado aos programas de preservação

ambiental, pois acreditava que era inerente ao processo de industrialização a degradação do meio ambiente (SILVA e WERLE, 2007).

Nesse contexto, emerge a preocupação com relação aos impactos ambientais decorrentes das grandes obras. Os países considerados desenvolvidos foram os primeiros a realizarem debates sobre a necessidade de se exigir estudos de impacto ambiental, com uma visão mais holística e integradora do meio ambiente, como pré-requisito legal à viabilização dos empreendimentos.

Vieira (2009) afirma que os países desenvolvidos, como os Estados Unidos da América, Canadá, Nova Zelândia, em 1973, e Austrália em 1974 foram os primeiros a adotarem a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), que veio acompanhada da preocupação em planejar a ocupação dos espaços, em especial o urbano.

Logo após os países citados, outras nações desenvolvidas começaram a elaborar o arcabouço jurídico que viria a dar suporte às questões ambientais, os quais podem ser observados no **Quadro 2**.

Os países subdesenvolvidos, no mesmo período, também iniciaram o processo de construção do aparato jurídico referentes à questão ambiental e a necessidade de planejamento. Despontou, então, a reflexão acerca do desenvolvimento vigente, fundamentado no crescimento puramente econômico que passa a ser questionado, frente ao panorama de degradação ambiental.

Por conta disso, surge a necessidade de um planejamento que não considerasse aspectos puramente econômicos e que garantisse qualidade de vida a todas as camadas da sociedade, sobretudo, nos países subdesenvolvidos.

Muitos estudiosos destacam que a constituição do Clube de Roma, formado por cientistas, políticos e industriais de vários países, no ano de 1968, e a Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente representam um marco na questão ambiental.

Santos (2014) assinala que a constatação quanto à degradação do meio ambiente, bem como, da paisagem, foi inicialmente destacada em 1972 pelo Clube de Roma e, posteriormente, tanto em 1987, no relatório de Brundtland, como em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e o desenvolvimento no Rio de Janeiro, já alertavam sobre os impactos negativos na paisagem, decorrentes do modo de exploração de recursos típico do ocidente, reforçando a necessidade de dar sustentação a um sistema de apoio, dando início a uma maior preocupação com a proteção ambiental e a gestão dos recursos naturais.

**Quadro 2** - Introdução da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) em alguns países desenvolvidos

JURISDIÇÃO	ANO DE INTRODUÇÃO	PRINCIPAIS INSTRUMENTOS LEGAIS
EUA	1970	National Environmental Policy Act – NEPA, 1970.
Canadá	1973	Processo de avaliação e exame ambiental em 20/12/1973, modificado em 15/02/1977; Decreto sobre as diretrizes do processo de 16 avaliação e exame ambiental, de 22/06/1984; Lei Canadense de Avaliação Ambiental, sancionada em 23/06/1992
França	1976	Lei 629 de Proteção da Natureza, 10/07/1976; Lei 663 sobre as Instalações Registradas para a Proteção do Ambiente, 19/07/1976; Decreto 1.133, de 21/07/1977, sobre instalações registradas; Decreto 1.141, de 12/10/1977, para aplicação da Lei de Proteção da Natureza; Lei 630, de 12/07/1983, sobre a democratização das consultas públicas.
União Européia	1985	Diretiva 85/337/EEC, de 27/06/1985, sobre a avaliação dos efeitos ambientais de certos projetos públicos e privados; Modificada pela Diretiva 97/11/EC, em 03/03/1997.
Holanda	1987	Decreto sobre AIA, de 01/07/1987, modificado em 01/07/1994.
Japão	1999	Lei de Avaliação de Impacto Ambiental, 12/06/1999.

**Org.:** Sánches (2008), adaptado para este trabalho.

Este grupo, com representantes das várias áreas do conhecimento – ecologia, economia, indústria e sociedade – tinha como objetivo discutir os limites do crescimento econômico, levando em conta o aumento do uso dos recursos naturais. O relatório dos estudos realizados pelo grupo influenciou as políticas nos diversos países, nos Estados Unidos, por exemplo, foi criada a National Environmental Policy Act (NEPA), uma legislação que exigia que fosse considerada a variável ambiental nos planejamentos de grandes obras (SANTOS, 2004).

Nesse panorama, as décadas de 70 e 80 foram marcadas pela ênfase na preservação dos recursos naturais, que se refletem nos projetos e planejamentos ambientais. Houve, ainda, no final dos anos 70, um retorno da decisão multicriterial,

bastante utilizada nos anos 30, no planejamento dos recursos hídricos (SANTOS, 2004).

Conforme o processo de industrialização e urbanização foi se intensificando, aumenta ainda mais a preocupação com necessidade de ordenar os processos de ocupação para minimizar os impactos ambientais decorrentes dessas atividades. Deste modo, vem à tona, então, o conceito de planejamento ambiental urbano que tem por objetivo reduzir os problemas ambientais no perímetro urbano.

Philippi *et al.* (2004), ressalta que o processo de planejamento urbano tem como propósito ordenar, articular e equipar o espaço, de maneira racional, otimizada, direcionando a malha urbana, assim como suas áreas ou zonas, a determinados usos e funções. Contudo a ideia de processo de planejamento está baseada na compreensão de que somente ocorre eficazmente se houver todas as fases de desenvolvimento técnico: levantamentos e diretrizes, projeto, execução e reanálise.

Nessa direção, Honda *et al.* (2015), coadunando com as ideias de Di Sarno (2004), destacam que o planejamento é instrumento necessário à adequada ordenação do espaço urbano. Entretanto é necessário compreender o planejamento como um processo que também precisa ser planejado, pois este é um sistema organizado de trabalho que implica em alterações nos mecanismos organizacionais de informações, em reforço da capacidade administrativa e em um amplo trabalho de formação, seguindo um esforço da administração municipal sobre si mesma.

O planejamento ambiental urbano deve ser norteado por dois vetores: a identificação dos locais em que não se recomenda a urbanização ou onde esta somente será possível mediante a realização de obras determinadas – atuação preventiva; a identificação dos locais já ocupados expostos à situação de riscos de desastres – atuação para mitigação, remediação e resposta (LEITE, 2012). Mas uma vez, faz-se necessário esclarecer que o planejamento deve ter um caráter preventivo e não necessariamente corrigir problemas ambientais já existentes (MARTINS e COSTA, 2014).

Por isso, as ações devem ser subsidiadas em uma minuciosa compreensão do ambiente e das leis que o regem. E com o propósito de evitar, muito mais que sanar, faz-se necessário elaborar diagnósticos ambientais, para que se possa formular prognósticos, e com isso estabelecer diretrizes dos recursos naturais, minimizando a deterioração da qualidade ambiental (ROSS, 2014).

No processo de elaboração das teorias que envolvem o conceito de planejamento ambiental, de forma geral, está a geomorfologia, sendo possível aplicar os conhecimentos geomorfológicos ao planejamento ambiental. Guerra e Marçal (2018) abordam a relação entre geomorfologia e planejamento ambiental desta forma:

A interface entre a Geomorfologia e o Planejamento é bastante instigante, e o geomorfológico pode fornecer técnicas de pesquisa e conhecimento sobre a superfície da Terra, relacionando às formas de relevo e aos processos associados, de tal maneira que essas informações sejam vitais para o planejamento, no sentido de prevenir contra a ocorrência de catástrofe e danos ambientais generalizados. Além disso, os conhecimentos geomorfológicos podem também auxiliar no desenvolvimento sustentável de uma porção da superfície terrestre, reduzindo bastante as consequências negativas do crescimento urbano, por exemplo, bem como da exploração rural e outras formas de ocupação humana, em qualquer porção da superfície (p.37).

De acordo com Bergamo e Almeida (2006), a Geomorfologia deve ser entendida como um importante elemento do planejamento ambiental, em razão das suas características que estão intimamente ligadas aos diversos aspectos da realidade ambiental, que deve considerar não só elementos de ordem física, mas também as dimensões social, econômica e cultural.

Guerra e Marçal (2018) apontam a importância do conhecimento geomorfológico, em relação à abordagem dos sistemas físicos, porque as atividades desenvolvidas na superfície terrestre estão materializadas sobre alguma forma de relevo e algum tipo de solo.

Santos (2004) enfatiza que os estudo da conformação atual do terreno pode ajudar a compreender o tipo e a intensidade dos processos deposicionais e erosivos, a composição, distribuição e a textura dos solos, além da capacidade potencial de usos. Dessa forma, quando associados a outros elementos do meio, os dados da geomorfologia podem auxiliar na interpretação de fenômenos como inundações e variações climáticas locais. Informações vitais para avaliar movimentos de massa e instabilidades de terrenos.

No entanto para que a geomorfologia e o planejamento sejam pensados de forma produtiva, é necessário a interação efetiva por parte dos geomorfológicos e os planejadores, bem como das estruturas de políticas públicas estabelecidas pelos agentes do planejamento. Hooke (1988) chama a atenção para a preocupação que os planejadores devem ter quando certas políticas públicas afetam o meio físico e os processos que atuam na paisagem.



Nesse contexto, a geomorfologia vem sendo utilizada, com maior frequência, tanto nos países desenvolvidos como subdesenvolvidos, pelos sujeitos que estão elaborando o planejamento. Tal uso aumenta à medida que a mesma procura compreender as relações entre a ocupação humana, a terra e a água.

A propósito disso, diversos pesquisadores, inclusive do Brasil, têm destacado a importância da geomorfologia para o planejamento, assim como a estreita relação entre planejar e compreender os aspectos físicos e socioeconômicos.

Christofoletti (2005), afirma que o planejamento envolve a questão da espacialidade, pois tem ressonância na implementação de atividades em determinado território, construindo um processo que repercute nas características, funcionamento e dinâmica das organizações. Para isso, o autor, aponta que devem ser levados em consideração os aspectos dos sistemas ambientais físicos (geossistema), assim como os do sistema que envolve a economia e o social.

Para balizar o debate acerca do planejamento ambiental, em especial o urbano, foi elaborado, ao longo das últimas décadas, um quadro jurídico que pudesse: sustentar, orientar, produzir e organizar toda essa problemática. Enfatiza-se que o planejamento ambiental, voltado ao espaço urbano, ganha força através de leis como o estatuto das cidades e o plano diretor dos municípios.

#### **1.4. A importância do Estatuto das Cidades e do Plano Diretor para o planejamento ambiental.**

A priori, cabe destacar que só recentemente o planejamento ambiental foi de fato, estudado enquanto objeto jurídico, o que trouxe visibilidade aos debates dos problemas ambientais vivenciado no espaço urbano. O Estatuto da Cidade - Lei Federal número 10.257, de 2001- – regulamentou os artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988, instituindo normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental. Portanto pode-se dizer que desde a sua promulgação, o Estatuto da Cidade teve como objetivo nortear o processo de organização e planejamento dos espaços da cidade.

No art. 2º do estatuto supracitado, são estabelecidas as diretrizes gerais para ordenar o desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, dentre as quais se destacam: a garantia do direito a cidades sustentáveis; o

planejamento do desenvolvimento das cidades; a ordenação e o controle do uso do solo; a proteção, a preservação e a conservação do ambiente natural e construído.

Além disso, o Estatuto da Cidade aponta o município como o responsável pela execução da política urbana e estabelece, como instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, o Plano Diretor (PD) que, aprovado por lei municipal, deve englobar o território do município como um todo, propondo um zoneamento urbanístico e um macrozoneamento, indicando as áreas restritivas à ocupação urbana.

A constituição Federal no seu artigo 182, parágrafo 1º determina que todos os municípios com mais de 20 mil habitantes devem adotar, obrigatoriamente, um Plano Diretor como instrumento para elaboração de políticas de desenvolvimento e expansão urbana.

No Plano Diretor deve conter os critérios e as exigências fundamentais para organização e ordenamento dos espaços da cidade, visando atender as necessidades socioambientais da propriedade definida previamente. O plano diretor deve apresentar os princípios que organizam o seu processo de construção e implementação. Garcez e Carmello (2017) destacam que:

Os princípios fundamentais, norteadores do plano diretor, se traduzem nos princípios constitucionais da política urbana preconizados nos fundamentos do Estado Democrático de Direito, da cidadania e dignidade da pessoa humana, nos princípios da soberania popular (democracia direta – participação popular), da igualdade, voltados a proteger e tornar concreto o exercício do direito à cidade e garantir o meio ambiente sadio e ecologicamente equilibrado (p.132).

Nessa direção, o Plano Diretor do Município de Iranduba-AM (PDMI) (2006), aponta no art. 3º os seus princípios fundamentais, são eles:

I - justiça social; II – respeito às diversidades étnica, social, cultural, econômica e de gênero; III - inclusão social, compreendida como garantia de acesso a bens, serviços e políticas sociais a todos os munícipes; IV - respeito à função sócio-ambiental da propriedade; V - aproveitamento pela coletividade de parte da valorização imobiliária inerente à urbanização; VI - direito universal à moradia digna; VII - universalização da mobilidade e acessibilidade; VIII - preservação e recuperação do ambiente natural e construído; IX - fortalecimento do setor público e valorização das funções de planejamento, articulação e controle; X - participação da população nos processos de decisão, planejamento e gestão pública municipal (p. 05).

Observa-se que os princípios fundamentais do PDMI, tocam em problemáticas constantes no sítio urbano de Iranduba, a saber, a função socioambiental da propriedade, a questão imobiliária, o direito à moradia digna, a preservação e a

recuperação do ambiente natural e construído, além do planejamento e da gestão pública em escala municipal.

Com o propósito de alcançar os princípios fundamentais previstos no (PDMI) delineou-se alguns objetivos, mediante as seguintes diretrizes gerais: regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda; ordenação e controle do uso do solo, adequação dos instrumentos de política econômica tanto tributária como financeira e dos gastos públicos aos objetivos do desenvolvimento municipal, de modo a privilegiar os investimentos geradores de bem-estar geral e a fruição dos bens pelos diferentes segmentos sociais, entre outros.

O art. 5º do referido documento traz os objetivos a serem alcançados. Os mais relevantes para esta pesquisa são: definir o potencial de uso e ocupação do solo a partir da sustentabilidade do ambiente; aperfeiçoar a ocupação dos espaços e o uso dos equipamentos públicos aplicados no Município de Iranduba; impedir a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes; combater a poluição e a degradação ambiental; garantir a justa distribuição dos benefícios decorrentes das obras e serviços de infraestrutura urbana e rural.

No tocante à organização do território do município de Iranduba, o art. 9º PDMI (2006), atina para as seguintes diretrizes: utilização do território de forma socialmente justa e ecologicamente equilibrada; orientação da expansão urbana quanto ao surgimento de novos loteamentos e bairros, evitando a concentração e a dispersão excessiva da ocupação dos espaços; adequação da distribuição espacial da população e das atividades econômicas, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano; compatibilização do uso do solo com a preservação do meio ambiente; remoção de pessoas e equipamentos das áreas de risco de habitabilidade e ambiental, coibindo seu repovoamento mediante penalidades constantes em lei específica, visando à recuperação de áreas degradadas.

Através do aparato jurídico, observa-se que a maioria das cidades brasileiras tem buscado alternativas para controlar este processo de expansão urbana por meio de leis, as quais nem sempre são colocadas em prática, em razão da ineficiência dos instrumentos legais ou pelo despreparo do setor técnico dos órgãos públicos responsáveis pela fiscalização (SILVA *et al.*, 2012).

Segundo Carvalho (2000), a legislação urbana, como qualquer outro instrumento jurídico, está sempre defasada em relação à realidade que se quer regular. Assim, é imperiosa uma cultura de contínuo aperfeiçoamento dos

instrumentos jurídicos sendo, às vezes, necessário fazer inovações quantitativas e também momentos de superação qualitativa.

No caso do PDMI, do ponto de vista da legislação, observa-se uma preocupação intensa com a questão socioambiental, com o planejamento e a gestão pública municipal, com a moradia e a preservação e com a recuperação do ambiente natural e construído.

Entretanto do ponto de vista prático, parece ocorrer um distanciamento entre a lei vigente e a execução de política pública, pois a problemática ambiental é uma constante no município de Iranduba-AM, principalmente no sítio urbano. Desse modo, observa-se conflitos profundos entre norma (as leis vigentes) e as formas (o que se tem de concreto, de real).

Destaca-se que os problemas ambientais se mostram corriqueiros na área urbana e são agravados em decorrência da intensificação do processo de urbanização que, na maior parte dos casos, está desatrelado do planejamento ambiental direcionado ao perímetro urbano. Assim, pode-se dizer que o crescimento urbano está intimamente ligado ao aparecimento de degradação ambiental, a saber, poluição dos rios, poluição do ar, poluição do solo, desmatamento e feições erosivos, tais como, voçorocas.

### **1.5. Intensificação do processo de urbanização e impactos ambientais**

O processo de urbanização teve início há 12 mil anos com o advento da atividade de agricultura e pecuária que, entre outros eventos, possibilitou a produção de excedente e posteriormente a sua comercialização. Dessa forma, o surgimento das cidades, está atrelado ao acúmulo de capital e reflete os princípios e anseio do que veio se tornar o modo de produção capitalista.

Neste sentido, o urbano desde os seus primórdios pode ser tratado como um fenômeno histórico do Capitalismo, pois expressa sua organização social no processo de reprodução do capital conforme Silva (1989):

O urbano expresso na organização social depende do processo de acumulação do capital em cujo âmbito ocorre o domínio da instância econômica sobre o social [...] e ao mesmo tempo em que o urbano surge como expressão do capitalismo se transforma também, num espaço da luta entre classes sociais que compõe esse modo de produção e que se expressam, historicamente, pelas formações sociais que engendra [...] (p.13-14).

Compreender o processo urbano associado ao sistema capitalista engendra, também, um conhecimento da situação de adequação às novas realidades trazidas pela industrialização, onde se tem a necessidade de intervir no espaço urbano para que haja uma readequação às novas condições estabelecidas, isto é, a construção de meios que venham a contribuir para facilitar o dinamismo existente (SOUZA, 2015).

No Brasil, a urbanização é um fenômeno relativamente recente, intensificado durante o Pós-Segunda Guerra Mundial, e está articulado às transformações estruturais econômicas e sociais ocorrida à época. É importante esclarecer que foi somente em 1970, que os dados censitários revelam, no Brasil, uma população urbana superior à rural, tornando-o predominantemente urbano.

Assim como em outros países, a industrialização teve papel importante na expansão urbana do Brasil. Tal crescimento, resultante do processo de industrialização e expansão urbana, trouxe no seu bojo uma série de benefícios à população, mas também fez surgir uma gama de problemas e um dos mais discutidos na atualidade está relacionado à intensa ação antrópica sobre o meio ambiente, geradora de grandes impactos (BARBOSA, 2016). De acordo com Abiko e Moraes (2009), entre os principais problemas ambientais vivenciados nos espaços urbanos, destaca-se:

[...] o desmatamento, inevitável para qualquer ocupação humana, porém, ocorrido de forma desordenada e descontrolada tem efeitos nocivos tanto para o meio ambiente como para o homem; a terraplanagem, cujas alterações na topografia têm efeitos em cadeia que vão desde a alteração dos sistemas de drenagem natural até o assoreamento de corpos d'água e as enchentes; podemos citar ainda as erosões, aterros, impermeabilização do solo, modificações em ecossistemas e as diversas formas de poluição [...] Por fim, passam a ocorrer alterações no próprio ambiente urbano, cujos impactos refletem-se não somente no ambiente natural, mas no mesmo ambiente construído, tais como adensamento de áreas e poluição sonora e visual. Dessa forma, além dos impactos iniciais, as cidades passam a sofrer de seus próprios males, sob a forma de diferentes tipos de poluição que se inter-relacionam e interagem e que refletem, principalmente, na saúde do homem (p.11).

Entre os problemas ambientais vivenciados em um sítio urbano, evidencia-se a degradação do solo pela ação da erosão, em seu estado mais crítico as voçorocas, que podem trazer perdas materiais, ambientais e de vidas humana.

O desenvolvimento de processos erosivos, em sítio urbano, resulta da combinação de diversos fatores que estão relacionados a processos naturais, tais como: características físicas do solo e cobertura vegetal, precipitação elevada, além do grau de declividade da encosta; ou ainda, por ações antrópicas que resultam em

transformações no meio físico comandadas, como por exemplo, desmatamento, impermeabilização do solo, forma de ocupação; questões sociais e urbanas (o planejamento da cidade, as formas de ocupações existentes, ou também, a legislação sobre a ocupação de lugares que possam vir a proporcionar o desequilíbrio físico na paisagem devido ao desenvolvimento de erosão) (FROTA FILHO, 2016).

Na cidade de Iranduba, assim como em muitas outras, os problemas ambientais são recorrentes. Contudo a urbe em questão, apresenta causas e impactos ambientais específicos que estão relacionados ao seu processo de formação e crescimento. Desse modo, é necessário fazer uma reflexão acerca da genitura dos problemas e dos tipos de impactos mais comuns nessa localidade, além de pensar em estratégia que possam coibir os avanços da degradação ambiental.

#### **1.6. O processo de expansão urbana e impactos ambientais em Iranduba-AM**

As transformações que estão acontecendo no município de Iranduba, integrante da Região Metropolitana de Manaus/Amazonas (RMM), começaram, de forma mais intensa, com a implantação da Zona Franca de Manaus (ZFM) e os incentivos fiscais ao Distrito Industrial, que ocorreram respectivamente em 1957 e 1967. Essas ações favoreceram a formação de vários núcleos populacionais na cidade de Manaus e a instalação do município de Iranduba em 1976 (GOMES e WACHHOLZ, 2018).

Com a institucionalização do município, a administração pública começa a elaborar uma política cujo objetivo foi promover o povoamento, além de contribuir no andamento do desenvolvimento da metrópole. Teixeira (2007) esclarece que:

Em 1977 o então prefeito de Manaus, Coronel Jorge Teixeira, decidiu criar um centro de produção hortigranjeiro visando tornar o município autossuficiente nesse ramo, implantando toda a estrutura necessária a partir da margem esquerda do rio Solimões, aproveitando os sítios da várzea. A estratégia adotada para a atração das famílias dos agricultores foi o loteamento e a distribuição de terrenos tanto na várzea como em terra firme, para aqueles que se dispusesse a fazer parte do projeto. Essa implantação foi denominada de vila de Iranduba (p.38).

Dessa forma, observa-se que a consolidação do povoamento e institucionalização do município de Iranduba está ligada a expansão da cidade de Manaus que, para solidificação do seu crescimento, adotou uma gama de políticas públicas.

Outro marco na expansão urbana de Iranduba foi a criação da Região Metropolitana de Manaus (RMM), que veio consolidar e regulamentar juridicamente o crescimento da mancha urbana, sobretudo em direção ao sul, onde está localizado o município em questão (SOUSA, 2015).

Convém destacar que o crescimento de Manaus não é somente em direção ao sul, onde se situa o município de Iranduba, outras zonas da cidade-mãe ainda continuam se expandindo, contudo, em um ritmo menor. Isso ocorre porque o Estado ao realizar intervenções no território, como a criação da RMM e a construção da Ponte Jornalista Phelippe Daou, determina um novo azimute, ou seja, uma nova rota para o crescimento urbano e nessa direção está Iranduba-AM, além de outras cidades (SOUSA, 2015).

No que concerne à construção da Ponte Jornalista Phelippe Daou, inaugurada em Outubro de 2011, observa-se que esta tem promovido uma reestruturação na dinâmica populacional, no avolumamento da malha e dos equipamentos urbanos. Tal fato pode ser observado através do aumento dos empreendimentos imobiliários e estabelecimentos comerciais (postos de combustível, restaurantes, café regional, agências bancárias) entre outros empreendimentos (SOUSA, 2015).

Para Sousa (2015), Iranduba vem recebendo melhoramentos urbanos e mudança no uso da terra desde 1976, mas foi a partir da construção da ponte que esse movimento se intensificou. Assim sendo, pode-se afirmar que a expansão urbana nesta cidade está intimamente ligada ao processo de expansão da metrópole Manaus.

Este processo ocorre em um momento de quase esgotamento das possibilidades de crescimento da malha urbana da própria cidade-mãe, Manaus. Somam-se a isso às ações do poder público, o papel dos agentes imobiliários que tanto contribuem para a expansão urbana em toda área de Iranduba, com destaque ao entorno da AM- 070. De acordo com Sousa (2015):

Os agentes imobiliários, associados aos investimentos do poder público, comandam as transformações socioespaciais pela diferenciação e valorização do espaço através da distribuição das infraestruturas, dos equipamentos e serviços. Desse modo, quando as melhorias são no sistema de transporte e energia elétrica, sabemos que funciona como base de apoio para outros investimentos; pois a instalação de equipamentos urbanos como colégio, posto de saúde, praças, saneamento básico, também realiza a valorização, que por sua vez, atrairá a instalação de comércio e serviços, inclusive, especializados, o que é normal acontecer em áreas melhores servidas das cidades (p.96).

É justamente essa valorização de determinados espaços da cidade que vai empurrar a população, particularmente a mais pobre, para ocupar áreas que são consideradas inadequadas por suas características naturais. Tal fato vai contribuir para o aparecimento de graves problemas de ordem ambiental que, em muitos casos, podem ocasionar danos irreversíveis ao meio ambiente, danos materiais e até mesmo a perda de vidas humanas.

De acordo com Gomes e Wachholz (2018), os problemas de infraestrutura e ambiental, em decorrência da mudança no uso do solo, aumentaram em períodos recentes na cidade, principalmente na última década (2005 a 2015), e vem se agravando até os dias atuais por conta de empreendimentos, como por exemplo, a construção do gasoduto Coari-Manaus, a duplicação da rodovia Manoel Urbano e início da construção da Cidade Universitária da Universidade do Estado do Amazonas (UEA).

Entre os principais desafios socioambientais de Iranduba identificados destacam-se: a redução do desmatamento, a ampliação das ações de educação ambiental, as melhorias na infraestrutura de saneamento e de destinação de resíduos sólidos, a adequação das práticas produtivas dos agricultores dos municípios à legislação ambiental, a regularização fundiária e a fiscalização ambiental (RODRIGUES *et al.*, 2014).

Gomes e Wachholz (2018) esclarecem que o crescimento urbano, junto às modificações na categoria de uso da terra, pode ocasionar diversos impactos negativos como a perda da biodiversidade, desgaste do solo e poluição dos igarapés. Tais problemas estão sendo vivenciados em toda área de Iranduba, inclusive no sítio urbano, que entre outros problemas ambientais, apresenta níveis de degradação significativo do solo, que é o voçorocamento.

Desta forma, verifica-se a relevância do planejamento ambiental, em especial o voltado ao espaço urbano, pois este pode reduzir o aparecimento de áreas degradadas. Para melhor compreensão da temática abordada é necessário definir alguns conceitos, com base na literatura vigente, tais como: risco, risco geológico e geomorfológico, área de risco, susceptibilidade, vulnerabilidade ambiental à perda de solo e voçorocas em sítios urbanos.

No tópico a seguir, far-se-á a definição desses conceitos que envolvem a compreensão dos problemas relacionados a degradação ambiental vivenciados na cidade de Iranduba-AM.



## 1.7. Risco, áreas de risco, susceptibilidade e vulnerabilidade ambiental

O primeiro conceito a ser abordado é o de risco, de acordo com Julião *et al.* (2009) o risco consiste na probabilidade de ocorrência de um processo e a respectiva estimativa das suas consequências sobre pessoas, bens ou ambiente, expressas em danos corporais e/ou prejuízos materiais e funcionais, diretos ou indiretos.

### 1.7.1. Risco

Para Rebelo (2010) a palavra risco inicialmente esteve ligada à navegação marítima. O Risco Natural, assim como qualquer outra forma de risco, relaciona-se com fenômenos potencialmente perigosos e com a presença do homem. Além disso, o risco é um fator inerente da vida do ser humano, embora nem todos estejam familiarizados com a sua presença.

Segundo Santos Filho (2011) risco é a probabilidade de que um acontecimento, mesmo que não esperado, se torne realidade, logo a possibilidade de algum evento ocorrer já pode ser considerada um risco.

Complementarmente, a ONU (2004), define risco como a probabilidade de consequências danosas, ou perdas esperadas (mortes, ferimentos, danos a propriedades, dano ambiental e danos econômicos) resultante das interações entre o meio natural ou perigos induzidos pelo homem e condições de vulnerabilidade.

Assim, o risco pode ser definido 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.

O termo risco está frequentemente atrelado a um adjetivo que o qualifica e o associa com a sociedade. Desse modo, o risco pode ser categorizado de acordo com o tipo, podendo ser classificado como: risco tecnológico, risco econômico, geopolítico e social, risco ambiental. Este último, por conta do objeto de estudo desta pesquisa, será detalhado no **quadro 3**.

Para este trabalho o conceito de risco ambiental e suas subdivisões, risco natural e risco natural agravado pelo homem tornam-se importante. Entende-se como risco natural aqueles ligados somente às condições naturais, já o risco natural agravado pela ação antrópica, como o próprio nome sugere, está atrelado ao

majoramento das condições naturais por conta das atividades humanas (ALMEIDA, 2009).

Algumas porções do espaço, em função de diversos fatores, como hidrografia, relevo, solo e ocupação inadequada, estão mais sujeitas a risco, neste caso essas áreas passam a ser entendidas como de risco.

### 1.7.2. Área de risco

As áreas de risco podem ser consideradas a materialização das desigualdades em que o poder, o dinheiro, os serviços públicos e a cidadania estão desigualmente distribuídos no espaço; são, portanto, fruto da realidade social, econômica e política, somadas às características naturais (IBGE, 2018).

A existência das áreas de risco urbanas são realidades do pensar e planejar políticas públicas adequadas à dinâmica social urbana, portanto, são muito mais que obras de engenharia, envolvem ação política e econômica, além de planejamento (IBGE, 2018).

**Quadro 3** - Tipos de Riscos

Tipos de Risco	Definição, Características, Exemplos	
Riscos Ambientais	Riscos Naturais	Riscos pressentidos, percebido e suportado por um grupo social ou um indivíduo sujeito a ação possível de um processo físico natural: podem ser de origem litosférica (terremotos, desmoronamentos de solo, erupções vulcânicas) e hidroclimática (ciclones e tempestades, chuvas fortes e inundações, nevascas, chuva de granizo, secas); apresentam causas físicas que escapam à intervenção humana e são de difícil previsão.
	Riscos naturais agravados pelo homem	Resultado de um perigo natural, cujo impacto é ampliado pelas atividades humanas e pela ocupação do território: erosão desertificação, incêndio, poluição, inundação.

Fonte: Almeida (2009), adaptado para este trabalho.

Dessa forma, é imprescindível conhecer as características das populações e das moradias inseridas em áreas de risco, além do quadro natural. Tal fato é condição *sine qua non* para a adequada gestão do risco e respostas aos desastres, com conseqüente redução de danos humanos e materiais, além da diminuição dos danos ambientais (IBGE, 2018).

É importante ressaltar que dos entes federados da região Norte, o Amazonas é o que apresenta maior quantidade de pessoas vivendo em áreas de risco. Segundo o IBGE (2018), os estados do Amazonas e do Pará contemplam um maior número de população em risco (132.558 habitantes (4,2%) e 105.730 habitantes (2,9%), respectivamente). Assim, pode-se afirmar que em números absolutos, o Estado do Amazonas apresenta maior quantitativo de população residente exposta em áreas de risco.

Mas qual é a definição de áreas de risco? Que critérios adotar para a delimitação dessas áreas? De acordo com o Ministério das Cidades (2007), às áreas de risco são definidas como áreas vulneráveis à ocorrência de fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem acidente.

Os indivíduos que vivem nessas porções do espaço estão sujeitos a danos às suas integridades físicas, perdas ou danos humanos e materiais. Nessa mesma direção o IBGE (2018), conceitua área de risco como os espaços possíveis de serem atingidos por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso.

As áreas de risco podem surgir em decorrência de movimento de massa (movimentos de massa são agrupados em cinco grandes classes de processos, rastejos deslizamentos, quedas, corridas e terras caídas), inundação (processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais planície de inundação, várzea ou leito maior do rio quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio), enxurradas (escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte) (IBGE, 2018).

A representação dessas áreas é feita a partir de polígonos geográficos e delimitadas com base na ocorrência de indícios e evidências de movimentação do solo observadas no local, tais como: trincas no solo, degraus de abatimento, árvores inclinadas, cicatrizes de deslizamentos, marcas de cheias, entre outros (CPRM, 2018).

Além disso, as áreas de risco, dependendo do tipo de mapeamento, podem ser demarcadas a partir de outros critérios ambientais tais como: geologia, declividade, geotécnica, vegetação e rede de drenagem (IBGE, 2018). Em decorrência do objeto de estudo deste trabalho, as áreas de riscos serão delimitadas a partir da declividade do terreno, aspectos geomorfológicos, e uso do solo.

Fala-se também em Área de Risco Geológico, onde Andretta (2014) define esta como porções habitadas passíveis de serem atingidas por processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso, subjugando as pessoas que nelas residem a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Tais áreas prevalecem em núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários), dadas às faltas de planejamento e de infraestrutura.

Os riscos geológicos são calculados através da avaliação integrada da possibilidade de ocorrência de um evento perigoso em uma determinada área e em um dado momento, associados a fenômenos geológicos e sua consequência que pode ocasionar danos materiais e/ou humanos (DIAS, 2010).

Destaca-se, também, a definição de risco geomorfológico, compreendido de forma mais ampla como risco natural, o qual caracteriza a possível ocorrência de danos e perdas provocados por catástrofes em um determinado local ou região, causados por fatores naturais e/ou ação antrópica (DIAS, 2010).

Em relação a esse tipo de risco, vários estudos são direcionados ao entendimento dos processos que ocorrem em áreas com possibilidade de ocorrência de catástrofes em ambiente urbano, principalmente as que apresentam grande número de vertentes de elevadas declividades. Dado o exposto, pretende-se adotar o conceito de risco geomorfológico por abarcar a área urbana, tendo em vista que o presente trabalho traz como recorte espacial o sítio urbano de um município.

A título de aferição é possível fazer uma classificação do grau de risco de uma determinada área. Para isso, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) realizou uma categorização para definir os espaços com menor grau de risco e os com maior risco. Sendo R1 utilizada para definir áreas de baixo risco, R2 de risco médio, R3 de risco alto e R4 de risco muito alto (**quadro 4**).

**Quadro 4** - Classificação do nível de risco

<b>Grau de Risco</b>	<b>Descrição</b>
R1 Baixo	Não há indícios de desenvolvimento de processos destrutivos em encostas e margens de drenagens. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos.
R2 Médio	Observa-se a presença de alguma (s) evidência (s) de instabilidade (encostas e margens de drenagem), porém incipientes. Mantidas as condições existentes é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódio de chuvas intensas e prolongadas.
R3 Alto	Observa-se a presença de significativa (s) evidência (s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em talude). Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.
R4 Muito Alto	As evidências de instabilidade (trinca no solo, degraus de abatimentos em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escoamento, feições erosivas) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. Mantidas as condições existentes é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódio de chuvas intensas e prolongadas.

Fonte: CPRM (2018), adaptado para este trabalho

Atrelado ao conceito de risco está o de vulnerabilidade que indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e/ou sócio-político em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência, podendo causar perturbações ou tensões externas, somado à capacidade de adaptação da natureza (ADGER, 2006).

### 1.7.3. Vulnerabilidade ambiental

O termo vulnerabilidade apresenta diversas aplicações nos mais variados ramos da ciência, sendo utilizado desde a área da saúde até nas ciências da informação, e atualmente segue ganhando espaço nas ciências sociais (LEITÃO, 2018). Este conceito é multidimensional, dessa forma, para melhor compreendê-lo é necessário analisar os diversos elementos que irão constituí-lo, dentre eles,

destacam-se as condições preexistentes no meio ambiente, a demografia, o sistema social e a infraestrutura (DESCHAMPS, 2004).

A vulnerabilidade de pessoas e lugares é um fenômeno complexo caracterizado pela longa história entre os seres humanos e o meio ambiente. Debater essa temática mostra-se relevante, considerando que muitas pessoas e lugares são afetados por mudanças nos ecossistemas, estando altamente vulneráveis a efeitos negativos com significativos danos ao bem-estar.

Portanto o conceito de vulnerabilidade pode ser compreendido como a probabilidade que uma comunidade, estrutura, serviços ou área geográfica têm de ser danificada ou perturbada pelo impacto de um determinado perigo, mas apesar de apresentar em sua definição múltiplos elementos, de forma geral, representa perspectiva de mudança negativa (JORDÃO E MORETTO, 2015).

Frota Filho (2016) enfatiza que a definição do conceito de vulnerabilidade é complexa e leva em consideração diversos fatores e processos, além disso, é um ponto de conexão entre várias áreas do conhecimento e da ciência. Ainda com base no referido autor, a vulnerabilidade trata da capacidade de um ambiente sofrer um impacto potencial, irreversível ou não, seja este um ambiente natural, social ou socioambiental.

Nesse sentido, as questões acerca da vulnerabilidade tornaram-se um dos interesses substanciais da ciência voltada à sustentabilidade, surgindo como um grande guarda-chuva que trata dos problemas humano-ambientais, o que inclui as pesquisas sobre mudanças ambientais globais e mudanças climáticas (JORDÃO E MORETT, 2015).

Isso mostra a necessidade de compreender a vulnerabilidade a partir de uma visão sistêmica, focada na avaliação dos processos, condições e características dos sistemas que extrapolam a sensibilidade do meio e inibem respostas adaptativas.

Essa abordagem sistêmica abre pressupostos para elaborar o conceito de vulnerabilidade ambiental, compreendido como o potencial que o sistema possui para modular suas respostas frente a fatores estressores ao longo do tempo e do espaço, a partir das suas características ecossistêmicas (WILLIAMS e KAPUTSKA, 2000).

O conceito de vulnerabilidade pode ser fragmentado em vários segmentos, dentre os quais, destacam-se o de Vulnerabilidade Natural que abarca os aspectos físicos como geologia, geomorfologia, hidrografia, solo e vegetação, ou seja, diz respeito ao ambiente à parte da sociedade; a Vulnerabilidade Social, trata da escala

humana e socioeconômica, e a Vulnerabilidade Socioambiental considera concomitantemente os aspectos socioeconômicos e os físico-naturais (FROTA FILHO, 2016).

É com esse entendimento que a definição de vulnerabilidade socioambiental ganha força na Geografia, sobretudo, a partir da década de 1980, momento em que as pesquisas deixam de analisar somente os perigos naturais e passam a compreender os perigos sociais e tecnológicos.

Essa nova leitura permitiu a ciência geográfica, definir vulnerabilidade ambiental como sendo a soma dos aspectos sociais, ambientais e socioeconômicos (SILVA e ALMEIDA, 2012).

No momento em que os fatores antrópicos, tal como uso do solo, também são levados em consideração, a vulnerabilidade não pode ser considerada puramente natural, mas sim ambiental, tendo em vista o componente antrópico atuante (MEDRADO *et al*, 2019).

No tocante ao método, há três passos para a construção de avaliação da vulnerabilidade ambiental, são eles: a escolha do sistema a ser avaliada, a organização dos indicadores ambientais e a definição do conceito de vulnerabilidade (FIGUERÊDO, 2010).

Para este trabalho, portanto, o sistema avaliado é a vulnerabilidade à erosão, cujos indicadores ambientais foram a geomorfologia (declividade) e a vegetação (uso do solo), já o conceito adotado é o de vulnerabilidade ambiental. Gallopin (2006), afirma que é importante definir quais perturbações serão objetos do estudo, uma vez que um sistema pode ser vulnerável a um tipo de problema, enquanto a outros não.

Nesse sentido, as definições de vulnerabilidade, usualmente, atrelam esse conceito a fatores, tais como: exposição, definida como a extensão em que o sistema está em contato com perturbações; sensibilidade que compreende o grau em que um sistema pode absorver as pressões sem sofrer alterações em longo prazo e capacidade adaptativa ou de resposta do sistema entendida como a habilidade do sistema de se ajustar a um dano ocorrido (ADGER, 2006). Esses fatores permitem a avaliação da maior ou da menor vulnerabilidade de um sistema à determinadas questões ambientais (ADGER, 2006).

Por conta da temática desta pesquisa, pretende-se analisar a vulnerabilidade ambiental à erosão. Destaca-se que os processos erosivos ocorrem naturalmente, de forma lenta e gradual, mas são intensificados em virtude das ações antrópicas, tais

como desmatamento, urbanização, atividade de agricultura e pecuária e manejo inadequado do solo (NUNES *et al*, 2013).

No que tange à erosão, as propriedades do solo são elementos importantes. Bertoni e Lombardi Neto (2010) apontam que a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água promovem a resistência às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e escoamento.

Silva e Machado (2014), afirma que, de modo geral, as pesquisas sobre erosão do solo consideram, como fatores controladores dos processos erosivos, a erosividade ocasionada pela chuva, as propriedades do solo (textura, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, teor de estabilidade de agregados, e pH do solo) e a cobertura vegetal e característica das encostas. Somam-se ao quadro natural as ações antrópicas que podem potencializar os processos erosivos até níveis de maior degradação, a saber, as voçorocas.

Desse modo, o levantamento e mapeamento das características do solo, de sua susceptibilidade natural à erosão são fundamentais para o planejamento do uso e ocupação de forma sustentável (RIBEIRO E CAMPOS, 2007).

A vulnerabilidade à perda de solos pode ser compreendida como uma metodologia que tem por objetivo a geração de cartas, as quais dividem a área de estudo em classes de maior ou menor vulnerabilidade com o auxílio das tecnologias de geoprocessamento, utilizando dados da geomorfologia e uso do solo, entre outros. (RIBEIRO E CAMPOS, 2007).

Levando em consideração que a análise de vulnerabilidade ambiental permite avaliar a fragilidade de sistemas ambientais frente a determinadas pressões. Essa informação é útil no planejamento ambiental, possibilitando identificar regiões onde a degradação ambiental resultante de uma dada ação, tem potencial de causar maior impacto (EMBRAPA, 2010).

Dessa forma, a discussão sobre as categorias de risco e vulnerabilidade ambiental, importante ponto de diálogo interdisciplinar, aponta para os estudos que contemplam as relações entre o homem e o meio. Neste sentido, pode-se indicar que, num sistema natural relativamente estável, a vulnerabilidade do ambiente alterada pela ação antrópica, pode ser transformada de baixa para alta (MAGALHÃES *et al.*, 2014).



Por conta disso, tem aumentado a ocorrência de desastres associados ao uso e ocupação inadequados de encostas e topos de morro. Em consequência, espaços urbanos estão mais propensos ao desmatamento, deposição de resíduos, assoreamento dos rios e poluição das águas e erosão do solo. Sendo este último um dos principais processos envolvidos na degradação dos solos (GUERRA, 2014).

O conceito de vulnerabilidade ambiental está intimamente ligado ao de susceptibilidade, contudo possuem definições distintas. Enquanto vulnerabilidade marca o grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo; susceptibilidade indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência (CPRM, 2018).

#### 1.7.4. Susceptibilidade

Este termo está atrelado à tendência ou à possibilidade que uma área tem de receber impressões, modificações ou adquirir qualidades diferentes das que possuía outrora. Lopes (2008) define susceptibilidade como: “a probabilidade de ocorrência de um fenômeno potencialmente destruidor, numa determinada área, baseada nas condições locais da área, tratando-se de uma probabilidade (p.27)”.

Susceptibilidade, portanto, indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em áreas de interesse ao uso do solo, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência; risco indica a probabilidade de ocorrer um efeito adverso de um processo sobre um elemento. A relação entre perigo e vulnerabilidade, pressupondo sempre a perda (FIGUEIREDO *et al.*, 2013).

Nota-se que susceptibilidade está ligada a possível ocorrência de catástrofes, seja ela natural ou antrópica. Assim pode-se afirmar que a presença e a ação humana, juntamente com as questões naturais, são fatores determinantes para que uma dada porção do espaço deixe de ser suscetível e passe a, realmente, ser vulnerável potencialmente capaz de trazer danos materiais, danos à fauna e à flora e perda de vidas humanas.

Desse modo, deduz-se que a susceptibilidade trata do potencial que uma dada área possui para a ocorrência de um determinado impacto ambiental, já a vulnerabilidade tende a verificar o grau de exposição (a um problema ambiental) de

uma dada porção do espaço, ou seja, o problema já existe e para ele é definido o grau de intensidade.

A ocorrência de voçorocas pode consolidar a susceptibilidade de uma porção do espaço, tornando-a de fato perigosa quer seja para natureza ou para homem.

### **1.8. A dinâmica da cobertura do solo e a correlação com problemas ambientais relacionados à erosão**

No Brasil, a forma como se dá a ocupação e uso do espaço urbano e rural tem provocado sucessivos e inúmeros problemas ambientais, como degradação da cobertura vegetal, perda da biodiversidade, obstrução e alteração da rede de drenagem, poluição do ar, água e solo, perda de terras produtivas, desencadeamento de processos erosivos, inclusive no nível mais latente, as voçorocas, entre tantos outros (SANTOS, 2007).

As consequências são desastrosas, como enchentes, deslizamentos, assoreamentos de rios, voçorocas, desertificação e arenização. É importante ressaltar que esses são apenas alguns exemplos do que o homem pode provocar no próprio meio em que vive, e quase sempre esquece que dele depende a sua existência (SANTOS, 2007).

Nesse sentido, a compreensão da dinâmica da distribuição temporal da cobertura do solo é útil para o entendimento do funcionamento das atividades econômicas de uma região, permitindo avaliar a evolução das ações antrópicas sobre o ambiente físico, ou seja, o quadro natural.

O mapeamento da dinâmica da cobertura solo se tornou um recurso relevante na interpretação do espaço que, por sua vez, possui como maior fator de influência a ação antrópica. Para que tal atividade seja realizada com êxito é necessário o emprego de técnicas de Sensoriamento Remoto, que são pertinentes em estudos ambientais, por meio da classificação digital de imagens de satélite (ALMEIDA *et al.*, 2017).

Com base na dinâmica da cobertura do solo é possível compreender de forma mais detalhada a contribuição das ações antrópicas para que determinadas porções da superfície se consolidem como área de degradação ambiental.

Desse modo, é possível afirmar que os problemas ambientais de uma dada área, quase sempre estão relacionados com as dinâmicas da cobertura do solo que promove alteração no ambiente, oportunizando ou agravando os problemas ambientais. Caso, os impactos ambientais ocorram em áreas povoadas, como os espaços das cidades, além dos impactos no meio ambiente, também será observado prejuízo às populações que vivem nessas áreas ou próximas a elas.

### **1.9. Erosão por voçorocas em áreas urbanas**

As voçorocas, tem despertado interesse crescente, no seio da ciência geográfica. Vários trabalhos têm ressaltado o caráter destrutivo da erosão acelerada em áreas urbanas, dentre os quais, cita-se o de Guerra, Silva e Botelho (1999); Vieira (2008), Frota Filho (2016); entre outros.

Sabe-se que a erosão do solo em ambiente equilibrado ecologicamente, ou seja, ambientes sem impactos ambientais, ocorre de forma mais lenta. Todavia, em ambiente desequilibrado, a dinâmica de erosão se desenvolve mais rapidamente, alastra-se, principalmente, quando o solo fica à mercê das ações antrópica e das chuvas.

Sem a cobertura vegetal e a ação estabilizadora das raízes e das folhas que cobrem a superfície do terreno, cada gota de chuva atinge o solo nu de forma violenta (erosão por salpico), onde partículas se desprendem, são transportadas vertente abaixo, depositam-se no fundo do vale e são carregadas pelos corpos d'água (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2014).

Atualmente o crescimento das cidades e a deficiência no planejamento, principalmente em grandes centros urbanos ou na sua área de influência, contribuem para o aumento dos processos erosivos. No geral, as erosões urbanas estão associadas à falta de planejamento adequado, a falta de conhecimento acerca das particularidades do meio físico, das condições socioeconômicas e as perspectivas de desenvolvimento da área urbana (SALOMÃO, 2014).

O crescimento das cidades aumenta as áreas construídas e, com estas, a pavimentação das pistas, o que dilata significativamente o volume e a velocidade das enxurradas, que quando não são dissipadas, concentram os escoamentos, acelerando a erosão. Outro efeito relacionado ao crescimento espacial das cidades,

diz respeito à mudança na organização social, devido a seu caráter geralmente pouco planejado, com grandes impactos ambientais (SILVA *et al.*, 2013).

Salomão (2014) destaca que a ocupação mais intensa dos terrenos próximos às ocorrências erosivas multiplica o risco de acidentes. Além disso, as ravinas e voçorocas acabam servindo como depósito de lixo, às vezes até como uma desastrosa tentativa de contenção. Porém, o lixo e o lançamento de esgoto transformam a erosão em foco de doenças, tornando ainda mais maléfica ao meio ambiente e ao homem de modo geral.

Somam-se a esses problemas o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios, dentro da área urbana ou nas suas periferias; a destruição ou entupimento das galerias e esgotos, que agravam os problemas causados pela erosão e contribuem para o aumento das enchentes, para ampliação da concentração de poluentes e perda da capacidade de armazenamento de água de abastecimento (SALOMÃO, 2014).

São diversas as causas do desencadeamento e evolução da erosão nas cidades, entre elas Salomão (2014) destaca quatro causas:

a) Plano de obra inadequado do sistema viário, muitas vezes agravado pela falta de pavimentação, guias e sarjetas. As ruas, quando pavimentadas, dispõem, em geral, de galerias pluviais, mas nem sempre onde existem galerias existe pavimentação. Ruas sem pavimento, em áreas urbanas muito suscetíveis à erosão, provocam, inevitavelmente, o entupimento de galerias, especialmente quando apresentam declividade insuficiente para favorecer o transporte do solo depositado. Recomenda-se, portanto, pavimentar imediatamente às ruas, após concluídas as obras de galerias pluviais; b) traçados inadequados do sistema viário, não considerando a declividade e comprimento das vertentes. Os volumes de escoamento devem ser parcelados para que os coletores tenham o menor diâmetro possível. Em certos casos, para controlar a direção do escoamento superficial e sua vazão, deve-se prever a implantação de lombadas transversais à direção de fluxo de água, e desviar as águas das ruas e estada até um local de controle seguro; c) deficiência do sistema de drenagem de águas pluviais e servidas. Sempre que possível, os projetos devem considerar toda a área de drenagem que contribui para o escoamento superficial, com estudo prévio da planta topográfica da cidade, desenvolvendo os planos para o sistema de drenagem e prevendo as ruas com ou sem pavimento. Os canais coletores devem situar-se, principalmente, nas ruas secundárias, utilizando as de pequena declividade, evitando, dessa forma, o acúmulo de água resultantes da drenagem nas ruas de grande declividade; d) expansão urbana descontrolada. A implantação de loteamento conjuntos habitacionais, especialmente em locais que apresentam terrenos suscetíveis a processo de ravinamento e/ou boçorocamento, deve ser antecedida por cuidadoso estudo da suscetibilidade à erosão, adequando os projetos à natureza dos terrenos e prevendo-se obras de controle de erosão (p.257).

Dessa forma, pode-se afirmar que o aparecimento de feições erosivas está atrelado a falta de planejamento na produção do espaço urbano, ao incipiente

conhecimento do quadro ambiental que se deseja atuar, destaca-se entre os elementos naturais a geomorfologia, somada à deficiência no sistema de drenagem, a canalização das águas pluviais para encostas e a descontrolada expansão urbana.

As feições erosivas podem ser um fator que vai contribuir para que uma dada porção do espaço se consolide como área de risco, o perigo é ainda maior quando estas evoluem para processo mais severos, tal como as voçorocas. Essas são formas altamente visíveis de erosão hídrica que podem restringir o uso da terra, em especial no perímetro das cidades.

Para Guerra (1994) as voçorocas são características erosivas relativamente permanentes nas encostas, apresentam paredes laterais íngremes, fundo chato, podendo ocorrer fluxo de água no seu interior durante os eventos chuvosos, algumas vezes se aprofundam tanto, que chegam a atingir o lençol freático.

Nessa mesma direção, Vieira (2008) define voçoroca, como uma incisão que apresenta queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais, fundo plano, secção transversal em U e profundidade superior a 1,5 m, apresentando largura e comprimento superiores a 3m.

De acordo com Vieira (2008), o aparecimento de feições erosivas, e, conseqüentemente, de voçorocas depende das variações das taxas de erosão, as quais estão atreladas à ação de fatores controladores, como: os processos hidrológicos, as propriedades físicas dos solos, a erosividade, as características da encosta, a cobertura vegetal, além desses fatores, a ação antrópica pode contribuir para o surgimento e intensificação das áreas de erosão.

De acordo com Valentin et al. (2005) *apud* Vieira (2008), os principais fatores controladores das erosões por voçorocas, são:

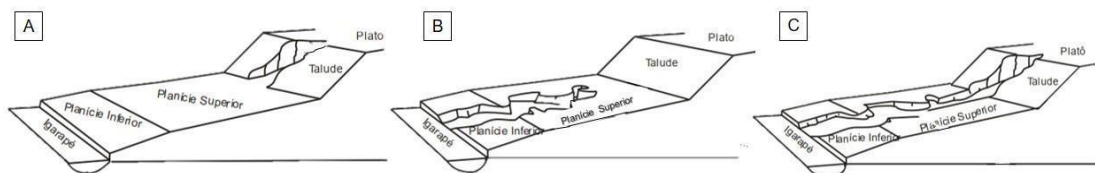
As características topográficas (gradiente da encosta e solos encrostados, encostas e área crítica de drenagem); os solos e controles litológicos (solo / litologia / fatores geomorfológicos, encrostamento do solo, piping); o uso da terra (mudanças atuais relativas ao uso da terra, abertura de estradas e ampliação de lotes urbanos, uso da terra no passado e mudanças climáticas); e a mudanças climáticas (p.44).

Vieira (2008) sublinha que alguns estudiosos apontam a importância da ação antrópica para o aparecimento de voçorocas no perímetro urbano, as quais dependem menos da coexistência de fatores naturais favoráveis do que da interferência na circulação das águas superficiais. Segundo esse autor, essa é uma visão equivocada, pois, apesar do aparecimento de voçorocas, em áreas urbanas, está muito relacionado à interferência antrópica (seja pela expansão horizontal do espaço rural

e/ou urbano, seja pelo manejo de determinadas áreas), os fatores naturais devem ser considerados como importantes elementos no aparecimento de incisões erosivas.

No que se refere a caracterização, as voçorocas podem ser classificadas de acordo com o tipo e com a forma. Quanto ao tipo, as voçorocas podem ser, segundo Oliveira (1992): desconectada (A), conectada (B) e integrada (C) (**Figura 1**). As conectadas se associam ao escoamento hipodérmico e/ou subterrâneo nas partes baixas da encosta, podendo ser consideradas canais de primeira ordem; as desconectadas, encontrando-se na parte superior da encosta, estão ligadas ao escoamento superficial e/ou a movimentos de massa e não poderiam ser consideradas canal de primeira ordem por não estarem ligadas a nenhuma rede de drenagem; as integradas, são na verdade a junção das duas formas anteriores (voçorocas conectadas e voçorocas desconectadas), formando uma só incisão erosiva.

**Figura 1** - Tipos de voçorocas



**Fonte:** Vieira (2008) org.: Ilbson Silva e Gabriela Mendonça, (2020)

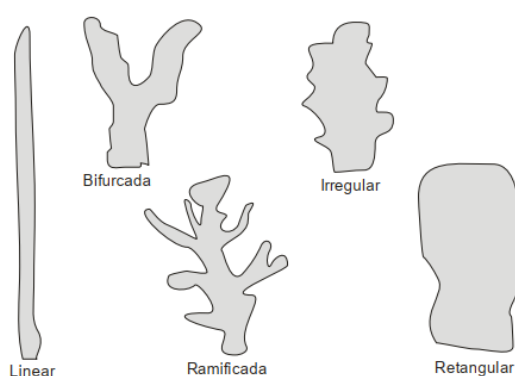
No que se refere às formas, as feições erosivas do tipo voçoroca podem ser classificadas, de acordo com Vieira (1998), como sendo: linear, bifurcada, ramificada, irregular e retangular (**Figura 2**). Ressalta-se que essas formas são mais comuns na cidade de Manaus.

Ainda segundo esse autor, cada forma resulta de processos específicos e de condições ambientais características de seu local de ocorrência, como: a geologia (litologia e estrutura), o relevo (forma e declividade), o solo, a cobertura vegetal e sistema de drenagem superficial ou subsuperficial.

Outro aspecto que merece destaque é o relacionado às características das encostas que muito contribui para o aparecimento e agravamento da erosão do solo em uma determinada área. Bigarella e Mazuchowski (1985) apontam as peculiaridades da encosta que podem ter reflexos na erosão, são elas: a declividade, o comprimento e a forma da encosta.

Nas encostas com acentuado grau de declividade, a água tem menos tempo de infiltrar, assim como os obstáculos e as resistências ao escoamento da água são menores, possibilitando o escoamento superficial. A inclinação do terreno implica em maior velocidade de fluxos de água concentrados e a maior quantidade de partículas do terreno arrancadas de seu lugar e transportadas para perto ou longe de seu ponto de origem.

**Figura 2** - Formas das voçorocas



**Fonte:** Vieira (2008)

Entretanto esse entendimento não é unânime, pois alguns estudiosos compactuam da ideia de que nas encostas muito íngremes, a erosão pode diminuir pela falta de material disponível (VIEIRA, 2008).

No que diz respeito à forma da encosta, nas côncavas é comum ocorrer processos erosivos, em razão da convergência dos fluxos d'água, acelerando a ruptura entre matérias de diferentes características (SILVA NETO, 2013).

A influência das encostas nos processos erosivos também diz respeito ao comprimento, o qual deve ser analisado, em conjunto com outros aspectos, como declividade, formas da encosta e propriedades do solo (VIEIRA, 2008).

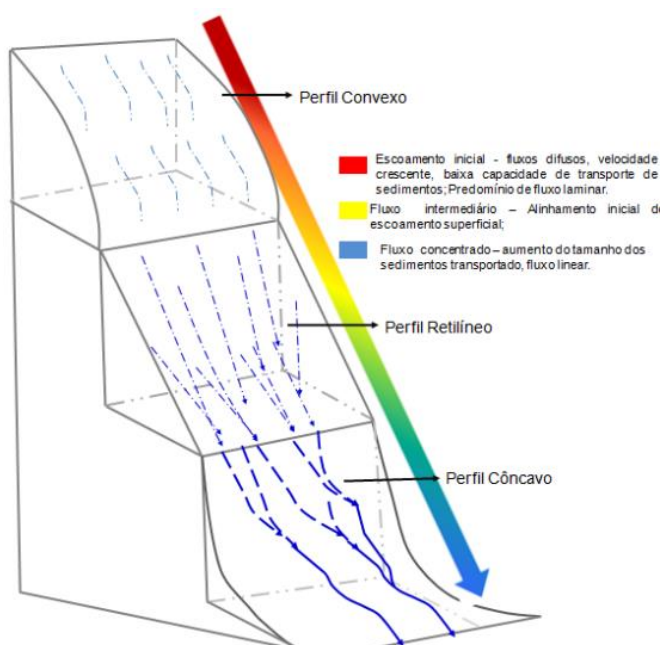
Os fatores controladores dos processos erosivos são: erosividade da chuva, propriedades do solo, cobertura vegetal e características das encostas (CUNHA e GUERRA, 1996).

Embora considere tais fatores controladores como indissociáveis, avaliou-se o papel do componente característica das encostas pelo perfil topográfico, considerando que a curvatura vertical expressa o formato da vertente quando observada em perfil (VALERIANO, 2008).

As características das vertentes, forma, comprimento e declividade, podem contribuir para a ocorrência de processos erosivos específicos. Do mesmo modo, a depender da forma, haverá um tipo de escoamento e, conseqüentemente, uma forma de erosão.

A forma da vertente atua direta e indiretamente no escoamento superficial e no desenvolvimento de processos erosivos, apresentando importância para o balanço de materiais e natureza dos processos morfogenético e pedogenético (SILVA NETO, 2013). Na **figura 3**, observa-se as principais formas do terreno.

**Figura 3** - Forma das vertentes



Fonte: Silva Neto, (2013)

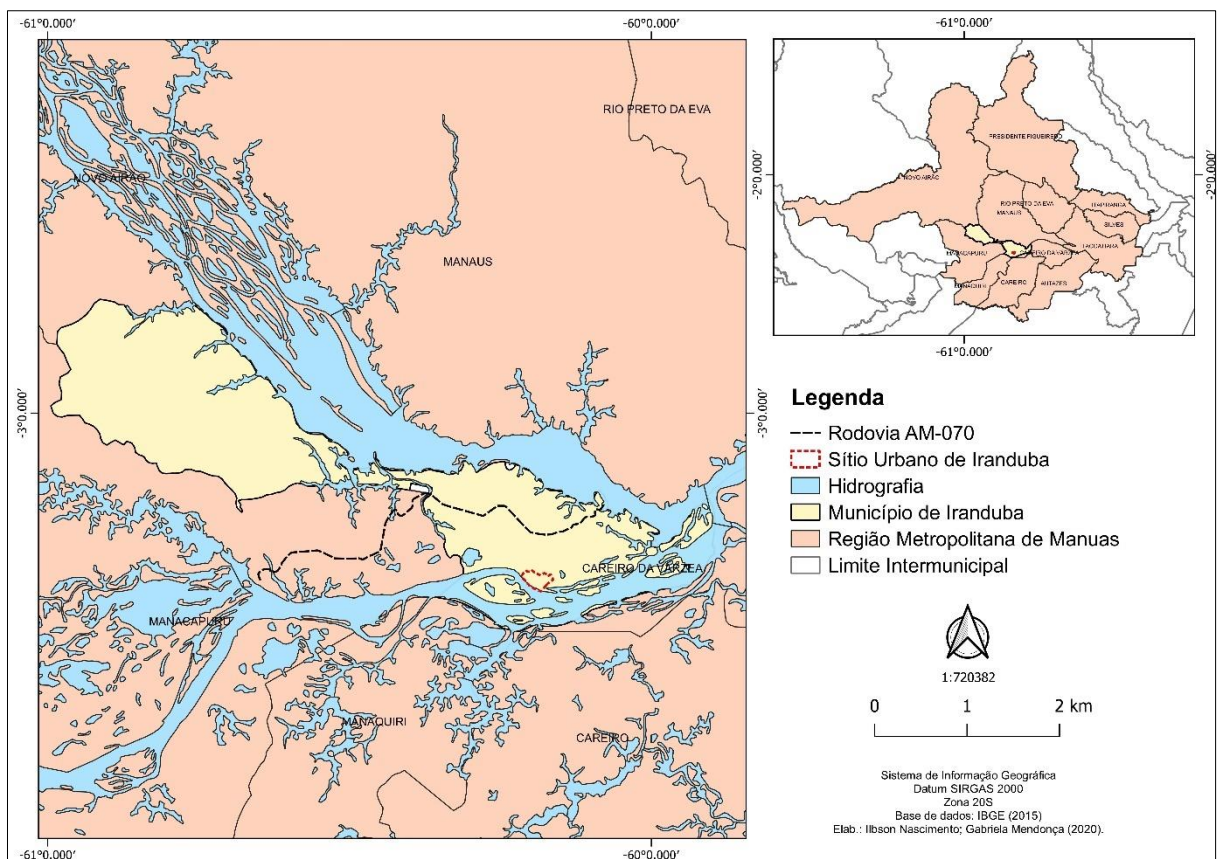


## 2. ASPECTOS FÍSICOS DA ÁREA DE ESTUDO

### 2.1. Localização

O município de Iranduba, criado em 09 de Abril de 1963 sob a Lei N<sup>o</sup>. 07/1963, situa-se no Norte do Brasil na Amazônia ocidental (mapa 1), possui uma área de 2.216,817 km<sup>2</sup> (IBGE, 2018). No que concerne a sua localização, no Estado do Amazonas, Iranduba está situado na Mesorregião Centro Amazonense que, por sua vez, abrange a Microrregião de Manaus, porção territorial com maior densidade demográfica e dinâmica econômica de todo o estado (IBGE, 2010).

**Mapa 1** - Localização do Município de Iranduba AM



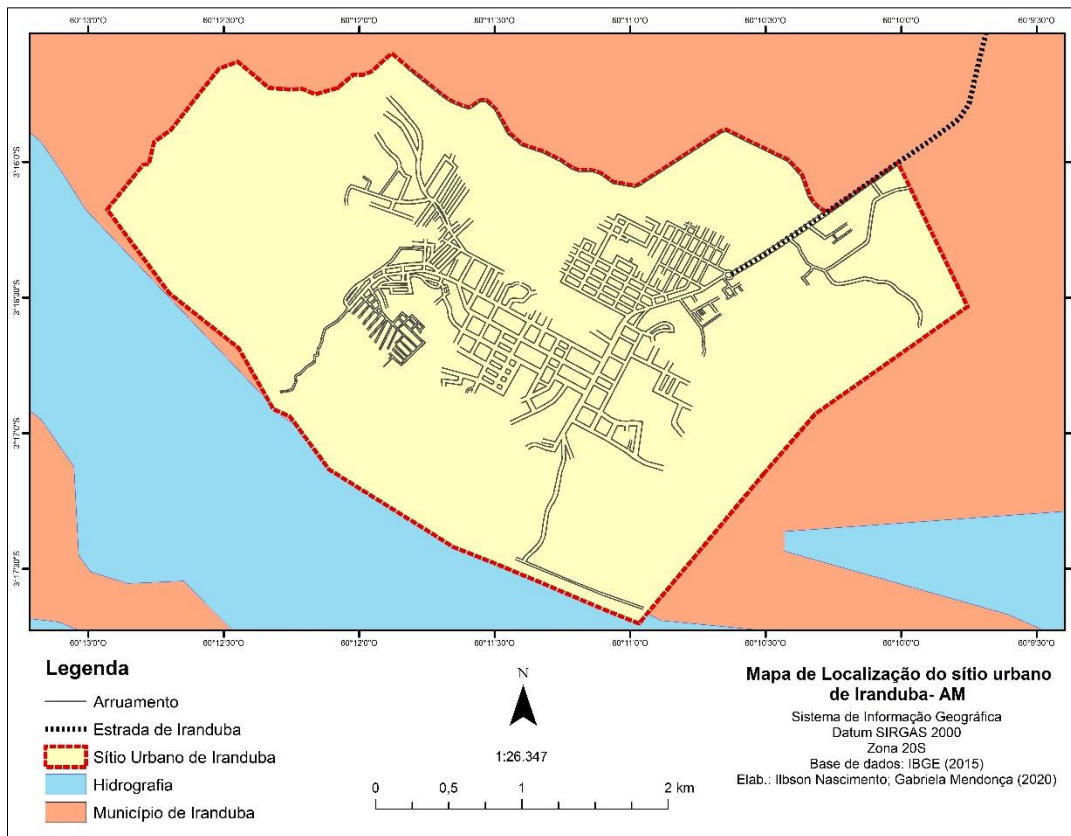
Limita-se, ao norte, com a cidade de Manaus; a Oeste, com Manacapuru e Novo Airão; ao Sul, com Careiro e Manaquiri e, a Leste, com Manaus e Careiro da Várzea. SEPLANC-CTI (2014). De acordo com a SEPLANC-CTI (2014) a população registrada no Censo Demográfico de 2010 era de 40.781 habitantes, sendo 28.979 concentrados na área urbana e 11.802 na área rural, assim a densidade demográfica ficou registrada em 22,77 hab/km<sup>2</sup>. A população estimada para 2019 foi de 48.296 habitantes (IBGE, 2019).

Ainda segundo a SEPLAN-CTI (2014) a origem do município está relacionada à expansão e ao crescimento da capital do estado do Amazonas, principalmente a partir da implantação da Zona Franca de Manaus, criada em 1969.

O município em questão faz parte da Região Metropolitana de Manaus - RMM (**mapa 1, p 57**) e seu crescimento, expansão econômica, demográfica, assim como os impactos ambientais, estão relacionados à dinâmica econômica dessa região metropolitana.

Lima (2014) afirma que há espaços na RMM que expressam o avanço da metrópole num período relativamente rápido. O Estado e o setor imobiliário protagonizam esse processo na área sul da região Metropolitana (RM), notadamente em direção a Iranduba que tem vivenciado um vertiginoso crescimento urbano.

No que se refere ao sítio urbano de Iranduba, o Plano Diretor do Município de Iranduba PDMI (2006), define o perímetro da Zona urbana por uma poligonal no sentido anti-horário, que tem início no cruzamento da Estrada do Iranduba com o Ramal do Lago do Santo Antônio, indo por este até o Lago do Santo Antônio; desse ponto, segue até o Rio Solimões, seguindo até a intersecção da Estrada da Várzea com a Avenida Amazonas, por onde segue até o lago do Iranduba; continua desse até o Igarapé do Saraiva, trecho por meio do qual se chega até a sua nascente, de onde continua até o cruzamento do Ramal da Chisa e da estrada dos Bahais, indo por esse caminho até a Estrada do Iranduba, fechando a Poligonal no cruzamento ramal do Lago do Santo Antônio, **mapa 2**.

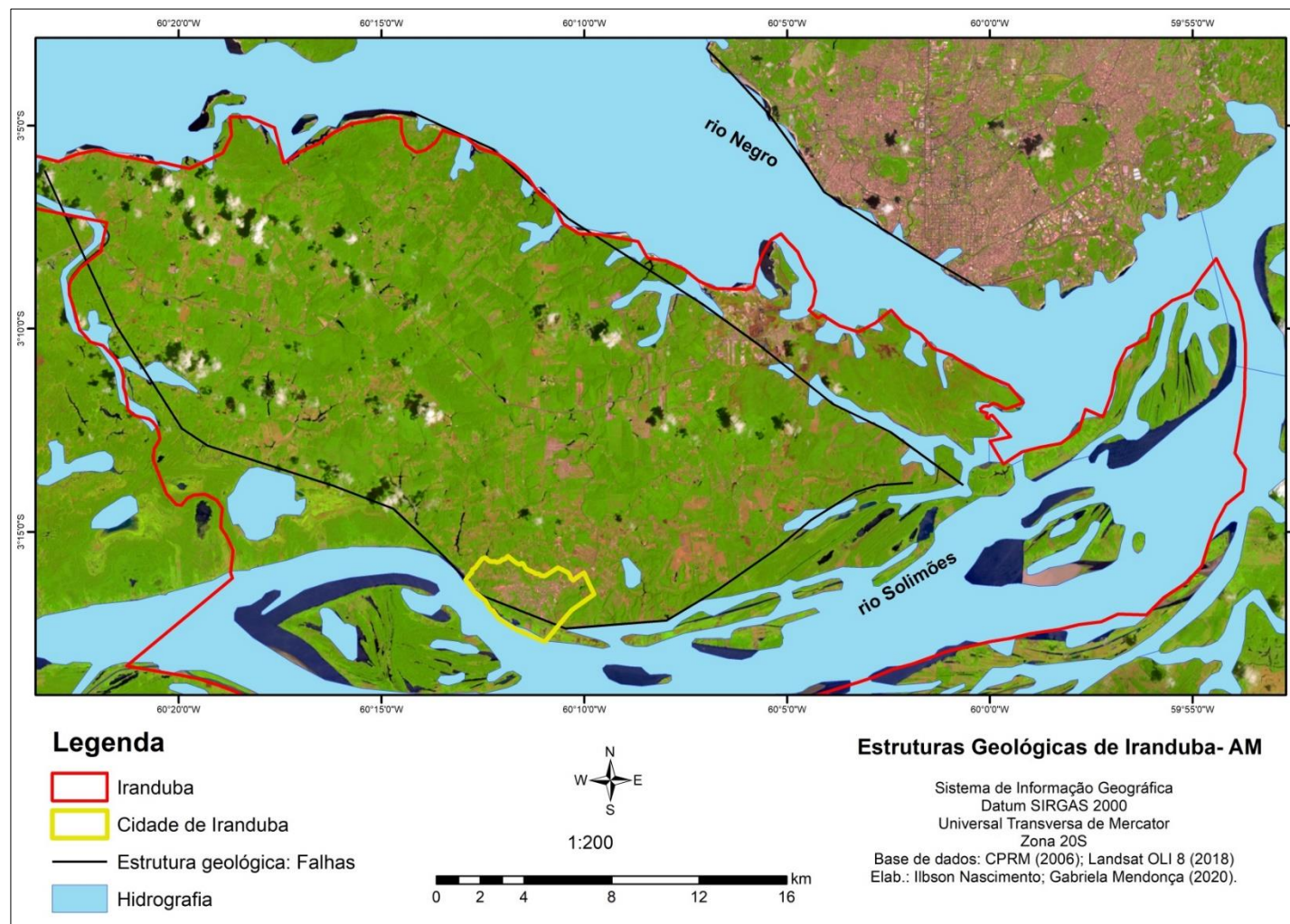
**Mapa 2** - Localização do sítio urbano de Iranduba-AM

## 2.2. Geologia

De acordo com o IBGE (2010), o substrato geológico de Iranduba-AM, está assentado na Bacia Sedimentar Fanerozóica, compreende os sedimentos e rochas sedimentares da formação Alter do Chão, caracterizada pela presença de arenitos avermelhados e esbranquiçados, finos e médios; siltitos e argilito geralmente avermelhados, rosados e ferruginosos; conglomerados lenticulares, mal selecionados, com seixos arredondados a subarredondados.

Ainda segundo o IBGE (2010), a área onde está localizado o município de Iranduba/AM recebe contribuições Cenozoica, período de formação dos Aluviões Holocênicos composto por conglomerados, arenitos e argilito. Outro ponto observado é atuação de falhamentos no município de Iranduba, inclusive no sítio urbano (**mapa 3**).

**Mapa 3** - Mapa com destaque para as falhas geológicas do sítio urbano de Iranduba-AM



### 2.3. Geomorfologia

Quanto a Geomorfologia (**Mapa 4**), a área de estudo, segundo o IBGE (2010), é classificada do ponto de vista morfoestrutural como Planalto do Uatumã-Jari, modelado de dissecação com características homogênea.

Dissecação fluvial em litologia diversas que não apresenta controle estrutural marcante, caracterizada predominantemente por colinas e interflúvios tabulares. Observa-se, também, diversos tipos de padrões de drenagem, porém são predominantes os padrões dendríticos subparalelos, subretangulares e outros compostos (IBGE, 2010).

A formação do topo é tabular definida pelo IBGE (2010) como um conjunto de formas de relevo que delineiam feições de rampas suavemente inclinadas e lombadas geralmente esculpidas em coberturas sedimentares inconsolidadas e rochas cristalinas, denotando eventual controle estrutural.

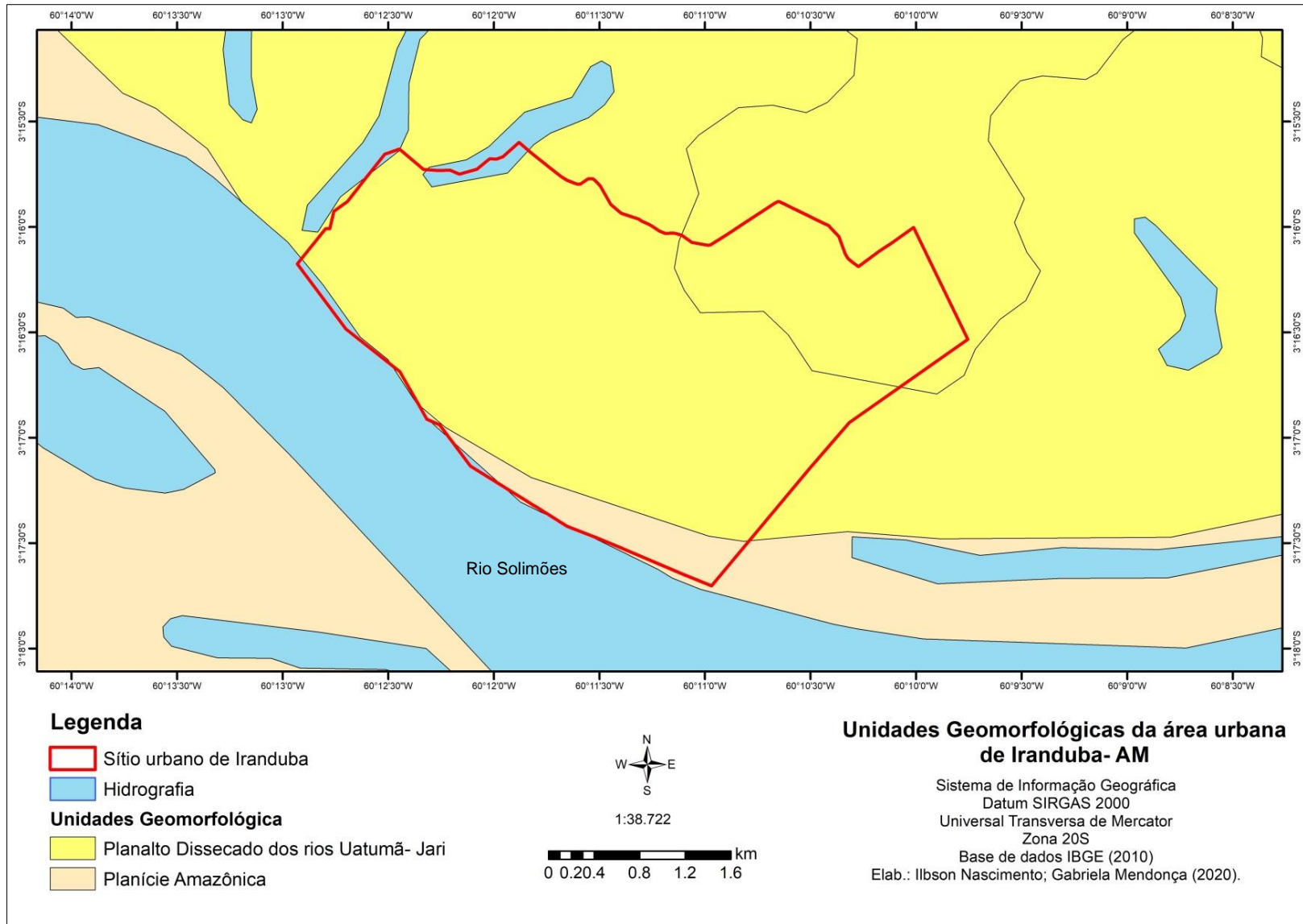
São em geral definidas por vales rasos, apresentando vertentes de pequenas à alta declividade. Resultam da instauração de processos de dissecação atuando sobre uma superfície aplanada.

Na porção Sul do município, banhada pelo rio Solimões, tem-se a Planície Amazônica, caracterizada por modelado de acumulação. De acordo com a Classificação do IBGE (2010), essa área, onde se encontra uma pequena parte da cidade de Iranduba, é formada pela "planície fluvial resultante da acumulação dos sedimentos, transportados pelo rio em questão, sujeita a inundações periódicas, correspondendo às áreas de várzea atuais".

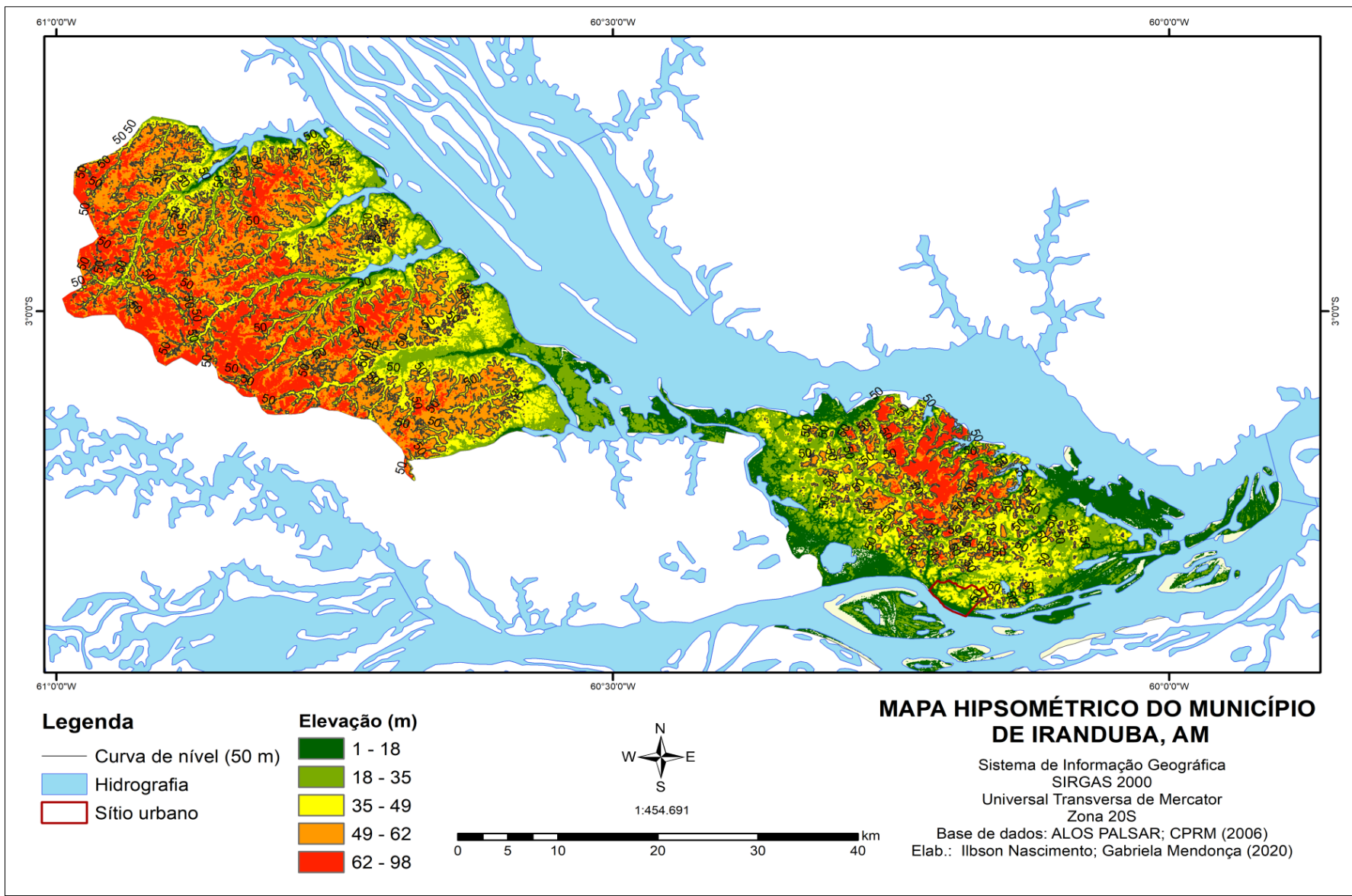
No que concerne aos dados altimétricos, observa-se que a porção oeste do município de Iranduba apresenta as maiores cotas altimétricas com altitudes que variam de 46 a 85 metros, com exceção das áreas próximas a margem de rios cuja altitude oscila entre 20 a 46 metros.

Na porção sudeste do município as cotas altimétricas são menores, sendo que no Sul dessa área, na porção margeada pelo rio Solimões, estão às cotas mais baixas, não ultrapassando 72 metros de altitude. Já a porção noroeste do Sudeste deste município, margeada pelo rio Negro, as cotas são mais elevadas ultrapassando em muitos pontos os 85 metros (**mapa 5**).

**Mapa 4 - Mapa geomorfológico do sítio urbano de Iranduba-AM**



Mapa 5 - Hipsometria do município de Iranduba



## 2.4. Clima

No geral, a Amazônia, devido à proximidade com a linha do equador, apresenta baixa latitude, baixa pressão atmosférica e intensa radiação solar, o que ajuda no processo de formação do clima Equatorial Quente e Úmido predominante na área recoberta pela floresta tropical.

O Clima do Estado do Amazonas: a porção oeste do Amazonas compreende a região mais úmida e a porção sul e leste, a mais seca, com variações de um a três meses de seca (HONÓRIO, 2008).

De acordo com o IBGE (2010), o clima zonal da área onde está localizado o município de Iranduba-AM é Equatorial considerado quente úmido sem seca/subseca, com média anual de temperatura superior a 18°C e durante todos os meses do ano e a média diária da amplitude térmica é de 4°C. O índice pluviométrico médio anual é de 2.000 a 2.300 mm e a umidade relativa do ar é alta, em torno de 88% no período chuvoso e 77% no seco.

## 2.5. Hidrografia

A área de estudo, quando observada dentro de uma escala macro, está localizada na bacia hidrográfica amazônica caracterizada por ter uma imensa superfície inundada (correspondente a 37% da América do Sul), e, sobretudo pelo nivelamento da planície aluvial, que apresenta uma baixíssima declividade (1cm/km) (GUYOT *et al.*, 1993).

Nesta bacia, encontra-se o rio Negro que tem sua foz margeada pelos Municípios de Manaus, à esquerda e o município de Iranduba, à direita. Franzinelli e Igreja (2002) afirmam que as planícies de inundação ao longo do rio Negro não apresentam grandes extensões, se comparadas ao Solimões-Amazonas, visto que o rio é confinado em um leito de substrato rochosos do Escudo Cristalinos das Guianas.

O município de Iranduba encontra-se localizado na confluência de dois grandes sistemas fluviais, o Rio Negro e o Solimões (Amazonas). Nessa área o movimento neotectônico atua no padrão de drenagem do rio Negro.



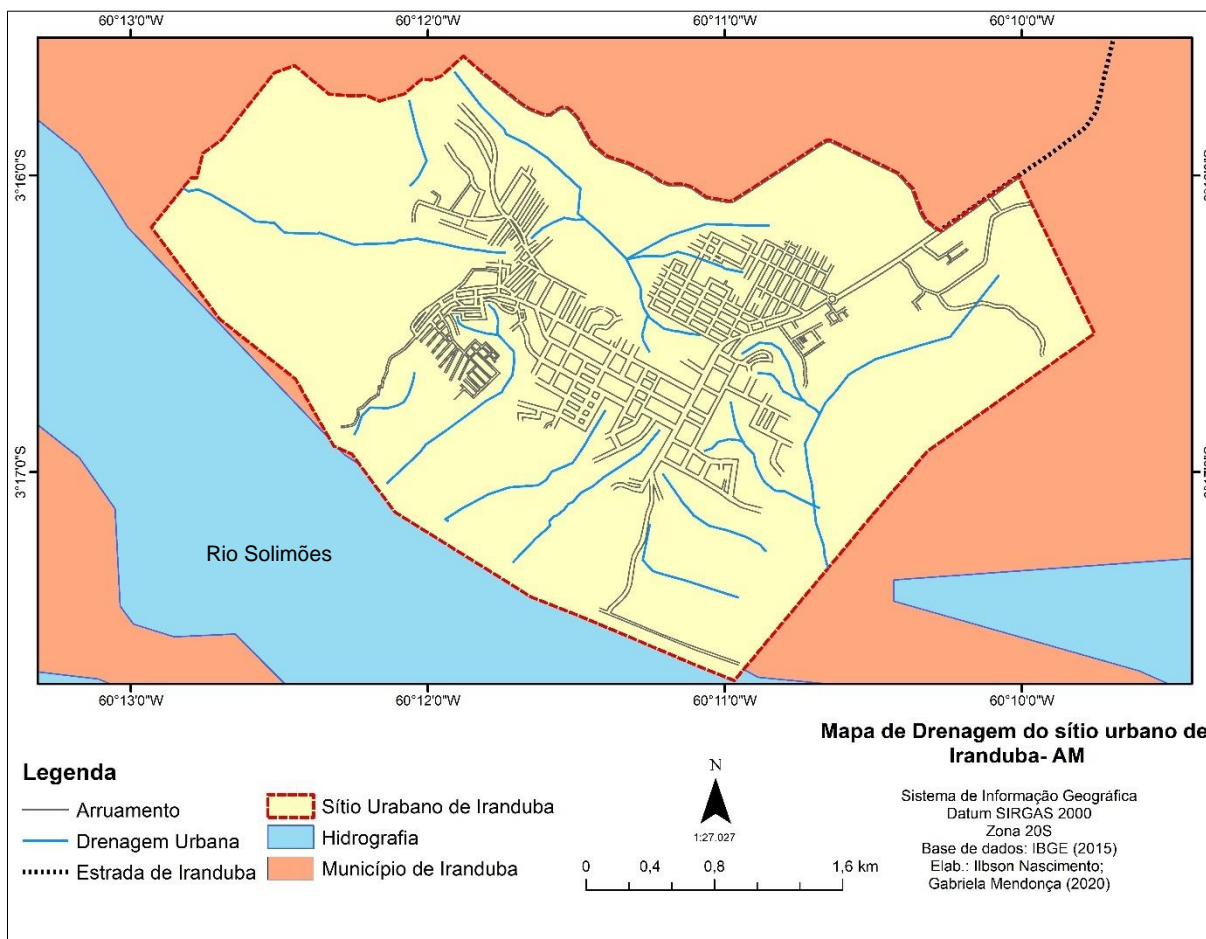
De acordo com Nascimento *et al.* (2011), o lineamento do *Baependi*, com direção NW-SE, localizada na margem esquerda do rio Negro, cuja continuidade pode ser observada na área do município de Iranduba (AM). Conforme o trabalho supracitado a paisagem da área do município apresenta um relevo de colinas pequenas e médias, bem dissecadas, que não ultrapassam 85 m de altitude e bacias hidrográficas assimétricas que fluem tanto para o rio Negro quanto para o rio Solimões.

Segundo Nascimento *et al.* (2011), observa-se na drenagem local encurvamentos de canais de pequenos tributários e alguns divisores alinhados com o escarpamento no relevo produzido pela zona de falha. A direção paralela dessa falha à margem do rio Negro implica no controle tectônico quaternário dessa estruturação. Nascimento *et al.* (2011), afirma que:

A continuidade dessa falha na região de Iranduba mostra o mesmo comportamento, porém com desníveis moderados no relevo da ordem 30 metros. O divisor dos pequenos cursos d'água está delimitado por essa falha, onde pode ser observado que a cabeceira das drenagens estão encurvamentos relacionados ao ajuste dos canais à morfologia da falha. Na localidade de Paricatuba, pouco a norte da área, há falhas que possuem a direção NE-SW, NW-SE e também E-W. A primeira compreende falhas normais mais antigas que cortam a Formação Alter do Chão, mas não deformam o solo laterítico. A segunda atitude é das falhas normais quaternárias que estão associadas ao lineamento do Baependi e cortam toda a sequência, incluindo o horizonte laterítico, enquanto que as falhas E-W são transcorrentes destrais do sistema neotectônico amazônico (p.02).

Posto isso, observa-se que falhas neotectônicas contribuem para o estabelecimento de um padrão de drenagem em todo o município. Além disso, as falhas atuam como divisor de água, isso possibilita o aparecimento de pequeno curso d'água que podem, em função da sua nascente, desaguar no rio Solimões ou no rio Negro. No que se refere a hidrografia do sítio urbano de Iranduba, está é caracterizada por pequenos cursos d'água que desaguar na maioria dos casos, no rio Solimões.

**Mapa 6** - Mapa de hidrografia do sítio urbano de Iranduba/AM



## 2.6. Solos

Na área do município de Iranduba o IBGE (2010), destaca o predomínio das seguintes classes de solos: Latossolo Amarelo distrófico, Neossolo Flúvico Eutrófico, Plintossolo Argilúfico Alítico e Gleissolo Háplico, sendo que no sudeste do município de Iranduba-AM, onde se localiza o sítio urbano, sobrepuja o Neossolo Flúvico, em decorrência dos sedimentos transportados pelo rio Solimões, e o Latossolo Amarelo Distrófico (mapa 7).

Os Neossolos Flúvicos são solos minerais não hidromórficos, oriundos de sedimentos recentes referidos ao período Quaternário. São formados por sobreposição de camadas de sedimentos aluviais recentes sem relações pedogenéticas entre elas, devido ao seu baixo desenvolvimento pedogenético (EMBRAPA, 2010).

Normalmente apresentam espessura e granulometria bastante diversificadas, ao longo do perfil do solo, devido a diversidade e a formas de deposição do material originário. Geralmente a diferenciação entre as camadas é bastante nítida, contudo, existem situações em que é mais difícil a separação das mesmas, principalmente quando são muito espessas. São solos profundos com um horizonte superficial (EMBRAPA, 2020).

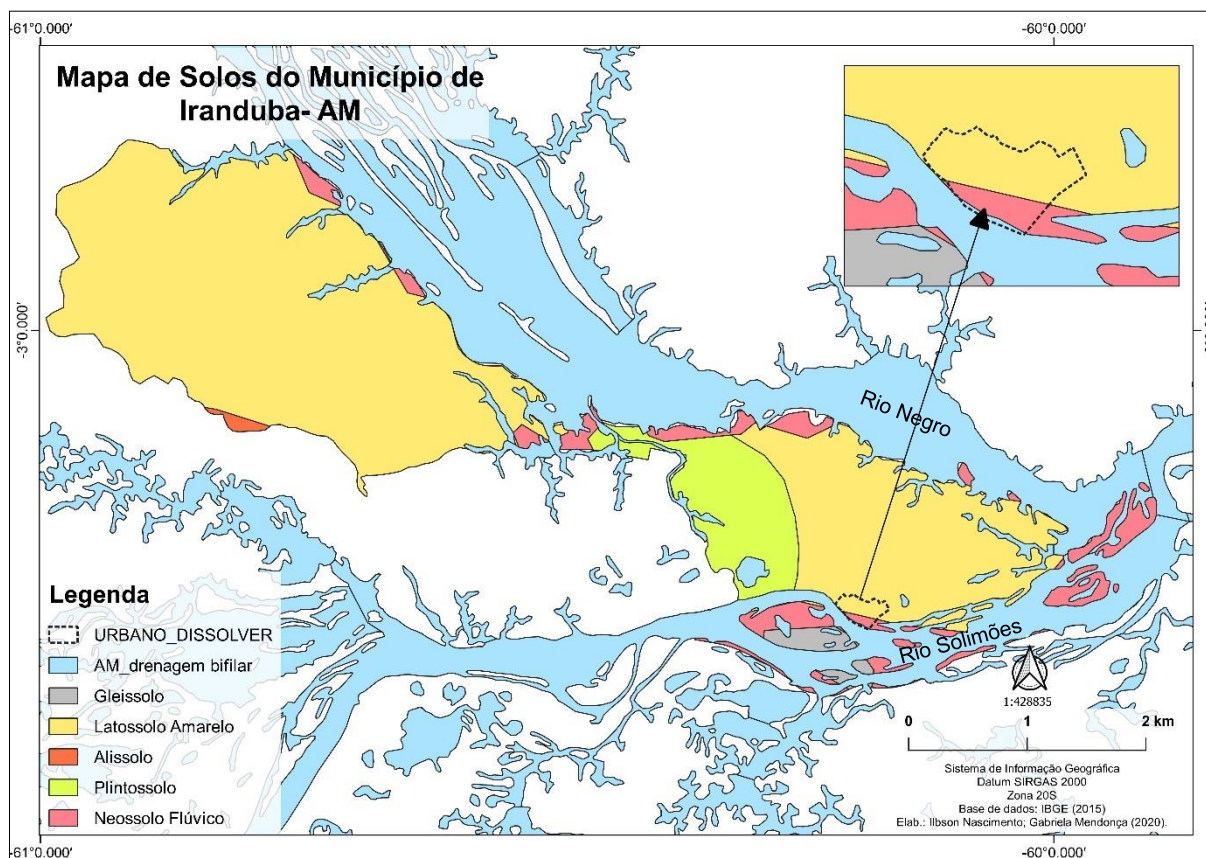
De acordo com EMBRAPA (2020), esses solos ocorrem nos ambientes de várzeas, planícies fluviais e terraços Aluvionares, ao longo das linhas de drenagens das principais bacias hidrográficas, sob vegetação natural de campos higrófilos de várzea ou floresta perenifólia de várzea.

Quanto ao Latossolo amarelo, segundo a EMBRAPA (2020), são solos desenvolvidos de materiais argilosos ou areno-argilosos sedimentares da formação Barreiras na região litorânea do Brasil ou nos baixos platôs da região amazônica relacionados à Formação Alter-do-Chão, podendo também ocorrer, em alguns casos, fora destes ambientes.

A cor amarelada é homogênea em profundidade, o mesmo ocorre com o teor de argila. A textura mais comum é a argilosa ou muito argilosa. Outro aspecto de campo refere-se à elevada coesão dos agregados estruturais, ou seja, o solo é mais coeso (EMBRAPA, 2020).

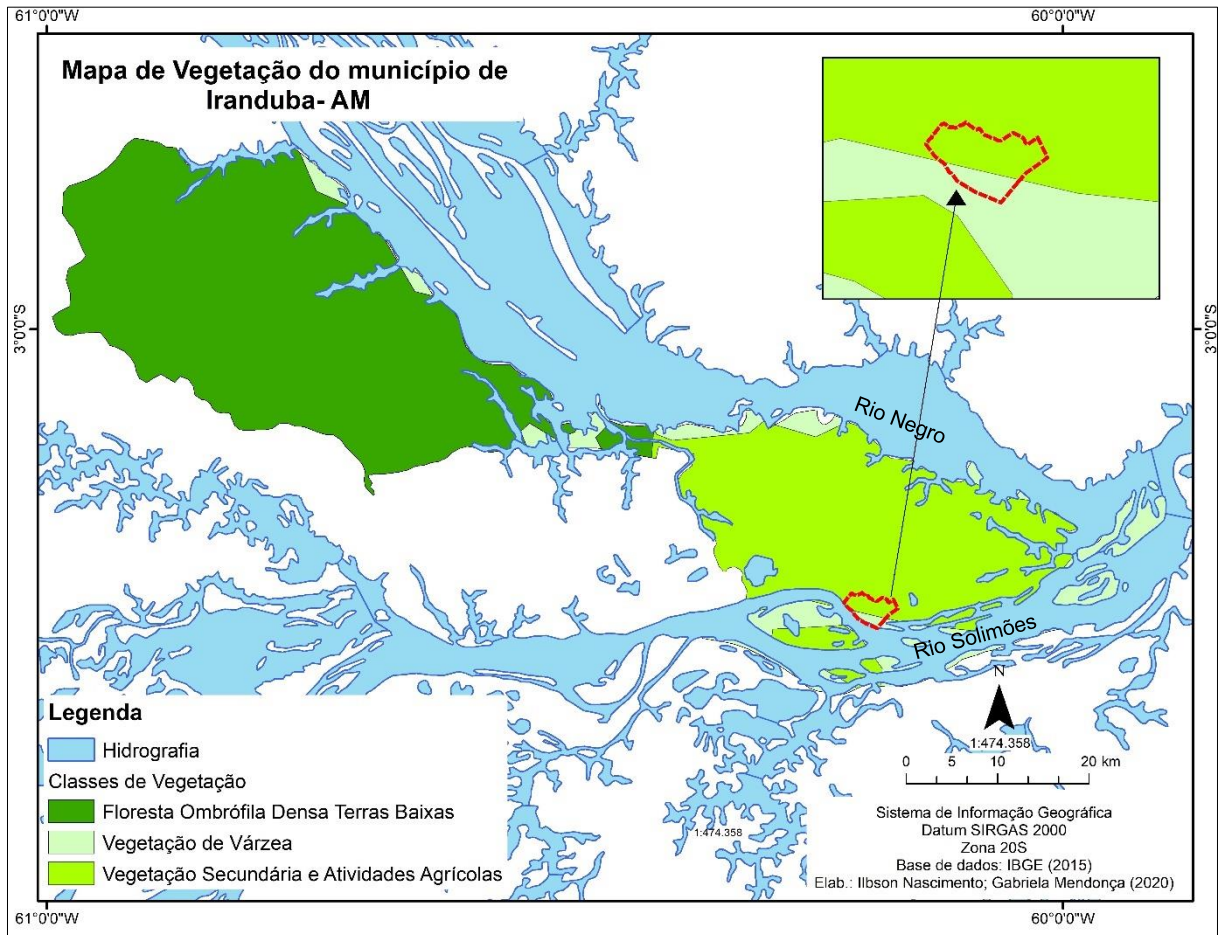
Outra característica do latossolo amarelo é que este apresenta boas condições físicas de retenção de umidade e boa permeabilidade e sua ocorrência é mais comum no relevo plano ou suavemente ondulado (EMBRAPA, 2020).

**Mapa 7** - Mapa de classe de solos do município de Iranduba/AM



## 2.7. Vegetação

No município de Iranduba é possível apontar, com base nos dados do IBGE (2010), os seguintes tipos de vegetação: Floresta Ombrófila Densa do tipo Aluvial e de Terras Baixas; Floresta Ombrófila Aberta Aluvial; Formação Pioneira Aluvial; além de vegetação características de áreas onde se realiza a atividade de agricultura e pecuária, encontrada majoritariamente no Sudeste do município de Iranduba-AM. No sítio urbano de Iranduba, observa-se o predomínio de três classes de vegetação: vegetação secundária, vegetação de várzea e vegetação característica de áreas onde se realiza a atividade de agricultura e pecuária (mapa 8).

**Mapa 8** - Mapa de vegetação do município de Iranduba/AM

### 3. MATERIAIS E MÉTODO

O método Sistêmico oportuniza uma visão holística acerca dos fenômenos estudados e busca alternativa para explicar a integralidade e complexidade dos fenômenos por meio de uma visão orgânica dos fatos. Dessa forma, procura-se entender os acontecimentos de forma sinérgica com base nos princípios de integralidade e de auto-organização. De acordo com Mendonça (1993), a análise pautada na concepção sistêmica é considerada como o melhor método para a produção de conhecimento na geografia física moderna e contemporânea.

A concepção sistêmica corresponde à abordagem interdisciplinar, que propicia meio para o estudo de objetos integrados e das dependências e interações integrais (RODRIGUEZ e SILVA, 2013). Pode-se afirmar que o sistema corresponde ao conjunto de unidades organizados e inter-relacionados, que apresentam: elementos ou unidades, relações, atributos, entrada (*input*) e saída (*output*), conforme Christofolletti (1979).

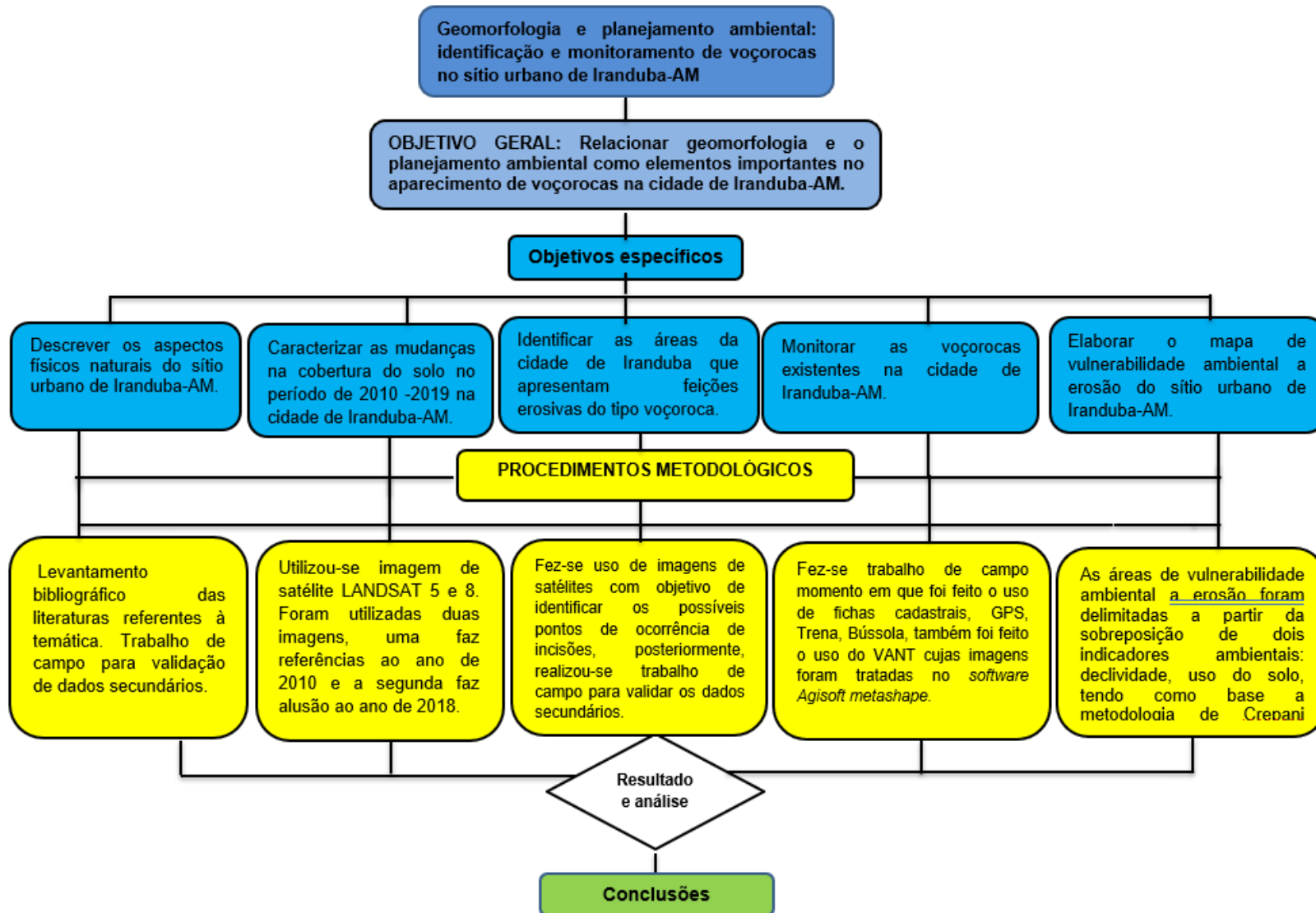
Essa nova abordagem tornou possível o desenvolvimento de uma teoria preocupada com a integralidade e com a dinâmica dos fenômenos, bem como, com a complexidade dos níveis de integração dos objetos que os compõem, invertendo, assim, o foco de análise proposto pela visão cartesiana-mecanicista, como demonstra Capra (1996):

Na mudança do pensamento mecanicista para o pensamento sistêmico, a relação entre as partes e todo foi invertida. A ciência cartesiana acreditava que em qualquer sistema complexo o comportamento do todo podia ser analisado em termos das propriedades de suas partes. A ciência sistêmica mostra que os sistemas vivos não podem ser compreendidos por meio da análise. As propriedades das partes não são propriedades intrínsecas, mas só podem ser entendidas dentro do contexto do todo maior. Desse modo, o pensamento sistêmico é pensamento "contextual"; e, uma vez explicar as coisas considerando o seu contexto significa explicá-las considerando o seu meio ambiente (p. 46 -47).

Deste modo, esta pesquisa foi pautada no entendimento que todos os fenômenos devem ser compreendidos de forma entrelaçada e não isoladamente, ou seja, o quadro natural, em especial a geomorfologia, será abordada fazendo um paralelo com outros, aspectos, a saber, solo, clima, relevo, vegetação, geologia e atividades antrópicas através da dinâmica da cobertura do solo.

Tal proposta tem por objetivo construir uma visão mais totalitária das causas dos problemas ambientais, relacionados a erosão, encontrados em Iranduba-AM. Para melhor ilustrar os procedimentos metodológicos a serem adotados foi elaborado o fluxograma com os objetivos dessa pesquisa, assim como os seus respectivos procedimentos metodológicos (**Figura 04**).

Figura 4 - Fluxograma com objetivos e procedimentos metodológicos



Org.: Ilbson Silva, (2020).



### 3.1. Caracterização da dinâmica da cobertura do solo no sítio urbano de Iranduba-AM, no período de 2010 a 2019

Para caracterizar o sítio urbano de Iranduba-AM, do ponto de vista da cobertura do solo, foi utilizada imagens de satélite *LANDSAT 5* e 8 (sistema orbital mais utilizado no monitoramento ambiental). O conjunto de imagens do satélite *Landsat* possuem características de nível de processamento 1 (ortoretificadas), no formato *geotiff*, com resolução espacial de 30m e com resolução radiométrica de 16 bits. As características do *Landsat 5* e 8 são descritas nos quadros 5 e 6.

**Quadro 5** - Característica do Landsat-5

<b>Características do <i>Landsat-5</i></b>	
Instrumento/Sensor	MSS (até Ago/1995) e TM
Operadora/Instituição Responsável	NASA (National Aeronautics and Space Administration)
País	Estados Unidos
Situação Atual	Inativo (22/11/2011)
Lançamento	01/03/1984
Altitude	705 km
Inclinação	98,20°
Órbita	Quase-Polar, Heliossíncrona
Faixa Imageada	185 Km
Tempo de Duração da Órbita	98,20 min
Horário da Passagem	09h / 11h
Período de Revisita	16 dias
Resolução Espacial	MSS: 80 m   TM: 30 m

**Fonte:** INPE (2019). **Org.:** Ilbson Silva, (2019).

A aquisição das imagens, para o desenvolvimento do presente trabalho, foi feita de forma gratuita por meio de *download* do catálogo em acervo eletrônico do satélite de *landsat* do Serviço Geológico Americano (USGS) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

As imagens referentes à área de estudo encontram-se na órbita/ponto 231/62 e serão analisadas em um recorte temporal de 10 anos, além da observância da qualidade e a mínima cobertura de nuvens. As imagens estão sendo tratadas com o *software* ArcGis 10.5 e Qgis 3.6.1.

**Quadro 6** - Característica do satélite Landsat 8

<b>Quadro 2: Características do <i>Landsat 8</i></b>	
Instrumento/Sensor	OLI e TIRS
Operadora/Instituição Responsável	NASA (National Aeronautics and Space Administration)
País	Estados Unidos
Situação Atual	Ativo
Lançamento	02/11/2013
Altitude	705 Km
Inclinação	98,2°
Órbita	Circular, Polar, Heliossíncrona
Faixa Imageada	185 Km
Tempo de Duração da Órbita	99 min.
Horário da Passagem	10h / 12h
Período de Revisita	16 dias
Resolução Espacial	Pancromático: 15 m   Multiespectral: 30 m   Termal: 100 m reamostrada para 30 m

**Fonte:** INPE (2019). **Org.:** Ilbson Silva, (2019).

Para a elaboração do mapa da dinâmica da cobertura do solo foi utilizada interpretação de imagens ópticas com base em imagens do satélite *Landsat 5* e *8* concernente ao período de uma década, por tanto, o recorte entre 2010 a 2019. A escala de mapeamento foi de 1:43.896. Justifica-se a geração do produto cartográfico na escala proposta, por conta das tipologias definidas no processo de classificação da imagem (hidrografia, vegetação, área urbana/solo exposto). O método utilizado foi a classificação supervisionada. Neste método a imagem é classificada usando assinatura espectrais feitas através da intervenção do analista.

Levantou-se duas imagens sendo uma relativa ao ano de 2010, e a outra faz alusão ao ano de 2018.

Destaca-se que para a escolha dos anos a serem observados foi levado em consideração a disponibilidade e a qualidade das imagens, portanto não foi possível trabalhar com imagem referente ao ano de 2019, todavia a caracterização do último ano do recorte temporal foi feita através dos trabalhos de campo.



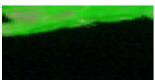
Além disso, por se tratar de uma área relativamente pequena, as mudanças na evolução do uso ficam mais evidentes quando analisadas no intervalo de tempo maior. Dessa forma, escolheu-se apenas o ano de início e o penúltimo ano do recorte temporal.

A partir dessas imagens foram elaborados dois mapas, cujo objetivo é analisar a dinâmica da cobertura do solo dentro do recorte temporal supracitado. Para isso, foram adotadas as seguintes classes: hidrografia, vegetação, área urbana/solo exposto. Estas foram escolhidas a partir da configuração da paisagem local. Em razão da resolução espacial das imagens, não foi possível discernir e discriminar o tipo e extrato da cobertura vegetal e este não é o objetivo deste trabalho.

Porém, considerando as dimensões da área de estudo, tais imagens possibilitam a análise e caracterização de elementos-chave no que concerne ao uso e cobertura do solo alcançando o propósito de descrever a evolução da cobertura do solo da área referente ao sítio urbano de Iranduba-AM. Enfatiza-se que as cores dos objetos indicados são válidas para esse tipo de composição colorida (**Quadro 7**).

Todos os subitens a seguir utilizarão *shaperfile* para análise e tratamento dos resultados desse trabalho.

**Quadro 7** - Chaves de interpretação R-G-B (Imagem de satélite Lansat)

Imagem	Objeto	Chave de interpretação
	Área urbana/solo exposto	Cor avermelhada; textura ligeiramente rugosa; forma irregular.
	Vegetação	Cor verde (tendem ao verde-claro); textura rugosa; forma irregular.
	Hidrografia	Cor azul, textura lisa; forma irregular; linear retilínea ou curvilínea para rios.

Org.: Ilbson Silva, (2020).

### 3.2. Descrição dos aspectos físico-naturais

A descrição dos aspectos físicos da área de estudo foi balizada no levantamento bibliográfico das literaturas referentes à temática, cuja principal fonte foram os dados disponibilizados pelo IBGE (2010).

Além da caracterização feita a partir de fontes bibliográficas, estão sendo confeccionado mapa de hipsometria, mapa de declividade, mapa hipsométrico com curva nível em intervalos de 5 metros e Modelo Digital de Superfície. Esses produtos também contribuíram para o melhor detalhamento do quadro natural de Iranduba-AM.

No que diz respeito ao mapa de declividade a classificação será feita a partir de cinco classes são elas: muito baixa (declividade de 0% a 3%), baixa (declividade 3% a 8%), média (8% a 20%), alta (20% a 45%) e muito alta (45% a 75%). Observar **quadro 8**.

**Quadro 8** - Classes de relevo

Declividade (%)	Classe de relevo
0 - 3	Muito baixa
3 - 8	Baixa
8 - 20	Média
20 - 45	Alta
45 - 75	Muito alta

**Fonte:** EMBRAPA (2018). Adaptado para este trabalho.

Posteriormente, fez-se a análise da área de estudo por meio de trabalho de campo para validação de dados secundários e, associou-se ao aparecimento de feições erosivas do tipo voçoroca, bem como, os espaços mais favoráveis para ocupação, assim como as regiões menos propícias ao desenvolvimento de atividades antrópicas.

Desse modo, foi realizada a correlação entre as características natural do sítio urbano de Iranduba-AM, em especial a geomorfologia, aos problemas ambientais relacionados à erosão.

### **3.3. Identificação das feições erosivas do tipo voçoroca na cidade de Iranduba-AM**

Para localização das voçorocas, na área de estudo, fez-se uso de imagens de satélite com o objetivo de verificar os possíveis pontos de ocorrência dessas incisões, estas foram confirmadas em *lócus* através dos trabalhos de campo que nortearam a localização, identificação e monitoramento das incisões encontradas no sítio urbano de Iranduba-AM, cujo resultado possibilitou a geração de dados morfométricos, assim como a descrição dos impactos ambientais gerados a partir dessas feições erosivas.

Conforme descrito anteriormente, ao encontrar as áreas degradadas por voçorocas, foi realizado um maior detalhamento das características do local. Essas informações vêm compor o banco de dados sobre as voçorocas e suas respectivas áreas de ocorrência, assim como os danos ambientais e socioeconômicos.

### **3.4. Monitoramento das feições erosivas do tipo voçoroca encontradas na cidade de Iranduba/AM**

No que tange ao acompanhamento, as voçorocas foram monitoradas por meio dos trabalhos de campos, (no total foram realizadas quatro visitas à cidade de Iranduba, sendo a primeira para reconhecimento da área, a segunda para cadastramento, monitoramento das incisões e levantamentos de dados documentais nas repartições públicas do município e as duas últimas visitas para realizar monitoramento).

Para compilar as informações referentes à morfometria e aspectos gerais foram utilizadas fichas cadastrais (**Figura 5**) que permitiram registrar dados referentes ao cadastramento, à localização, coordenadas, os dados métricos, as características geológica, geomorfológica, histórico de ocorrência, uso e ocupação - a montante e a jusante -, danos ambientais e materiais entre outras informações; também foi feito uso de GPS (Sistema de Posicionamento Global), bússola, trena, e Veículos Aéreo Não Tripulado (VANT). Todos os equipamentos utilizados nessa pesquisa são de propriedade do Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos – LATOSSOLO/DEGEO/UFAM, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFAM.

Destaca-se que o monitoramento tem como objetivo determinar as taxas de erosão das voçorocas e com isso fazer previsões de risco conforme a metodologia adotada por Tavares *et al.* (2010), que fez a descrição de quatro níveis de risco, sendo o risco imediato, risco em curto prazo, risco a médio prazo e risco a longo prazo **quadro 9**.

Figura 5 - Modelo da ficha de cadastro das voçorocas

<b>VOÇOROCAS NA ÁREA URBANA DE IRANDUBA</b>						
<b>FICHA DE CADASTRAMENTO</b>						
<b>DATA DO 1º CADASTRAMENTO:</b>						
<b>1. LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DA VOÇOROCA:</b>						Nº
<b>ACESSO:</b>						
<b>BAIRRO:</b>			<b>ZONA:</b>			
<b>2. COORDENADAS:</b>						
<b>GPS.:</b>						
<b>3. DADOS DA VOÇOROCA</b>						
<b>DATAS DOS MONITORAMENTOS</b>	<b>1º cad.</b>	<b>2º cad.</b>	<b>3º cad.</b>	<b>4º cad.</b>	<b>5º cad.</b>	<b>6º cad.</b>
<b>COMP. (m):</b>						
<b>LARG. (m):</b>						
<b>PROF. (m):</b>						
<b>DIST. DA PISTA (m)</b>						
<b>ÁREA:</b>	<b>VOLUME:</b>			<b>DIREÇÃO:</b>		
<b>TIPO:</b>	<b>FORMA:</b>			<b>TAMANHO:</b>		
<b>4. GEOLOGIA:</b>						
<b>5. GEOMORFOLOGIA:</b>						
<input type="checkbox"/> PLATÔ		<input type="checkbox"/> BAIXIO			<input type="checkbox"/> ENCOSTA	
<b>CARACTERÍSTICAS DA ENCOSTA</b>						
<input type="checkbox"/> ENCOSTA SUPERIOR		<input type="checkbox"/> ENCOSTA MEDIANA			<input type="checkbox"/> ENCOSTA INFERIOR	
<b>FORMA:</b>		<b>COMPRIMENTO:</b>			<b>DECLIVIDADE:</b>	
<b>6. SOLO:</b>						
<input type="checkbox"/> INALTERADO		<input type="checkbox"/> ALTERADO		<input type="checkbox"/> COMPACTADO		<input type="checkbox"/> CROSTAS
<input type="checkbox"/> LATOSSOLO		<input type="checkbox"/> ESPODOSSOLO		<input type="checkbox"/> ARGISSOLO		<input type="checkbox"/> ATERRO
<b>7. HISTÓRICO DA OCORRÊNCIA</b>						
<b>8. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A MONTANTE</b>						
<b>9. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A JUSANTE</b>						
<b>10. DANOS MATERIAIS</b>						
<b>11. DANOS AMBIENTAIS</b>						
<b>12. MEDIDA DE CONTENÇÃO ADOTADA</b>						
<b>13. PREVISÃO DE EVOLUÇÃO</b>						
<b>14. OBSERVAÇÕES GERAIS</b>						

Fonte: Vieira, (2008).

**Quadro 8** - Escala de risco

Nível	Intervalo (m)	Descrição	Meses
01	0 - 3 m	Risco imediato	0 - 6 meses
02	3 - 6 m	Risco a curto prazo	6 - 15 meses
03	6 - 15 m	Risco a médio prazo	15 - 36 meses
04	> 15 m	Risco a longo prazo	> 36 meses

**Fonte:** Tavares *et al.* (2010).

No que se refere ao tamanho das voçorocas sua classificação teve como base a metodologia elaborada por Vieira (2008), que categorizou as voçorocas, com base no volume erodido, em cinco classes: muito pequena, pequena, média, grande e muito grande conforme **quadro 10**.

**Quadro 9** - classificação das voçorocas por tamanho (m<sup>3</sup>)

Ordem	Volume	Tamanho
01	Até 999 m <sup>3</sup>	Muito pequena
02	De 1.000 m <sup>3</sup> até 9.999 m <sup>3</sup>	Pequena
03	De 10.000 m <sup>3</sup> até 19.999 m <sup>3</sup>	Média
04	De 20.000 m <sup>3</sup> até 40.000 m <sup>3</sup>	Grande
05	Mais 40.000 m <sup>3</sup>	Muito grande

**Fonte:** Vieira, (2008)

Durante os campos foram levantados os dados métricos das incisões (comprimento, largura, profundidade e a partir desses foram calculada a área e volume erodidos). Ainda durante os campos foram verificadas as informações referentes à forma, ao tipo, à direção de evolução e sobre as encostas (comprimento, forma e declividade).

Também se investigou feições secundárias existentes no interior e no entorno da incisão, tais como os filetes, marmitas e alcovas. Quanto à área de ocorrência da incisão, buscou-se descrever o interflúvio, a encosta e o fundo do vale, destacando o uso e ocupação à montante e jusante, danos ambientais e materiais, entre outras características.

A atualização dos dados de monitoramento foi realizada a cada semestre, o que permitiu, ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, obter dois monitoramentos. Tal fato, ajuda na elaboração de uma análise mais detalhada acerca da evolução das feições erosivas monitoradas.

Em posse dos dados dos dois monitoramentos, realizou-se o cálculo da taxa de crescimento mensal em área (TCA) dada pela subtração da área maior (AM) pela área menor (AN) dividida pelo tempo de monitoramento, o resultado dessa equação é a taxa mensal de erosão da voçoroca em m<sup>2</sup>, conforme expresso na fórmula abaixo:

$$TCA = \frac{(AM - AN)}{TM}$$

Onde:

*TCA*, refere-se à Taxa de Crescimento em Área.

*AM*, área Maior (obtida no último monitoramento).

*AN*, área menor (obtida no monitoramento anterior).

*TM*, tempo de Monitoramento (tempo decorrido entre os monitoramentos).

Além da taxa de crescimento por área, foi calculada a taxa de crescimento mensal das incisões em volume (TCV), dado a partir da subtração do volume maior (VM) pelo volume menor (VN) dividido pelo tempo entre os monitoramentos.

$$TCV = \frac{(VM - VN)}{TM}$$

Onde:

*TCV*- Taxa de Crescimento em Volume.

*VM*- Volume Maior (obtido no segundo monitoramento).

*VN*- Volume Menor (obtido no primeiro monitoramento)

*TM*- Tempo de Monitoramento (tempo decorrido entre os monitoramentos)

A Taxa de Crescimento Linear (TCL) das voçorocas, que ainda não chegaram até a pista, foi feita a partir da subtração da distância da cabeceira da voçoroca, em relação à pista, no primeiro monitoramento (DP) menos a distância no segundo monitoramento (DS), dividido pelo número de meses entre os monitoramentos (TM).



$$TCL = \frac{(DP - DS)}{TM}$$

Onde:

*TCL*- Tempo de Crescimento Linear.

*DP*- Distancia obtida no primeiro monitoramento.

*DS*- Distancia obtida no segundo monitoramento.

*TM*- Tempo de Monitoramento (tempo decorrido entre os monitoramentos).

Para as voçorocas, que ainda não chegaram até à pista, também foi calculado o tempo que estas levarão para atingir o arruamento e com base nesse tempo foi determinada a previsão de risco (PR).

O cálculo foi feito com base na distância da cabeceira da voçoroca para a pista no segundo monitoramento (DS) dividido pela taxa de crescimento Linear (TCL), o resultado será quantidade de meses que a voçoroca vai levar para atingir à pista.

$$PR = \frac{DS}{TCL}$$

Onde:

*PR*- Previsão de Risco (tempo que a incisão levará até chegar à pista).

*DS*- Distancia obtida no segundo monitoramento.

*TCL*- Taxa de crescimento Linear (crescimento linear da voçoroca entre os monitoramentos).

Com base no resultado, verifica-se no quadro (9) elaborada por Tavares *et al.* (2010) o risco erosivo.

Utilizando os valores referentes à área, foi feito o cálculo para saber a cifra pecuniária perdida, por conta da erosão provocada pelas seis incisões. Para tanto, foi feita uma pesquisa em sites de vendas de imóveis ([www.olx.com.br/imoveis](http://www.olx.com.br/imoveis)) onde se obteve o valor médio do metro quadrado (m<sup>2</sup>) em Iranduba-AM, R\$ 181,33, (Cento e oitenta e um reais e trinta e três centavos), visto que a prefeitura de Iranduba e as secretarias não disponibilizam os dados via internet e os órgãos do município estavam fechados por conta da pandemia.

Também foi traçado, com base em imagens de satélite, o perfil topográfico das vertentes, onde estão localizadas as voçorocas, com objetivo de identificar as formas, declividade e comprimento das encostas, a fim de correlacioná-las aos processos erosivos.

Outro dado verificado foi à área de influência de cada uma das seis incisões. Essa observação deu-se a partir da definição do raio de cada voçoroca calculada através da seguinte equação: área (A) =  $\pi \times r^2$  (**figura 5**). Encontrado o raio, define-se, por meio do geoprocessamento a área de abrangência que é acrescida da porção já erodida.

$$A = \pi \times r^2$$

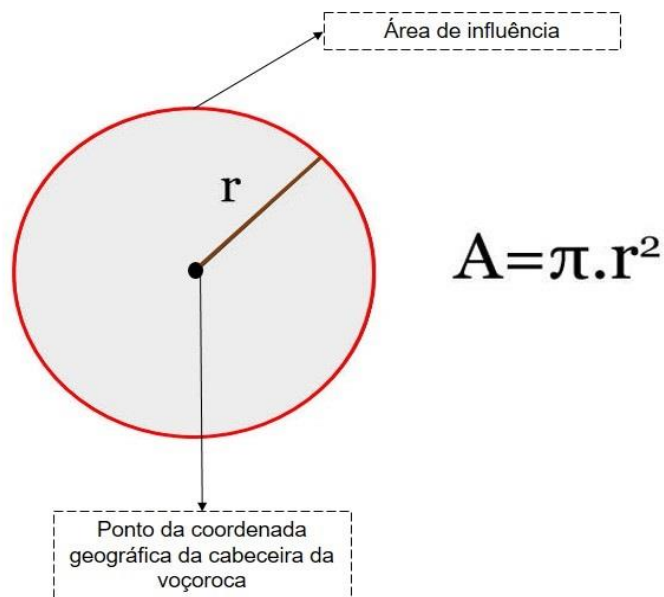
Onde:

A- Área (área de incisão).

R- Raio.

$\pi$ - 3,14.

**Figura 5** - Cálculo da área de influência das voçorocas



Org.: Ilbson Silva, (2020).

Com o intuito de obter melhores resultados acerca da evolução das voçorocas, foi utilizado, durante os monitoramentos, o Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), o qual se mostrou eficaz no acompanhamento das feições erosivas encontradas, pois viabilizou o monitoramento das áreas de difícil acesso em decorrência da vegetação e/ou declividade. O modelo do veículo aéreo utilizado na pesquisa é o *Phantom 4* (**Figura 6**) que permite gravar vídeos e imagens de alta resolução georeferenciadas. Assim, foi feito um plano de voo para cada uma das seis incisões monitoradas.

O plano de voo da Voçoroca 1 teve como tipo de grid o Double Grid for 3D model; o tempo de duração do voo foi de 8min32s, cobriu uma área de 192 m de comprimento e 139 m de largura a uma altitude de 50 metros; o Groud Sample Distance (GSD), em português distância da amostra do solo, é 2.33 cm/aproximadamente, o que significa dizer que esse valor é o tamanho de cada pixel da imagem; as características do plano de voo da Voçoroca 2 são: grid Double Grid for 3D model, o tempo de voo foi de 9min59s, abrangeu área de 185 m de comprimento por 147 m de largura a altitude de 50 metros e o GSD foi 2.33 cm/aproximadamente.

Já os dados do plano de voo da voçoroca 3 foram: grid Double grid for 3D model, o tempo de voo foi de 7 min, abarcou uma área de 132 metros de largura por 145 metros de comprimento; a altitude do voo foi de 50 metros, o GDS de 2.33cm/aprox.; o plano de voo da voçoroca 4 teve como tipo de grid o Double Grid for 3D model, o tempo de voo foi de 9min33s, cobriu uma área de 177 metros de comprimento por 160 de largura, a altitude do voo de monitoramento foi de 50 metros, o GSD de 2.33 cm/aprox.

Os dados de voo da Voçoroca 5 são: grid Double Grid for 3D model, o tempo de voo foi de 12min16s, abrangeu uma área de 177m x 222 m, a altitude do voo foi de 50 metros, o GDS de 2.33 cm/aprox.; para a Voçoroca 6, o tipo de grid escolhido foi o Double Grid for 3D model, voo teve duração de 13 min 45s, foi feito a uma altitude de 50 m e a área coberta foi de 241 x 206 m; o Groud Sample Distance (GSD), foi , 2.33 cm/aprox.

**Figura 6** - Foto do Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)



Fonte: Gabriela Silva, (2019).

Os planos de voos foram feitos por meio de dois aplicativos o *DJI GO 4*, neste são inseridas algumas informações técnicas do equipamento, como velocidade, inclinação da câmera, etc.

O *Pix4D capture* utilizado para definir o plano de voo prévio da área que se deseja monitorar, nesse são registrados dados referentes à altitude, tipo de *grid*, tempo de voo, tamanho da área a ser sobrevoada, entre outros aspectos. Ambos os *softwares* podem ser instalados em celular (Android e iOS) ou *tablet* de forma gratuita.

Como não existe uma metodologia específica de uso das imagens de VANT, seguiu-se inicialmente os mesmos procedimentos usados no tratamento de imagens de satélite. Para isso, fez-se uso do *software ArgiSoft MetaShape*, disponível no Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

A partir do tratamento das imagens, foram elaborados o Modelo Digital de Superfície (MDS) e imagens Ortomosaico de cinco das seis voçorocas monitoradas no sítio urbano de Iranduba.

Como o VANT possui GPS, o ponto registrado no primeiro momento, foram utilizados nos monitoramentos seguintes. Destaca-se que os pontos de registros terão sempre a mesma altitude, com o propósito de comparar as alterações morfométricas ocorridas durante o período de monitoramento.

### 3.4. Elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental à erosão do sítio urbano de Iranduba-AM

Em ambiente de SIG (Sistema de Informação Geográfica) consideradas as características fisiográficas que contribuem para o aparecimento de áreas com vulnerabilidade ambiental a erosão, foram adotados os seguintes dados cartográficos: mapa de declividade e mapa da dinâmica da cobertura do solo, este último tem como recorte temporal o período entre 2010 e 2019, e as fontes adotadas foram as imagens de satélite *landsat 5 e 8* e para a elaboração do mapa de declividade foi utilizado o satélite ALOS PALSAR.

O satélite ALOS (Advanced Land Observing) lançado em 24 de janeiro de 2006 pela Japan Aerospace Exploration Agency – JAXA, no centro espacial de Tanegashima (Japão). A ele foram incorporadas características necessárias aos satélites mais modernos, de alta resolução. Entrou na fase operacional e fornecimento de dados ao público em 24 de outubro de 2006 e deixou de operar em 2011 (**Quadro 11**).

O sensor utilizado é o Palsar, um radar de abertura sintética que opera na Banda L, capaz de obter imagens diurnas ou noturnas e em quaisquer condições atmosféricas. Foi desenvolvido pela Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) em parceria com a Japan Resources Observation System Organization (JAROS) e derivou-se da tecnologia que esteve a bordo do satélite JERS-1.

Segundo Novo (2010), o Palsar representa um avanço, pois permite resoluções espaciais mais fina no modo de operação normal, além de possuir o modo de operação ScanSar que permite a aquisição de imagem com largura de faixa de 230 Km a 350 Km. As características do radar Palsar estão descritas no (**Quadro 12**).

**Quadro 10** - Característica do satélite ALOS

<b>Características do satélite ALOS</b>	
Instrumento/Sensor	ALOS – Daichi
Operadora/Instituição Responsável	Japan Aerospace Exploration Agency – JAXA
País	Japão
Situação Atual	Desativado em 2011
Lançamento	24/01/2006

Altitude	691,65 km
Inclinação	98,16°
Órbita	Heliossíncrona
Faixa Imageada	185 Km
Tempo de Duração da Órbita	98,07 min
Horário da Passagem	10:30 A.M.
Período de Revisita	46 dias
Resolução Espacial	12 m
Instrumentos Sensores	PRISM, AVNIR-2 e PALSAR

Fonte: EMBRAPA (2019). Org.: Ilbson Silva, (2019).

**Quadro 11** - Característica do Sensor PAUSAR

Características do Sensor PALSAR				
Modo	Faixa estreita	ScanSAR		Polarimétrico Experimental
Frequência	1, 270 MHz			
Polarização	HH ou VV	HH+HV ou VV+VH	HH ou VV	HH+HV+VH+VV
Ângulo de incidência	8 a 60 graus	8 a 60 graus	18 a 43 graus	8 a 30 graus
Resolução ou ranger	7 a 44 m	14 a 88 m	100 m	24 a 89 m
Largura da faixa imageada	40 a 70 Km	40 a 70 Km	250 a 350 Km	20 a 65 Km

Fonte: NOVO (2010), Org.: Ilbson Silva, (2019).

A partir do cruzamento dos dados foi desenvolvido o mapa de vulnerabilidade ambiental à erosão do sítio urbano de Iranduba-AM, em que se definiu, a partir de três classes, o grau de vulnerabilidade de cada porção das áreas supracitadas (**Figura 8**).

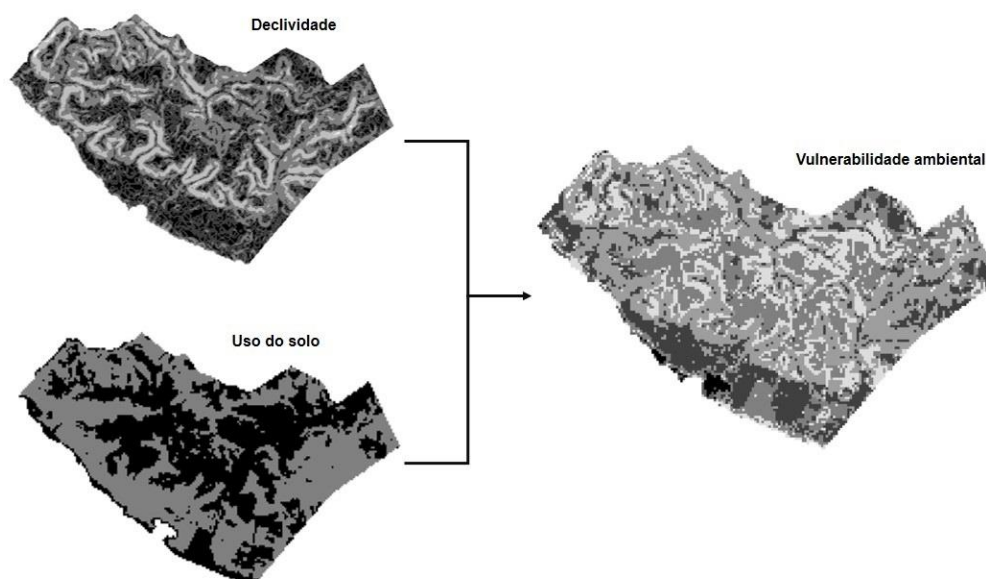
A metodologia utilizada para o cruzamento dos dois mapas foi baseada no trabalho de Crepani *et al.* (2001), que descreve como componente temático o mapa geológico, geomorfológico, pedológico e cobertura vegetal (uso do solo), cada característica representa um fator de vulnerabilidade.

Contudo, em decorrência da conjuntura atual e características da área de estudo, tal como o tamanho, optou-se por adaptar a metodologia do autor supramencionado, dando enfoque para dois indicadores: a declividade (geomorfologia) e a cobertura do solo.

O índice de vulnerabilidade à erosão, pensado por Crepani *et al.* (2001), é uma proposta metodológica para a gestão territorial, pois é uma ferramenta que possibilita, através de uma base de dados acessíveis definir o grau de vulnerabilidade ambiental à erosão de uma determinada área.

A base de dados para o desenvolvimento do estudo compreendeu: mapa de declividade e mapa de uso do solo (vegetação). O procedimento metodológico de obtenção dos índices para a suscetibilidade à erosão de cada fator foi elaborado no Sistema de Informação Geográfica (SIG).

**Figura 7** - Modelo de elaboração do mapa de vulnerabilidade



**Org.:** Ilbson Silva, (2020).

### 3.4.1. Fator Geomorfológico

Para avaliação do índice de vulnerabilidade à erosão para o fator geomorfológico foi necessário analisar a declividade. Com esse propósito, foi elaborado o mapa de declividade, o qual foi organizado em cinco classes, dadas em percentual, para cada uma dessas classes foi conferido um valor que oscilou de um a três (**quadro 13**).

**Quadro 12** - Declividade e valores atribuídos a cada classe de declividade

<b>Declividade (Percentual %)</b>	<b>Valores</b>
0 – 3 Muito baixa	1, 0
3 – 8 Baixa	1,5
8 – 20 Média	2,0
20 – 45 Alta	2,5
45 – 75 Muito alta	3,0

**Org.:** Ilbson Silva, (2020)

#### 3.4.2. Fator cobertura do solo.

A cobertura do solo pela vegetação é um fator de proteção contra os processos morfogenéticos que se traduzem na forma de erosão. A densidade da cobertura vegetal vem sendo usada na interpretação de imagem de satélite para definir a ocupação da terra, a fim de atribuir o grau de vulnerabilidade a erosão.

Desta forma, levando em consideração a cobertura do solo foram elaboradas três classes (corpo hídrico, vegetação e área urbana/solo exposto), para cada uma delas foi atribuído um valor que varia entre 1,0 e 3,0.

Assim, para a área urbanizada foi atribuído índice 3,0 (valor máximo de vulnerabilidade a erosão), para às áreas com vegetação foi atribuído índice 2,0, por fim o fator hidrografia que recebeu o menor valor de vulnerabilidade (1,0), conforme **quadro 14**.

**Quadro 13** - Classes e valores do mapa de uso do solo

<b>Classes</b>	<b>Valores dado para cada classe</b>
Corpos Hídricos	1, 0
Floresta (vegetação)	2,0
Área urbanizada/solo exposto	3,0

**Org.:** Ilbson Silva, (2020).



A partir das definições dos valores e classes elaborados para os mapas de declividade e uso do solo, fez-se a elaboração do mapa de vulnerabilidade a erosão, cujos graus foram pensados levando em consideração o potencial de risco à erosão, são três níveis: baixo, médio e alto.

Também foi necessário atribuir um valor para cada mapa (cobertura do solo e declividade). Deste modo, para mapa da dinâmica da cobertura do solo foi dado peso (2,0) e para o de declividade foi atribuído nota máxima (3,0) por entender que a declividade é o principal elemento na ocorrência de degradação ambiental ligada a erosão.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Descrição dos aspectos físico-naturais do sítio urbano de Iranduba-AM

A partir da análise do material cartográfico, como: mapa hipsométrico sem curvas de nível, mapa hipsométrico com curva de nível, mapa de declividade e o Modelo Digital de Superfície (MDS) das voçorocas, foi possível descrever de forma mais detalhada as características físico-naturais da área de estudo.

No mapa de hipsometria, do sítio urbano de Iranduba, observou-se que a altitude do terreno não ultrapassa os 60 metros. Constatou-se, também, que a área urbana se estende em sua maior parte sobre um platô irregular (forma) com altimetria predominante em torno de 40 e 45 metros, recortado por pequenas bacias encaixadas, que formam em sua borda, encostas com declividades que variam de 0 a 45%, tendo poucos pontos que ultrapassam os 45% (**Mapa 9**).

Ainda de acordo com os dados do mapa supracitado foi verificado que a classe de altitude predominante, na cidade de Iranduba-AM é a de 35 a 43 metros com um área de 3,784 Km<sup>2</sup> o que representa 29,26% da área total do sítio urbano (12,931 Km<sup>2</sup>); seguido da classe de 1 a 13 m (área 2,946 km<sup>2</sup>) que é responsável por 22,78% da área em questão; a classe de 25 a 35 m abrange 2,645 km<sup>2</sup> o equivalente a 20,45%; a quinta classe, de 13 a 25 m, corresponde a 2,263 Km<sup>2</sup> (17,50%); também há uma pequena extensão que tem mais de 43 m que soma 1,293 Km<sup>2</sup> (9,99%) (**Quadro 15**).

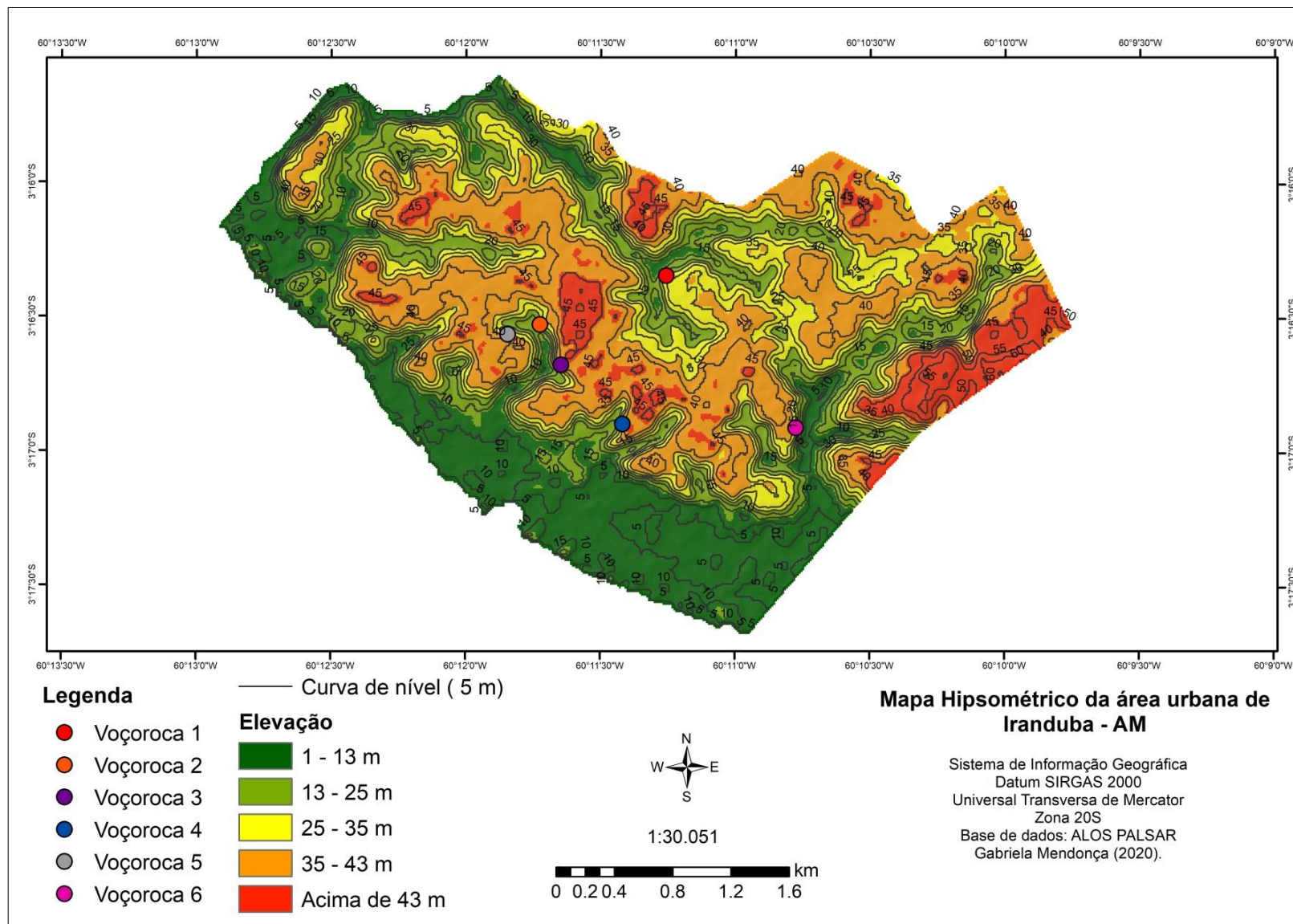
**Quadro 14** - Tamanho da área abrangida por cada classe do mapa hipsométrico

Classes	Área em Km <sup>2</sup>	Área em percentual %
1 a 13 m	2,946 Km <sup>2</sup>	22,78 %
13 a 25 m	2,263 Km <sup>2</sup>	17,50 %
25 a 35m	2,645 Km <sup>2</sup>	20,45%
35 a 43 m	3,784 Km <sup>2</sup>	29,26%
Acima de 43 m	1,293Km <sup>2</sup>	9,99%
Valor total	12,931 Km <sup>2</sup>	99,98

Org.: Ilbson Silva, (2020).

Outro dado verificado a partir do mapa hipsométrico é que as voçorocas estão localizadas nas áreas com altimetria entre 25 a 40 metros. Ao analisar o mapa de altitude, juntamente com as observações em campo, percebeu-se que as características geomorfológicas em todo o sítio urbano são parecidas e o padrão de ocupação é o mesmo, ocorrendo do centro do platô em direção à encosta.

**Mapa 9 - Mapa Hipsométrico do sítio urbano de Iranduba/AM**



Isso traz um alerta, pois as áreas que ainda não foram ocupadas, e que apresentam as mesmas características daquelas com voçorocas, podem, também, apresentar vulnerabilidade ambiental à erosão. Tal fato pode cooperar para ocorrência de voçorocamentos e conseqüentemente constituir-se como uma área degradada por esse tipo de incisão e, por fim, como uma área de risco (caso a área do entorno da incisão passe a ser ocupada por moradias).

O mapa de declividade (**Mapa 10**), também, se consolidou como importante elemento na análise do quadro natural da porção estudada. Este oportunizou observar que todas as voçorocas estão localizadas em encostas com declividade entre 25% a 45 % sendo o relevo considerado de declividade alta.

Enfatiza-se que as áreas com declividade acima 45% existentes na cidade de Iranduba são pontuais, pequenas e não estão ocupadas pela urbanização, talvez, por isso, não tenham sofrido com a ocorrência de voçorocas ou outros processos erosivos.

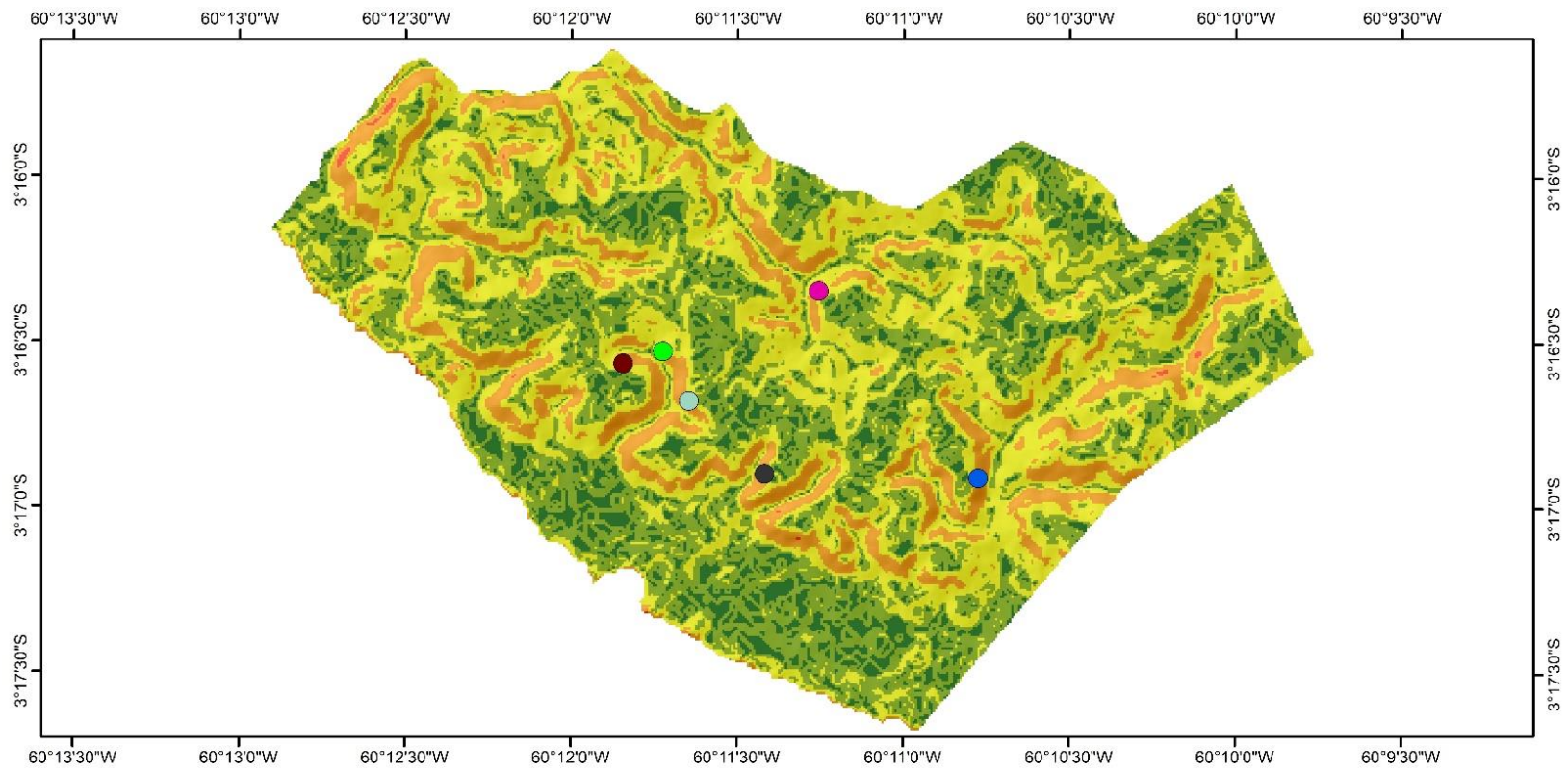
Ainda com base no mapa de declividade, foram destacadas cinco classes, ficando evidente que a classe predominante é a alta com declividade de 20 a 45% é representa uma área de 3,805 Km<sup>2</sup> (31,37% da área total); seguida da muito baixa, cuja declividade é 0 a 3%, e ocupa uma extensão de 2,946 Km<sup>2</sup> (24,28%); a baixa (declividade de 3% a 8 %) corresponde a 2,461 Km<sup>2</sup> (20,9%); a classe média (declividade de 8% a 20%) que abrange uma área de 2,447 Km<sup>2</sup> (20,17%) e por fim a muito alta (declividade de 45% a 75 %) que abarca uma área de 0,470 Km<sup>2</sup> o que equivale a 3,8 % de toda área do sítio urbano da cidade em questão (**quadro 16**).

**Quadro 15** - Área e classe de declividade do sítio urbano de Iranduba

Classes	Área em Km <sup>2</sup>	Área em percentual %
Muito baixa 0 a 3%	2,946 Km <sup>2</sup>	24,28%
Baixa 3 a 8%	2,461 Km <sup>2</sup>	20,29%
Média 8 a 20 %	2,447 Km <sup>2</sup>	20,17%
Alta 20 a 45 %	3,805 Km <sup>2</sup>	31,37%
Muito alta 45 a 75%	0,470 Km <sup>2</sup>	3,8%

Org.: Ilbson Silva, (2020).

Mapa 10 - Mapa de declividade do sítio urbano de Iranduba/AM



**LEGENDA**

**Voçorocas**

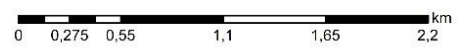
- 01
- 02
- 03
- 04
- 05
- 06

**Classes de declividade**

- 0 a 3: Muito baixa
- 3 a 8%: Baixa
- 8 a 20%: Média
- 20 a 45%: Alta
- > 45%: Muito Alta



1:29.425



**Classes de declividade do sítio urbano de Iranduba- AM**

Sistema de Informação Geográfica  
Datum SIRGAS 2000  
Universal Transversa de Mercator  
Zona 20S  
Base de dados; Adpatado da EMBRAPA (2018)  
Elab.: Ibson Nascimento; Gabriela Mendonça (2020).

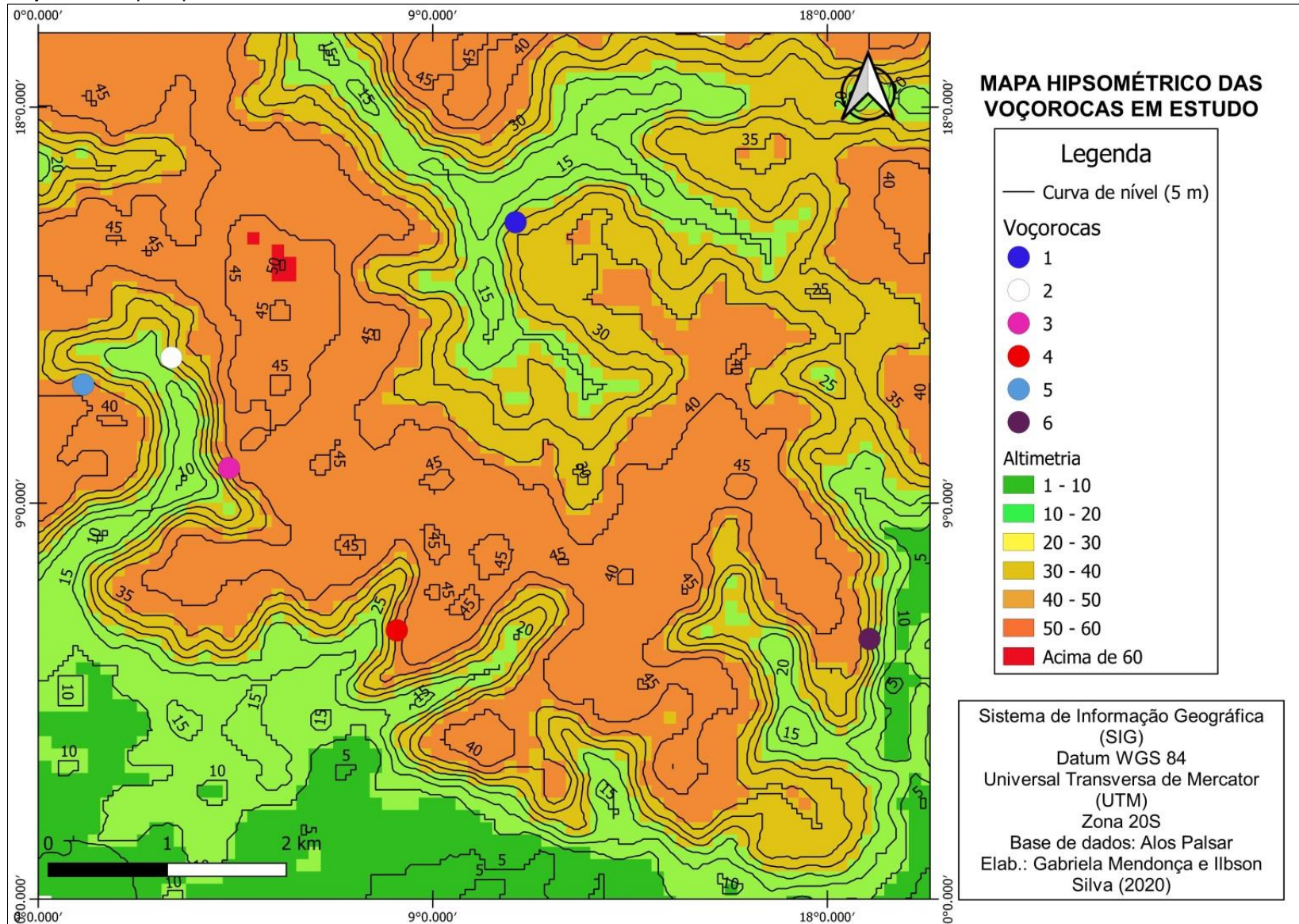
O relevo com alta declividade representa a maior área dentro da cidade de Iranduba, quando comparado a outras classes, sendo nele que se verifica o maior número de ocorrência das voçorocas. Tal fato, nos leva a confirmação de que a declividade é um elemento geomorfológico importante no desenvolvimento desse tipo de incisão, assim como outros aspectos naturais, além do fator antrópico relacionado ao uso do solo.

Outros dados referentes ao quadro natural da cidade de Iranduba foram observados através do mapa hipsométrico com curva de nível com equidistância entre as linhas de 5 metros. Neste, foi possível constatar que a cabeceira da voçoroca 1 encontra-se em cota altimétrica de 25 metros; a da voçoroca 2 em altimétrica de 30 metros; a da voçoroca 3 em altimétrica de 35 metros; as voçorocas 4, 5 e 6 estão com suas respectivas cabeceiras em cotas altimétricas entre 35 e 40 metros (**Mapa 11**).

A partir da localização das incisões, em relação à altitude, percebeu-se que elas estão espacializadas nas encostas. Como se trata de um platô, existe em toda a sua borda vertentes, cujas declividades estão correlacionadas a altimetria do terreno e sua relação com vale.

Portanto pode-se afirmar que quanto maior a altimetria do terreno, haverá mais possibilidade de formação de encostas com alta declividade na cidade de Iranduba-AM, visto que a formação de encosta tem estreita relação com a altimetria do terreno. A referida correlação altimetria e declividade ratifica o entendimento que esses dois fatores contribuem para erosão.

**Mapa 11** - Mapa hipsométrico com curva de nível do sítio urbano de Iranduba/AM

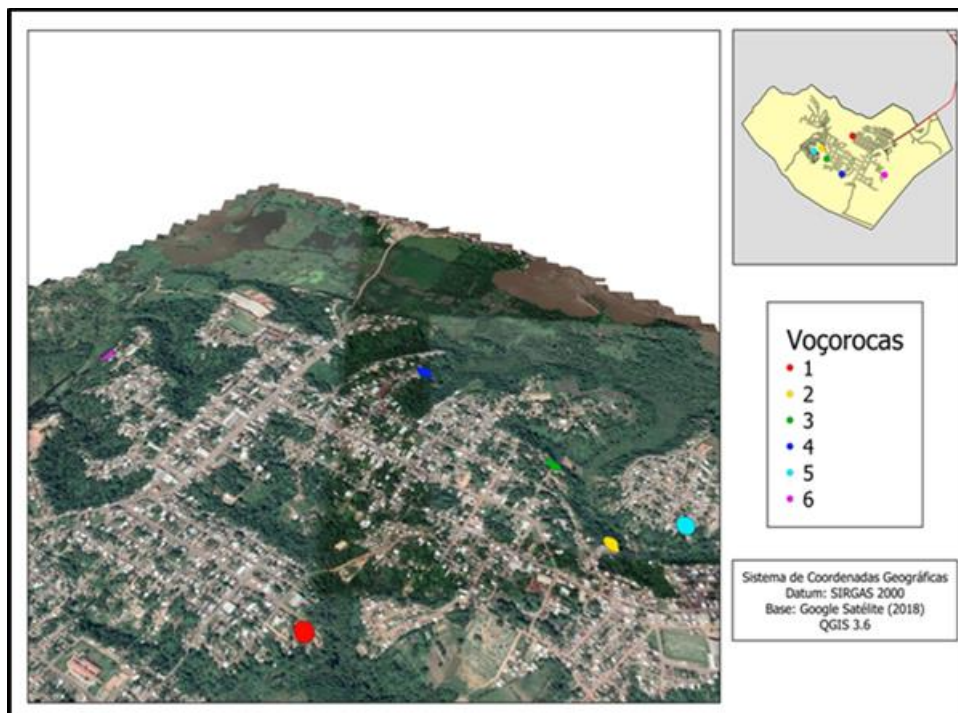


As características topográficas do terreno também foram observadas através do Modelo Digital de Elevação. Dessa forma, muitas informações referentes à topografia, aplicada neste estudo pode, atualmente, ser obtida a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE), adquiridos por sensores orbitais amplamente difundidos e disponibilizado para toda a América do Sul.

Apesar da limitação dos dados, há uma condição ideal de uso (escala, resolução e precisão) e sua disponibilidade associada à facilidade de obtenção e manipulação, torna a modelagem de tais bases uma alternativa viável na aplicação de método paramétrico para o estudo de terreno (VALERIANO, 2008).

A utilização do MDE recai principalmente sobre a obtenção de variáveis derivadas da altimetria (declividade é o exemplo mais frequente). Deste modo, observou-se algumas das características geomorfológicas do terreno. Através deste, reparou-se que os vales são bem encaixados e bastante dissecados o que denota a erosão intensa no decorrer do tempo geológico, confirmado através de uma vista panorâmica e localização das voçorocas de Iranduba-AM, onde se observa as características geomorfológicas supracitadas (**Figura 8**).

**Figura 7** - Vista panorâmica das voçorocas



Org.: Ilbson Silva, (2019).



## 4.2. Caracterização da dinâmica da cobertura do solo no período de 2010 a 2019

Para avaliação da dinâmica temporal da cobertura do solo no sítio urbano de Iranduba-AM, fez-se o mapa da cobertura do solo referente a última década, portanto, de 2010 a 2019, com o intuito de observar a evolução do crescimento na área supracitada. Dando ênfase a perda da cobertura vegetal, principalmente nas áreas de encosta, ao processo de crescimento da área urbana da cidade de Iranduba-AM e os impactos relacionado a essa expansão, como: assoreamento de canais, erosão em encostas, entre outros **(Mapa 12)**.

Ao analisar o mapa de cobertura do solo, percebe-se um crescimento da área construída dentro do sítio urbano de Iranduba. Esse aumento parece relativamente pequeno, todavia quando observamos a área total do sítio urbano, aproximadamente 12,103 Km<sup>2</sup>, essa expansão se torna mais expressiva.

No ano de 2010 a área urbana/solo exposto de Iranduba era de aproximadamente 4,274 Km<sup>2</sup> de extensão, a cobertura vegetal se mostrava superior a 7,857 Km<sup>2</sup> e a hidrografia apresentava um valor de 0,532 Km<sup>2</sup>. Entretanto, no ano de 2018, verifica-se uma mudança nos valores supramencionados, o perímetro urbano tem um aumento e passa a registrar 5,655 Km<sup>2</sup> de área, por outro lado os espaços recobertos por vegetação sofre recuo e passa a medir 6,536 km<sup>2</sup>, essa queda também é verificada nos valores da área hidrográfica que passa a registrar 0,471 Km<sup>2</sup> **(Quadro 17)**.

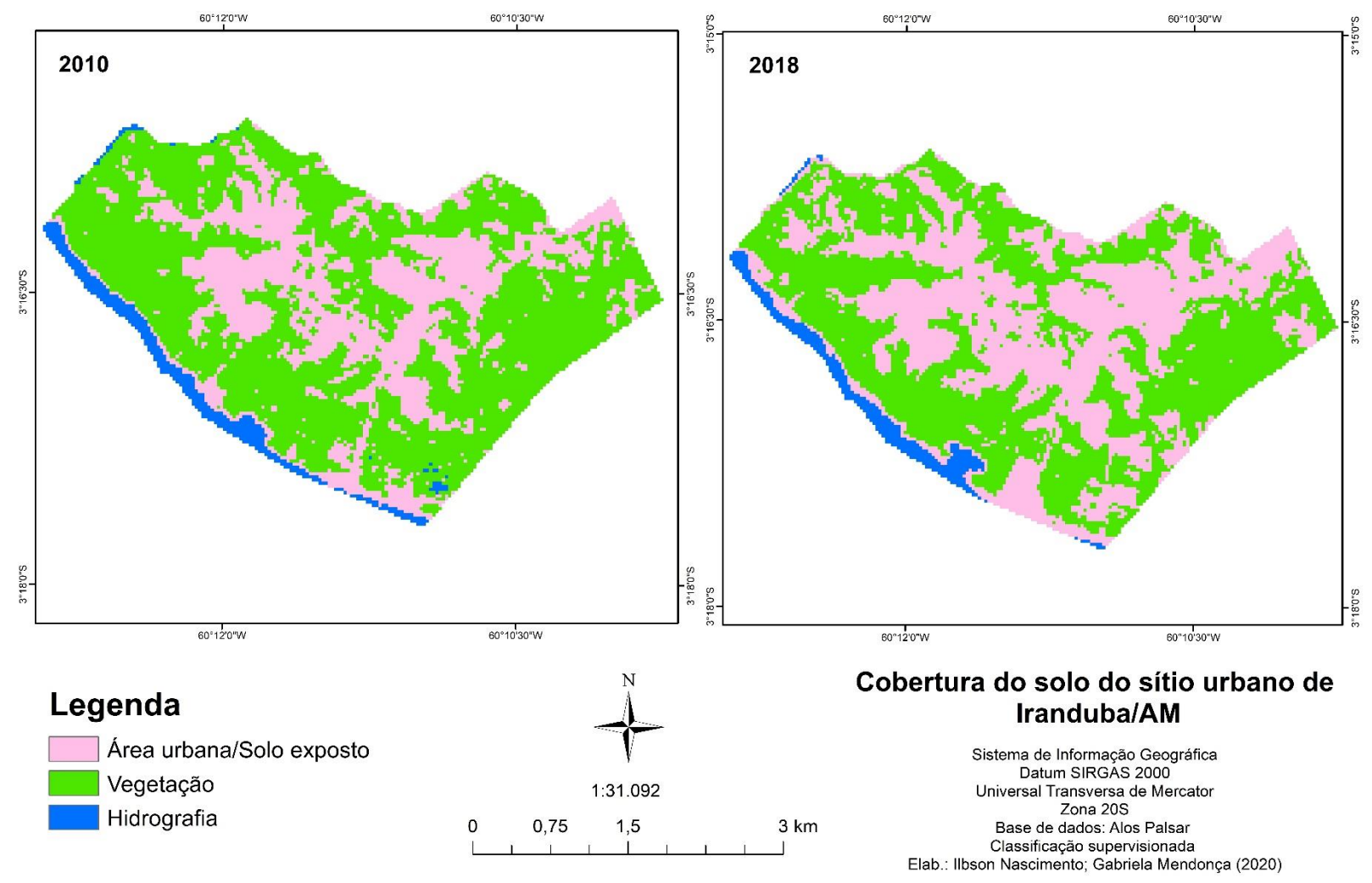
A redução da área hidrográfica está relacionada ao assoreamento de canais por deposição de sedimentos oriundos de processos erosivos. A perda de cobertura vegetal, por sua vez, está relacionada ao próprio crescimento urbano.

**Quadro 16** - Classes e valores referentes à cobertura do solo no sítio urbano de Iranduba/AM

Classes	Valores Km <sup>2</sup> (2010)	Valores Km <sup>2</sup> (2018)
Área urbana/solo exposto	4,274 Km <sup>2</sup>	5,655 Km <sup>2</sup>
Vegetação	7,857 Km <sup>2</sup>	6,536 Km <sup>2</sup>
Hidrografia	0,532 Km <sup>2</sup>	0,471 Km <sup>2</sup>

Org.: Ilbson Silva, (2020).

Mapa 12 - Evolução da cobertura do solo no sítio urbano de Iranduba-AM



Este crescimento ocorrido na última década (2010-2019), se deu em decorrências da consolidação de alguns projetos, como por exemplo, a construção da Ponte Jornalista *Phelippe Daou*, duplicação da Rodovia Manoel Urbano (AM-070), entre outros, que viabilizaram a maior circulação de pessoas, mercadorias e capitais.

No caso do sítio urbano de Iranduba, localizada em um platô irregular, a expansão urbana se deu em direção às encostas, o que pode avultar o aparecimento de erosão, cuja maior ocorrência dá-se nas encostas localizadas nas bordas do platô.

A voçoroca 05, que surge na década em questão, confirma a relação entre o crescimento do sítio urbano e o aumento de impactos ambientais relacionados à erosão.

O aumento da urbanização, no perímetro considerado urbano, se deu de forma desordenada e sem planejamento, contrariando as normas de ocupação delineadas pelo PDMI, que impõe restrições para a ocupação das áreas de encostas ou sujeitas alagamento, entre outras observações quanto ao quadro natural.

Enfatiza-se que apesar das diretrizes referentes ao uso e ocupação serem observadas nos documentos de planejamento, na prática, não há o cumprimento dessas normas estabelecidas, por exemplo, pelo plano diretor do município. Tal fato deixa evidente o distanciamento entre a norma (o que se tem de legislação vigente) e a forma (aquilo que acontece na prática), ou seja, as diretrizes estabelecidas no PDMI, Estatuto das Cidades e outros documentos não são cumpridas. Como exemplo, pode-se citar a ocupação das áreas de encosta acima de 30% que, segundo o plano diretor do município de Iranduba/AM, não deveriam ser ocupadas por nenhuma atividade.

Isso evidencia a necessidade de efetivação das normas de planejamento ambiental, consolidadas em leis, para diminuir impactos no meio ambiente, principalmente os relacionados à erosão do solo, assoreamento de cursos d'água, uma vez que se observa, em Iranduba, a redução da área hidrográfica, perda de solo entre outros problemas. Soma-se às questões ambientais os problemas de ordem social que poderiam ser minimizados, caso as leis vigentes, como as estabelecidas pelo plano diretor do município, fossem observadas e cumpridas.

### 4.3. Identificação e monitoramento das áreas da cidade de Iranduba que apresentam feições erosivas do tipo voçoroca

A partir da análise de imagens de satélite e trabalho de campo foram constatadas a existência de seis voçorocas no sítio urbano de Iranduba-AM. Todas essas incisões surgiram, possivelmente, em decorrência da ocupação de vertentes com declividade acentuada e da drenagem das águas pluviais e efluentes domésticos em direção à encosta. Essas feições erosivas têm comprometido o meio ambiente e as populações que vivem próximas a elas.

#### 4.3.1. Voçoroca 1.

A voçoroca 1, sob coordenada  $3^{\circ}16'20.7''\text{Lat.S}/60^{\circ}11'15.6''\text{ Long.W}$  (ponto na cabeceira), foi cadastrada em 15/05/2019 e está localizada no bairro Cidade Nova, Iranduba. O acesso a esta incisão pode ser realizado pela Rua Alton Furtado, uma das principais vias da cidade (**Figura 9**).

**Figura 9** - Localização da voçoroca 01.



Org.: Ilbson Silva, (2019).

No que se refere ao histórico de ocorrência, possivelmente a voçoroca surgiu a partir da drenagem de água pluvial a montante da pista. Essa área, a montante, é pavimentada e com canalização o que aumenta ainda mais a velocidade da vazão das águas pluviais contribuindo para o aparecimento de erosão e conseqüentemente para o surgimento dessa incisão.

Nessa porção da rua, há um centro de treinamento do Departamento Estadual de Trânsito do Amazonas (DETRAN-AM) onde são realizados os exames para obtenção de habilitação veicular.

A área (rua não pavimentada) onde se desenvolve essa incisão (**figura 10**) apresenta declividade de 25%, sendo o relevo considerado de declividade alta e no entorno há residências. A jusante da via, local onde está a voçoroca, não há nenhum tipo de pavimentação, porém existem casas e fundo de vale com vegetação.

**Figura 10** - Voçoroca 1, do tipo desconectada com forma linear (circunscrito de vermelho)



Fonte: Ilbson Silva, 2019. Em dia 15/05/2019.

Os danos materiais causados pelo voçorocamento, referem-se à perda de área e destruição de parte do arruamento (porção direita - separando as casas da via de acesso) e os danos ambientais estão relacionados à perda de solo, assoreamento do canal no fundo do vale, além da contaminação do solo, pois a incisão é utilizada pela população como depósito de resíduos domésticos.

Até o último monitoramento, realizado em Outubro de 2019, nenhuma medida de contenção havia sido adotada por parte do poder público local. Todavia os moradores do entorno, na tentativa equivocada de conter o avanço da incisão, continuam depositando o lixo doméstico no interior desta. Isso tem potencializado os problemas no local, pois pode trazer perdas à saúde dos moradores do entorno, visto que o lixo pode atrair ratos, baratas e ser foco de procriação de mosquitos, como o da dengue. **(figura 11).**

**Figura 11** - Voçoroca 1, com parte do seu canal preenchida com lixo doméstico (seta amarela)



**Fonte:** Ilbson Silva, 2019. Em dia 30/10/2019.

A incisão se encontra em lento processo de evolução, sendo as bordas os pontos mais ativos da mesma. Tal fato ocorre em função da drenagem da água oriunda de esgoto doméstico e da canalização das águas pluviais oriundas da pista pavimentada à montante.

No que concerne os dados métricos a voçoroca 1 apresenta 22 m de comprimento, 2,6 m de largura (área 57,2 m<sup>2</sup>) e profundidade de 1,5 metros (volume 85,8 m<sup>3</sup>), sendo considerada, como **muito pequena**, segundo classificação adotada nesse trabalho para definição do tamanho das incisões (VIEIRA,2008), pois apresenta volume erodido menor que 1.000 m<sup>3</sup>. Esses valores foram os mesmos observados no último monitoramento realizado em Outubro de 2019, portanto, não houve evolução dessa incisão.

Como a incisão se encontra na rua, esta é considerada como sendo de risco imediato, visto que já afeta a circulação e acesso às residências. Quanto à morfologia a mesma é do tipo desconectada, possui forma linear e direção de 123°N, localizada na encosta mediana com declividade, considerada alta, de 25%.

Para a voçoroca 01 não foi gerado o Modelo Digital de Superfície (MDS) e imagem Ortomosaico, pois os dados métricos (comprimento, largura e profundidade) e a vegetação no interior da incisão inviabilizaram a confecção desses produtos. Entretanto esses dois produtos cartográficos, foram feitos para as outras cinco incisões (voçorocas 2, 3, 4, 5 e 6).

#### 4.3.2. Voçoroca 2

A voçoroca 02 está localizada no bairro Morada do Sol e o acesso até a incisão é feito pela Rua Regina Abreu (**figura 12**). A coordenada geográfica dessa feição erosiva é 3°16'31.7" Lat. S / 60°11'43.7" Long. W (ponto na cabeceira) e seu monitoramento teve início no dia 15 de Maio de 2019 (data do cadastramento).

A voçoroca 2 apresentou no primeiro monitoramento 15 m de comprimento, 12 metros de largura (área de 180 m<sup>2</sup>) e 8 metros de profundidade (volume de 1.440 m<sup>3</sup>). Está incisão por se encontra na pista (Rua Regina Abreu) é classificada como sendo **risco imediato**.

Ressalta-se que em decorrência das dificuldades de acesso não foi possível aferir as dimensões métrica da incisão de forma precisa. Dessa forma, os valores, no primeiro campo, foram estimados.

Com base no volume erodido a feição em questão, no primeiro monitoramento, foi classificada como sendo **pequena**. Quanto à morfometria, a voçoroca é do tipo conectada, com forma retangular e direção 285°N.

**Figura 12** - Localização da voçoroca 02



Org.: Ilbson Silva, (2019).

A voçoroca 2 está localizada em encosta mediana seguindo até a parte inferior, sendo a declividade na cabeceira de 5% e na encosta 50% (média de 27,5%), esse percentual classifica o relevo como de alta declividade.

Na área próxima, ocorre o Latossolo Amarelo com intensa modificação, coberto por aterros (resto de construção, argila e areia). De acordo com o depoimento dos moradores, a incisão surgiu no ano de 2016, todavia não foi possível comprovar essa informação através das imagens de satélite.

Seu aparecimento está atrelado à drenagem de águas pluviais das ruas pavimentadas a montante, onde se observa ruas pavimentadas e imóveis de caráter residencial. A jusante tem-se fundo de vale com assoreamento do canal e há acúmulo de lixo na cabeceira da voçoroca (**figura 13**).



Os danos materiais perpassam pela perda de área e desvalorização dos imóveis localizados próximos a incisão. Já os danos ambientais estão ligados à perda de solo, assoreamento do canal localizado no fundo do vale, além da voçoroca ser utilizada para o despejo de lixo pela população que vive nas proximidades.

**Figura 13** - Voçoroca 2, com destaque para lixo na cabeceira (circunscrita em vermelho)



**Fonte:** Ilbson Silva, (2019). Em dia 10/11/2019.

No que se refere às medidas de contenção adotadas, os relatos dos moradores apontam para uma intervenção por parte do poder público municipal, realizada no primeiro trimestre de 2019.

A medida adotada foi o aterro da voçoroca, entretanto o problema ainda persiste e não foi possível constatar por imagem de satélite a referida medida de contenção, porém durante os trabalhos de campo se observou indícios dessa ação. Além da medida adotada, os domiciliados da área depositam resíduos domésticos no interior da incisão na tentativa de conter seu crescimento.

A partir do segundo trabalho de campo, realizado em novembro de 2019, foi possível mensurar de forma mais precisa, porém ainda com valores aproximados, os dados métricos da voçoroca. Nesse momento o VANT foi inserido como uma das ferramentas de monitoramento da incisão.

Além disso, o tratamento das imagens feitas pelo VANT gerou o Modelo Digital de Superfície e a imagem Ortomosaico. Estes produtos deixam mais evidentes as características, como altimetria e declividade, da área próxima as voçorocas (**figuras 14 e 15**).

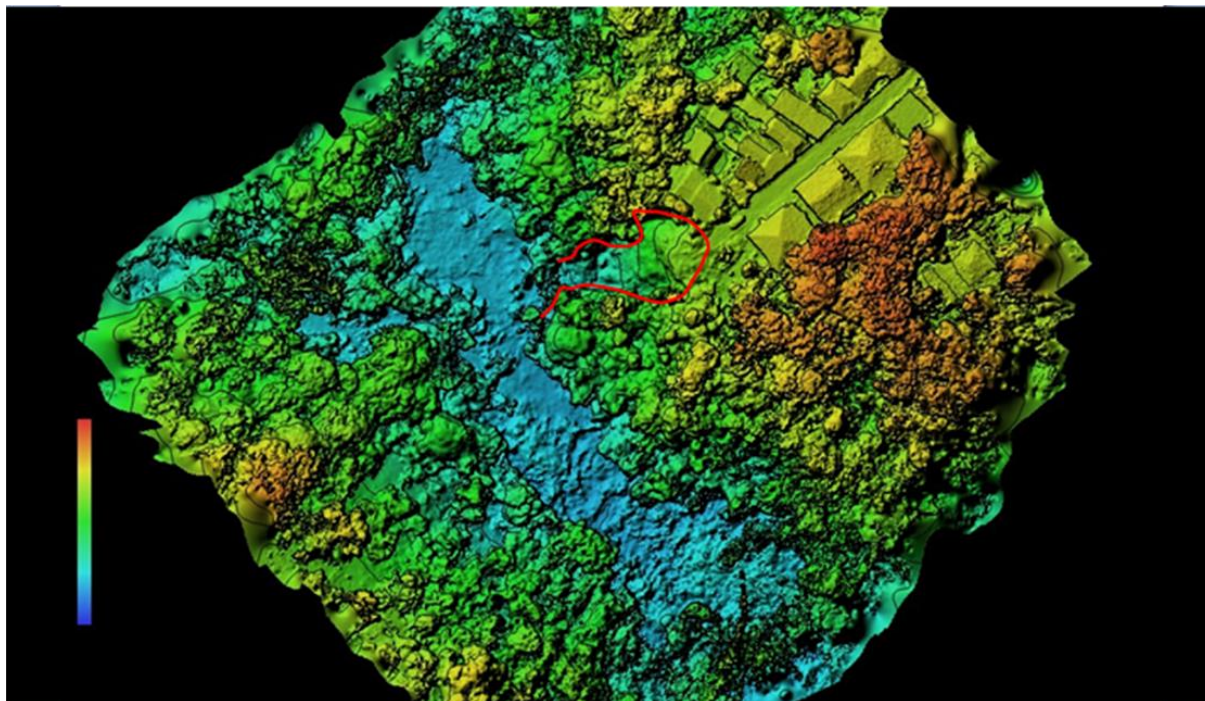
Através das imagens tratadas foi feita a atualização dos dados métricos da feição erosiva. O resultado mostra o crescimento da voçoroca que passou a apresentar 31 metros de comprimento, largura de 17,7 m (cabeceira), 15,6 m (meio) 11,8 m (fim) sendo a largura média 15,03 metros; e profundidade de 14,7 m.

As mudanças nos dados supramencionados trazem alteração na área da voçoroca que passou a medir 465,93 m<sup>2</sup>. Soma-se a isso, a alteração no volume erodido que atualmente registra 6.835 m<sup>3</sup>, tal fato não trouxe vicissitude para a classificação desta incisão que permanece como **pequena**. Como a voçoroca 2 se encontra na pista esta é considerada de **risco imediato**.

A partir da combinação dos dados do primeiro e segundo monitoramento foi calculada a taxa de crescimento em área e volume a cada mês. O resultado demonstra que o crescimento da área da voçoroca é de 46,65 m<sup>2</sup>/ mês e a taxa de crescimento do volume foi de 899,16 m<sup>3</sup>/mês.

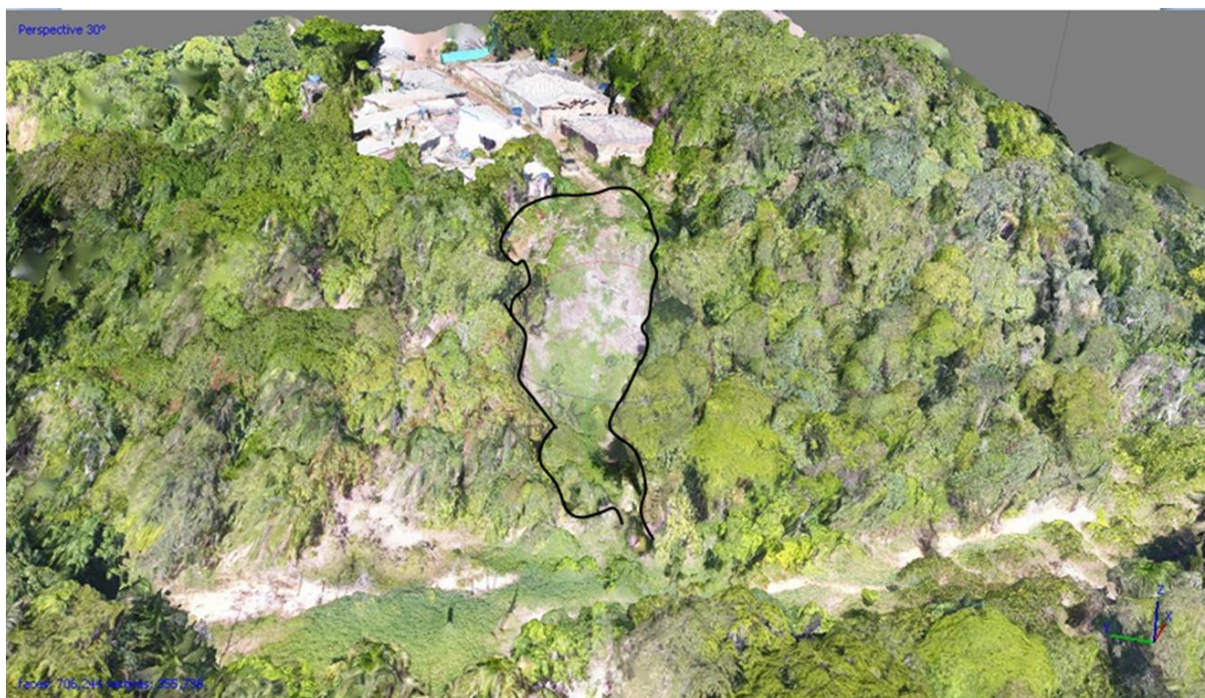
Todavia no primeiro monitoramento, por conta das dificuldades de acesso impostas pelo relevo e vegetação, os valores métricos de largura e comprimento foram estimados. Isso pode ter contribuído para que houvesse diferença acentuada entre os dados do primeiro e do segundo monitoramento. Dessa forma, os dados referentes à dimensão dessa voçoroca são aproximados.

**Figura 14** - Modelo Digital de Superfície da Voçoroca 2



Fonte: VANT. Org.: Ilbson Silva, (2020).

**Figura 15** - Imagem Ortomosaico voçoroca 2



Fonte: VANT. Org.: Ilbson Silva, (2020).

### 4.3.3. Voçoroca 3

A voçoroca 03 está localizada no bairro Alto e o acesso até ela é feito pela - rua Murici - **(figura 16)**. A coordenada geográfica é 3°16'40.7"Lat.S/60°11'39.0"Long.W. Os dados métricos do primeiro monitoramento apontam comprimento de 30 m, largura de 24 m (área 720 m<sup>2</sup>), profundidade de 8 metros (volume de 5.760 m<sup>3</sup>). Este último classifica a incisão como de tamanho **pequena**. A incisão é de difícil acesso, sendo que a delimitação da incisão só foi possível a partir de uma imagem área captada pelo VANT, **(figura 17)**.

A distância da cabeceira até a pista (rua Murici) é de 8,40 m, de acordo com Tavares *et al.* (2010) essa longinquidade a classifica como sendo de risco à médio prazo. No que concerne aos dados de morfologia a voçoroca em questão apresenta forma retangular, é do tipo conectada, e seu crescimento se dá na direção 250°N.

Quanto à geomorfologia a incisão se encontra na parte mediana e inferior de uma encosta com declividade média de 40%. A cabeceira da voçoroca encontra-se na porção da encosta próximo do platô, portanto, com declividade de 13% e a maior parte da voçoroca está na porção da encosta com declividade de 67%. Essa porção do relevo se enquadra na classe de declividade considerada alta. A montante da incisão, a área é ocupada por casas e vias pavimentadas e a jusante observa-se fundo de vale com densa vegetação.

**Figura 16** - Localização da Voçoroca 3



**Org.:** Ilbson Silva, (2019).

Os danos materiais perpassam pela perda de solo e desvalorização dos imóveis localizados no entorno da voçoroca. Já os danos ambientais estão relacionados à perda de solo, assoreamento do canal localizado a jusante da incisão. Além desses problemas, há a degradação oriunda do acúmulo de lixo doméstico no interior da voçoroca.

Nenhuma medida de contenção foi adotada por parte do poder público municipal. Contudo a população local, na tentativa de conter a incisão, tem depositado resíduo doméstico no interior desta.

Em novembro de 2019, durante o segundo monitoramento, observou-se rápida evolução da voçoroca, tanto nas bordas como nas cabeceiras. Esta passou a registrar comprimento de 40,8 metros, largura média de 25 metros e profundidade 9,82 metros. O aumento da incisão é resultado da drenagem da água pluvial e da canalização do esgoto doméstico para o interior desta.

Em posse dos novos dados, refez-se o cálculo para a atualização da área e volume que passou a medir 1.020 m<sup>2</sup> e 10.016 m<sup>3</sup> respectivamente. Com base no novo dado de volume foi possível reclassificar a voçoroca em questão, sendo agora considerada de **tamanho médio**.

A partir dos dados de área, volume e distância em relação à pista, obteve-se a taxa de crescimento em área, o volume e o crescimento linear. Esse último torna possível fazer a previsão de chegada da incisão até a pista. Assim, a voçoroca 3 apresentou crescimento da área de  $50 \text{ m}^2/\text{mês}$ , o aumento no volume foi de  $709,33 \text{ m}^3/\text{mês}$ .

A taxa de crescimento linear da voçoroca é  $0,33 \text{ m/mês}$  no sentido cabeceira-pista. Com base neste dado foi definido o tempo que esta levará para atingir a rua Murici, o cálculo apontou para aproximadamente 19,45 meses para que isso ocorra. Dessa forma, esta incisão permanece como sendo de risco **a médio prazo**.

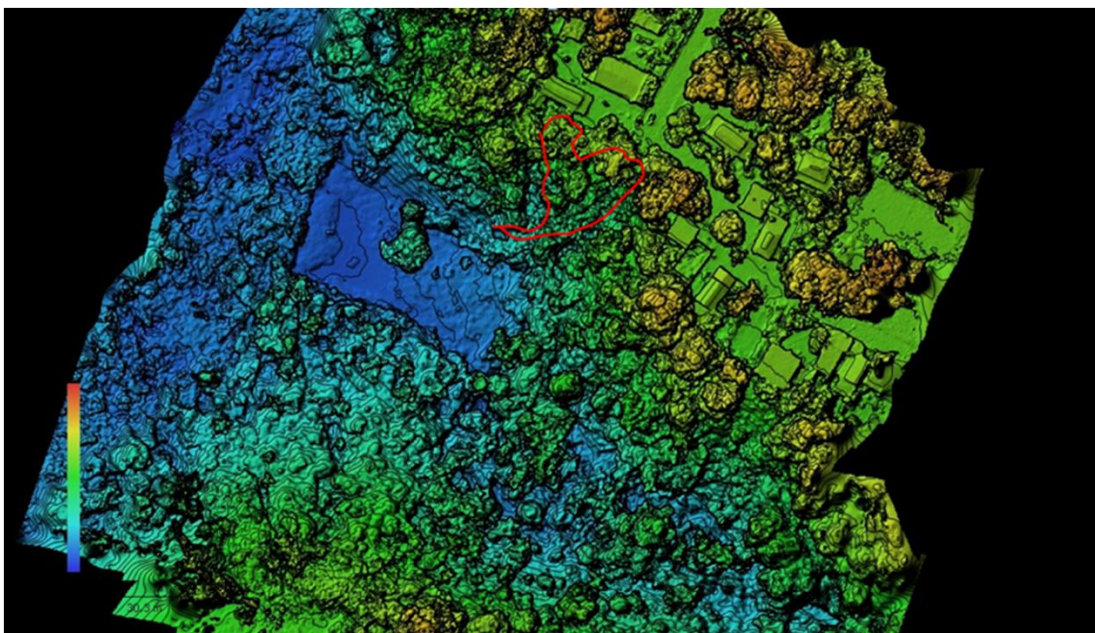
A área no entorno da voçoroca, por conta da vegetação e declividade do relevo e de acesso difícil. Nesse caso o uso do VANT foi importante para aferir as dimensões da voçoroca e ter um panorama da geomorfologia local através do MDS e imagem em Ortomosaico (**Figuras 18 e 19**). Contudo, mesmo com uso do VANT, destaca-se que os valores referentes às dimensões da voçoroca são aproximados.

**Figura 17** - Voçoroca 3, destaque para o contorno da mesma



**Fonte:** VANT. Em dia 10/11/2019. **Org.:** Ilbson Silva, (2019).

**Figura 18** - Modelo Digital de Superfície Voçoroca 3



Fonte: VANT. Org.: Ilbson Silva, (2020).

**Figura 19** - Imagem Ortomosaico voçoroca 3



Fonte: VANT. Org.: Ilbson Silva, (2020).

#### 4.3.4. Voçoroca 4

A voçoroca 4 sob coordenada 3°16'53.7" Lat.S/60°11'25.3" Long.W, localiza-se na Rua Coari no bairro Alto (**figura 20**).

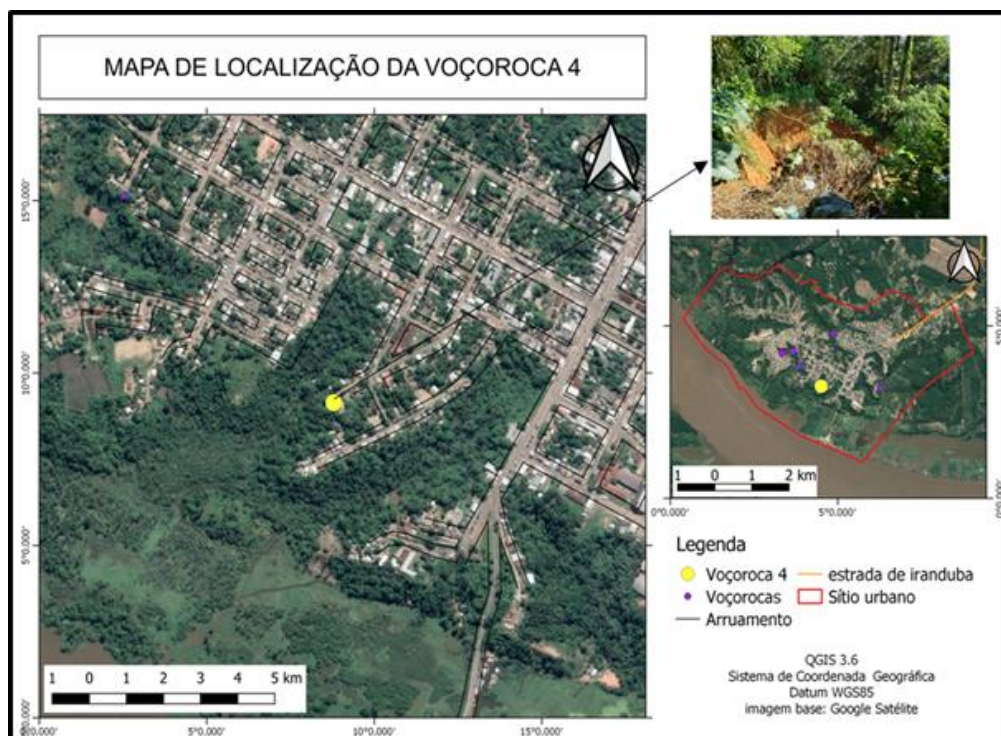
A incisão possui 14,7 m de comprimento, 4,20 m de largura (área 61,74 m<sup>2</sup>) e profundidade de 6,5 m (volume de 401,31 m<sup>3</sup>), sendo considerada como **muito pequena**. Encontra-se a 7,5 metros de distância do muro de uma residência e 4,5 metros da pista (Rua Coari), o que a classifica como sendo de risco **a curto prazo**.

Sua orientação é 236°N, é do tipo conectada, tem forma retangular. Situa-se na encosta mediana e inferior com declividade na cabeceira de 20% e na encosta 50% (media 35%) o que configura a declividade do relevo como alta.

Provavelmente a incisão teve início por conta da drenagem das águas pluviais despejada em direção à encosta. À montante da incisão é ocupada por casas e vias pavimentadas, à jusante encontra-se o fundo de vale com densa vegetação.

Os danos materiais são significativos, pois há considerável perda de área e acentuada desvalorização dos imóveis que estão próximos à incisão, observada através dos anúncios de venda das casas próximas. A perda de solo, assoreamento do canal a jusante e a utilização da incisão como depósito de lixo, são os principais impactos ambientais verificados.

**Figura 20** - Localização da voçoroca 4



Org.: Ilbson Silva, (2019).



Até o último monitoramento, realizado em Novembro de 2019, nenhuma medida de contenção havia sido adotada, exceto a ação de moradores que depositam no interior da incisão resíduos domésticos na tentativa de conter o avanço da voçoroca. Quanto à evolução, esta incisão tem se mostrado ativa, principalmente nos pontos receptores da água da chuva localizados na cabeceira e na borda esquerda da incisão (**figura 21**).

No monitoramento, realizado em novembro de 2019, foi feito o sobrevoo com o VANT e o tratamento das imagens permitiu, ainda que de forma aproximada, aferir e atualizar os dados métricos da voçoroca que passou a medir 32 m de comprimento, 7,1 m de largura e 8,3 de profundidade. Isso corrobora com a imagem destacada na figura 22, onde se observa que esta incisão se encontra ativa, principalmente na borda esquerda.

**Figura 21** - Desgaste erosivo na borda esquerda da voçoroca 4



Fonte: Ilbson Silva, (2019). Em dia 10/11/2019.

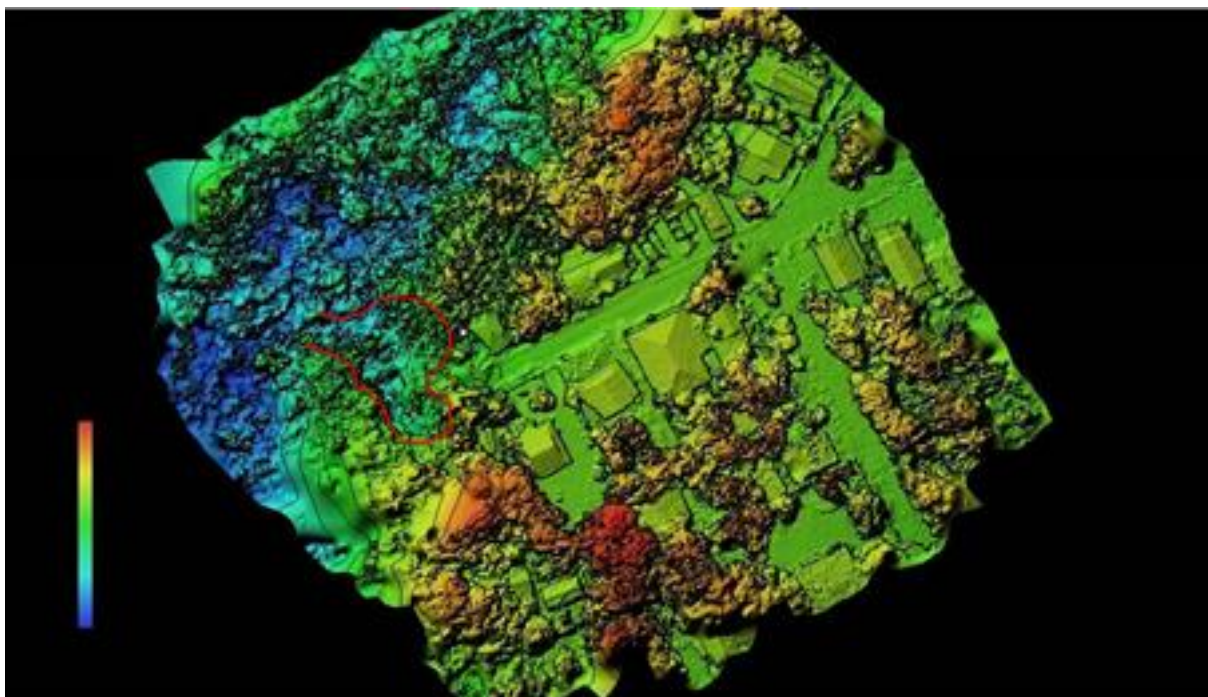
Com base nos novos dados métricos, verificou-se mudança na área e volume que passou a registrar respectivamente 227,2 m<sup>2</sup> e 1.885,76 m<sup>3</sup>. Com a aumento do volume erodido foi necessário reclassificar está incisão que sai da classe muito pequena e passa a ser considerada como **pequena**.

A taxa de erosão é de 27,57m<sup>2</sup>/ mês, em volume está cresce 247,40 m<sup>3</sup>/mês. A taxa de crescimento linear (cabeceira até o arruamento) é de 0,24 m/mês e a previsão de chegada até a rua Coari é de 13,75 meses, permanecendo a classificação de risco a **curto prazo**.

Destaca-se que a área no entorno da voçoroca é de difícil acesso por conta da vegetação e da declividade da encosta. Isso comprometeu a aferição das dimensões da incisão, quer seja pelo monitoramento por meio do uso da trena ou com auxílio do VANT, uma vez que a vegetação dificulta a captação de imagem da incisão e o próprio *Software* utilizado para o tratamento das imagens, não permite aferir os dados com precisão máxima. Dessa forma, faz-se necessário evidenciar que os dados de monitoramento desta feição erosiva são valores aproximados.

O tratamento das imagens captadas pelo VANT também resultou na elaboração de dois produtos o Modelo Digital de Superfície e o Ortomosaico da área no entorno da voçoroca. Através desses produtos foi possível observar características altimétricas, da área no entorno da incisão (**Figuras 22 e 23**).

**Figura 22** - Modelo Digital de Superfície voçoroca 4



Fonte: VANT. Org.: Ilbson Silva, (2020).

**Figura 23** - Imagem ortomosaico voçoroca 4



Fonte: VANT. Org.: Ilbson Silva, (2020).

#### 4.3.5. Voçoroca 5

A voçoroca 5 cujas coordenadas são de 3°16'33.9"Lat.S / 60°11'50.9" Long.W está localizada no bairro Morada do Sol e o acesso até a incisão é feito pela rua Washington Régis (**Figura 24**). O monitoramento da incisão começou no dia 15 de Maio de 2019, à época, foram obtidos os seguintes dados métricos: comprimento 59 m aprox., largura 17 m (área 1.003 m<sup>2</sup>) e profundidade 12 m (10.030 m<sup>3</sup>).

A incisão encontra-se na pista (Rua Washington Régis), o que a configura como sendo de risco imediato. Por conta do volume erodido a voçoroca em questão foi considerada de **porte médio**.

A voçoroca 5 apresenta direção 37°N, é do tipo conectada tem o formato retangular. No que concerne à geomorfologia local, a mesma está localizada na porção mediana e inferior da encosta com declividade de 5% na cabeceira, 15 % na encosta mediana e 65% na encosta inferior (média de 28,33%), sendo a declividade do relevo considerado **alta**.

Com base no depoimento dos moradores o aparecimento desta incisão ocorreu em 2017 (relato confirmado em imagens de satélite, **figura 26**) e está atrelado à drenagem das águas pluviais da área à montante e ao sistema de drenagem de esgoto que canaliza a água em direção à encosta, potencializa o desenvolvimento de processos erosivos no local. (**figura 25**).

**Figura 24** - Localização da voçoroca 5



Org.: Ilbson Silva, (2019).

**Figura 25** - Voçoroca 5, com destaque (seta) para a drenagem pluvial na cabeceira da incisão



Fonte: Ilbson Silva, (2019). Em dia 15/05/2019.

**Figura 26** - Voçoroca 5 no ano de 2015 antes de destruição do arruamento



Fonte: Google Earth, Org.: Ilbson Silva, (2019).

A montante da voçoroca, há o predomínio de imóveis residenciais e vias pavimentadas, a jusante observa-se o fundo de vale com os resíduos oriundos desta incisão.

Quanto aos danos materiais, de todas as voçorocas que estão sendo monitoradas no sítio urbano de Iranduba, esta é a que apresenta maior poder destrutivo, pois já provocou a perda de seis casas e ameaça mais quatro que estão bem próximas da borda da incisão.

Destruiu, também, parte das ruas Washington Régis e Vicente Lopes (**figura 27**). Soma-se a isso, o potencial de crescimento da incisão, principalmente em direção as bordas.

Apesar do transtorno causado, até o último monitoramento, realizado em outubro de 2019, nenhuma medida de contenção foi adotada por parte das autoridades locais, exceto a ação de moradores que tentam contê-la, depositando o lixo em seu interior. A evolução tem se mostrado rápida em direção das bordas, principalmente à esquerda (**figuras 28**).

**Figura 27** - Voçoroca 5, destacando as vias e casas destruídas



**Fonte:** VANT. Em dia 22/11/2019. **Org.:** Ilbson Silva, (2020).

Com base no tratamento das imagens captadas pelo VANT, feitas no segundo monitoramento, foi possível atualizar as dimensões da voçoroca em questão. Constatou-se que esta incisão já apresentava valores mais elevados acerca das suas dimensões, sendo o comprimento de 69 metros; largura de 12,9 metros na cabeceira, 30,3 metros no meio e 26,3 metros no fim (largura média de 23,16 metros) e profundidade de 14,1 m. Em posse desses novos valores, refez-se o cálculo da área e do volume que passaram a registrar 1.598 m<sup>2</sup> e 22.532 m<sup>3</sup> respectivamente.

A alteração no valor do volume levou a uma reclassificação da incisão que deixou de ser considerada de tamanho médio e passou a ser de **porte grande**. Também foi calculado o crescimento mensal da voçoroca em área e volume que foram respectivamente 119 m<sup>2</sup>/mês e 2.500,4 m<sup>3</sup>/mês.

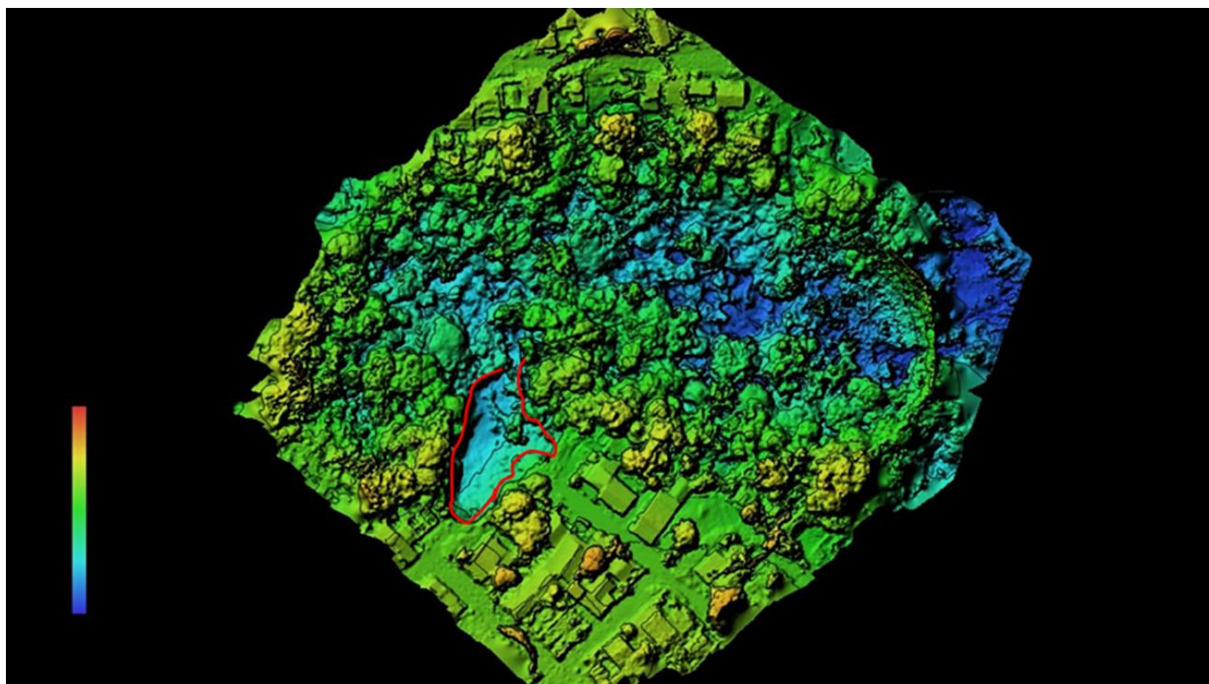
Além dos dados métricos, o tratamento das imagens resultou na confecção do Modelo Digital de Superfície com cotas altimétrica e Ortomosaico (**figuras 29 e 30**). Com essas imagens, observou-se as características da área no entorno da incisão

**Figura 28** - Voçoroca 5 em Maio de 2019 (A), com destaque ao restante da estrutura de uma casa. (B) Voçoroca em Agosto de 2019, agora sem a estrutura da casa



**Fonte:** Ilbson Silva, (2019). Em dia 15/05/2019 (A); 22/10/2019 (B).

**Figura 29** - Modelo Digital de Superfície (voçoroca 5)



Fonte: VANT. Org.: Ilbson Silva, (2020).

**Figura 30** - Imagem ortomosaico voçoroca 5



Fonte: VANT. Org.: Ilbson Silva, (2020).



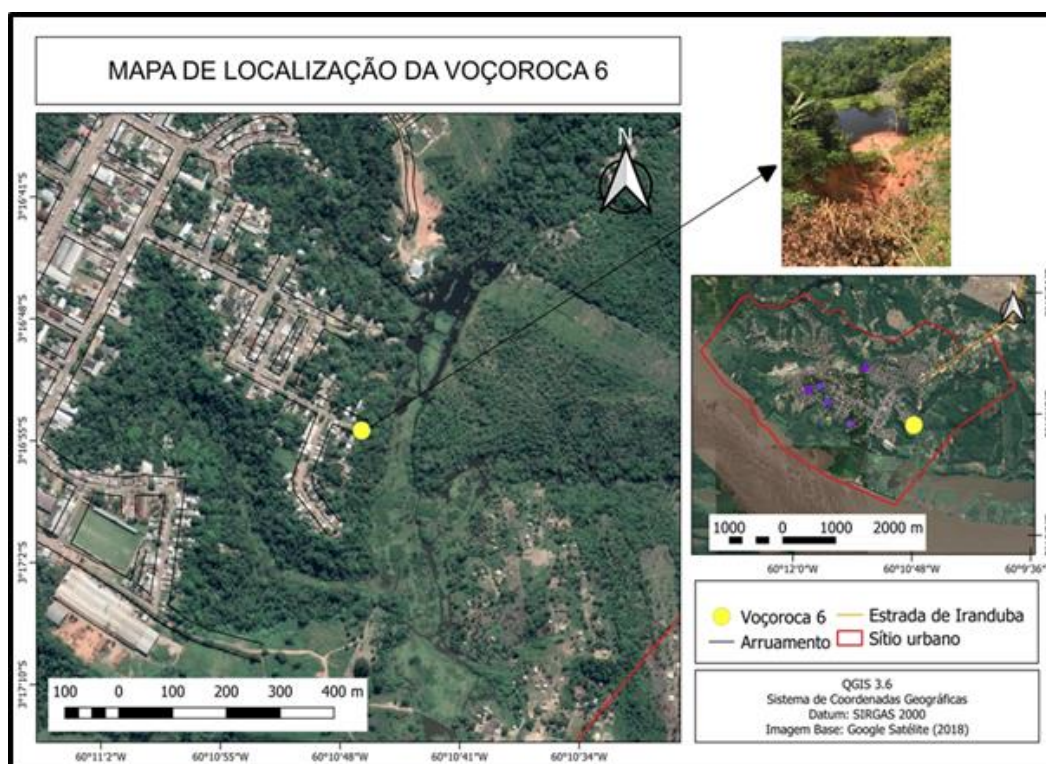
#### 4.3.6. Voçoroca 6

A voçoroca 6 está sob coordenada  $3^{\circ}16'54.6''\text{Lat.S} / 60^{\circ}10'46.7''\text{Long.W}$  e localiza-se no bairro Alto, cujo acesso até a incisão é feito pela rua Sucupira, que possui 5,80 metros de largura (**figura 31**). Durante o primeiro monitoramento, foi feito a aferição das dimensões métrica da voçoroca em questão, os dados apontam 22 m de comprimento, 12 m de largura (área  $264 \text{ m}^2$ ) e 7 metros de profundidade (volume  $1.848 \text{ m}^3$ ). Com base no volume erodido, esta incisão é considerada **pequena**. Encontra-se a 9,20m de distância da rua Sucupira, o que a classifica como de risco a **médio prazo**.

Quanto à morfologia, a voçoroca é do tipo conectada, com formato retangular e orientação de evolução em  $120^{\circ}\text{N}$ . Esta feição erosiva se estende da encosta inferior até a porção média, sendo que a declividade na cabeceira de 20% e na encosta 37%, (média de 28,5%), o que denota relevo com declividade alta. A partir da **figura 32**, observa-se a incisão em questão vista do fundo do vale.

A montante da voçoroca 6 observa-se que área é ocupada, majoritariamente, por casas e vias pavimentadas. A jusante há fundo de vale com densa vegetação e um curso d'água que está sendo assoreado.

**Figura 31** - Localização da voçoroca 6



Org.: Ilbson Silva, (2019).

Os danos materiais estão ligados à perda de área e desvalorização dos imóveis mais próximos da incisão, já os danos ambientais verificados são: perda de solo, assoreamento do canal e utilização da incisão como depósito de lixo.

**Figura 32** - Voçoroca 6, vista do fundo do vale



**Fonte:** Ilbson Silva, (2019). Em 22/10/2019.

Durante os monitoramentos, percebeu-se processo de evolução nos pontos receptores de águas pluviais drenadas para cabeceira e borda esquerda e o rápido assoreamento do canal (**figura 33**). Isso ficou evidente a partir da segunda aferição das dimensões da incisão, com base no tratamento das imagens captadas pelo VANT (no dia 22 de outubro de 2019), que apontou comprimento de 29 metros, largura média de 14,40 metros (área 417,6 m<sup>2</sup>) e 10,5 metros de profundidade (volume 4.384,8 m<sup>3</sup>).

Apesar do aumento, não houve a reclassificação da incisão 06 que permanece sendo considerada **pequena**. Em posse dos dados do primeiro e segundo monitoramentos, foram calculados o crescimento mensal da voçoroca em área 30,6 m<sup>2</sup>/mês, o crescimento em volume 507,3 m<sup>3</sup>/mês. Também foi calculado a taxa de crescimento linear 0,24 m/mês. Com base nesse dado, a previsão de chegada até à rua Sucupira é de aproximadamente 33 meses, permanecendo como de risco **a médio prazo**.

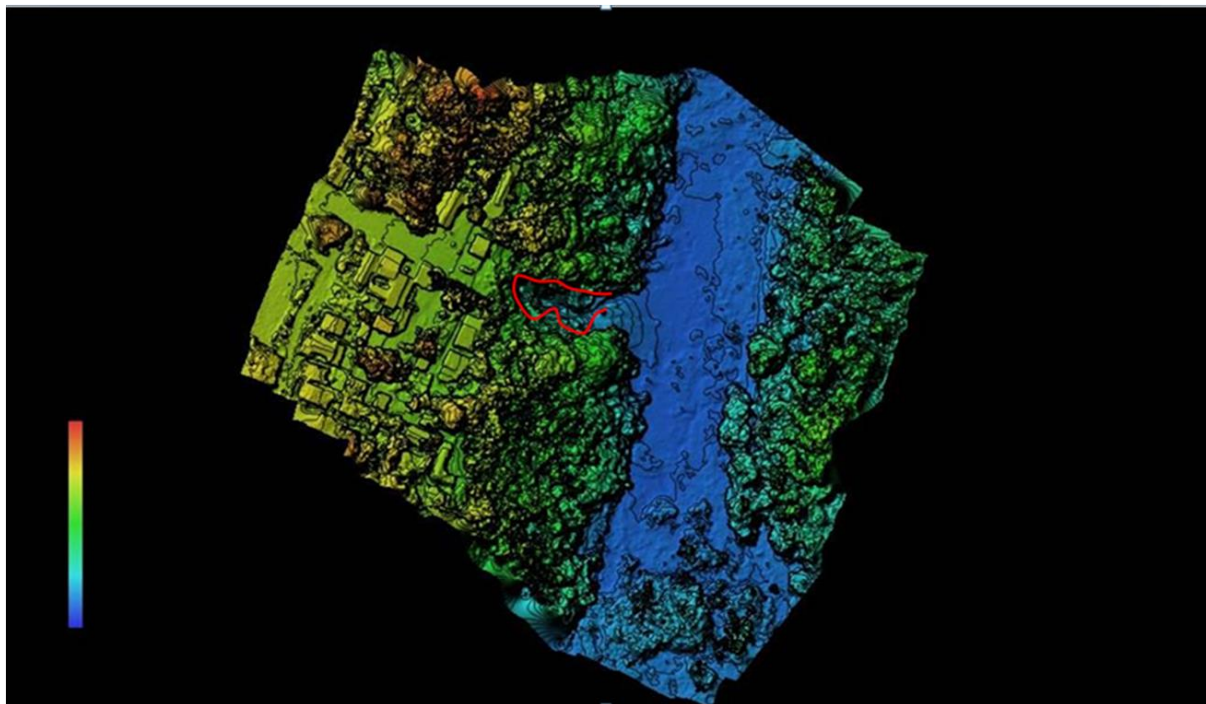
**Figura 33** - (A) Voçoroca 6, em Maio de 2019. (B) Voçoroca 6 em Outubro de 2019, com destaque para o assoreamento do canal



**Fonte:** Ilbson Silva, (2019). Em dia 15/05/2019 (A); 22/10/2019 (B).

Além da atualização dos dados métricos foram confeccionados, a partir do tratamento das imagens do VANT, MDS (**Figura 34**) e o Ortomosaico (**Figura 35**).

**Figura 34** - Modelo Digital de Superfície voçoroca 6.



**Fonte:** VANT. **Org.:** Ilbson Silva, (2020).

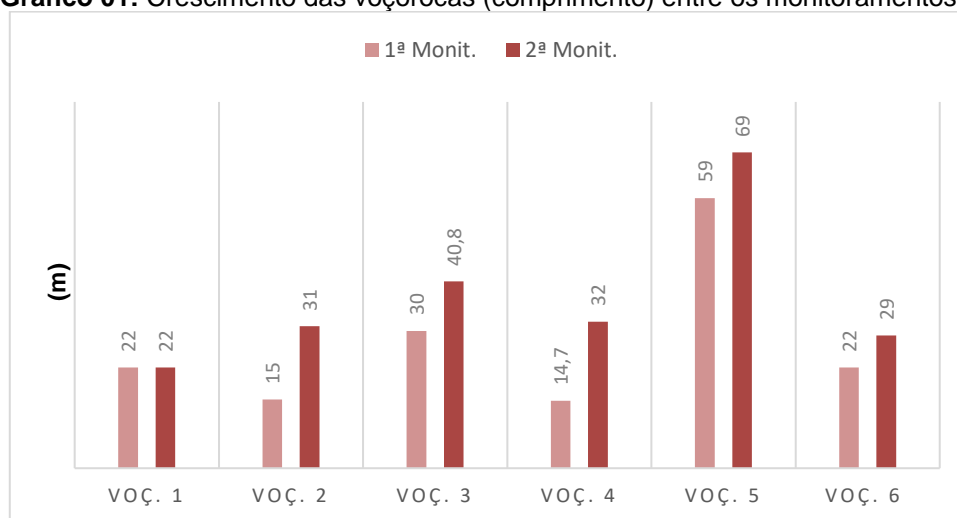
**Figura 35** - Imagem ortomosaico voçoroca 6



**Fonte:** VANT. **Org.:** Ilbson Silva, (2019).

A partir da compilação dos dados métricos das voçorocas 1, 2, 3, 4, 5 e 6, (**quadros 18**), foi possível fazer a comparação dos valores métricos e forma das incisões. Observou-se que a voçoroca 4 foi a que mais cresceu em comprimento, pois enquanto no primeiro monitoramento ela possuía 14,7 metros, no segundo, passou a registrar 32 metros, quase o dobro (**gráfico 01**).

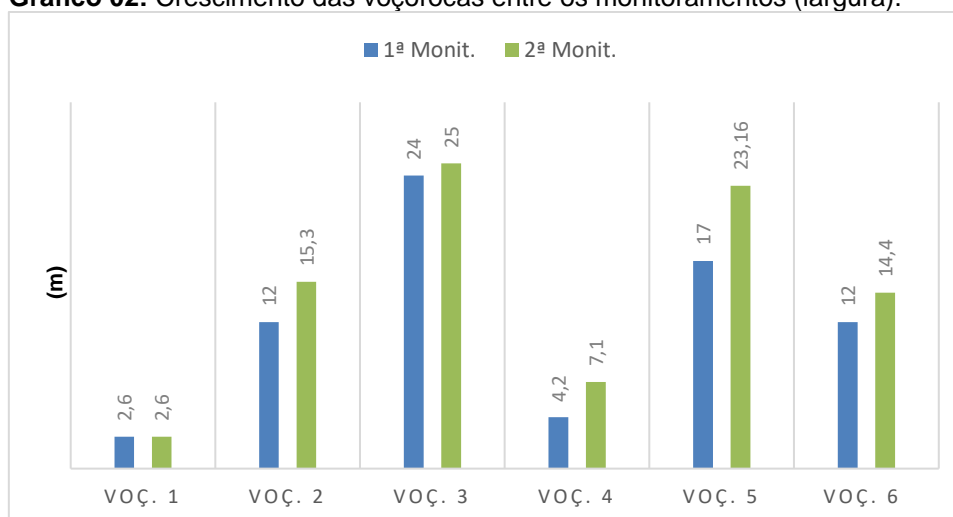
**Gráfico 01:** Crescimento das voçorocas (comprimento) entre os monitoramentos.



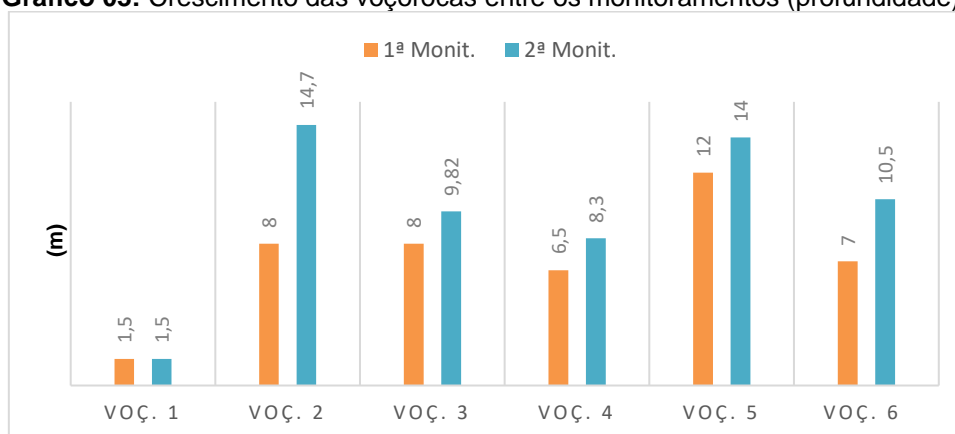
Org.: Ilbson Silva, (2020).

Quanto a largura, a voçoroca 4 também foi a que mais cresceu. Na primeira aferição foi registrado 4,20 m e, durante o segundo monitoramento, já apresentava 7,1 m de largura, quase dobrou de tamanho, portanto (**gráfico 02**). Em profundidade a voçoroca 02 foi a que mais se desenvolveu, porque no primeiro monitoramento foi aferido 8 m de profundidade e no segundo, registrou-se 14,1 m (**gráfico 03**).

**Gráfico 02:** Crescimento das voçorocas entre os monitoramentos (largura).

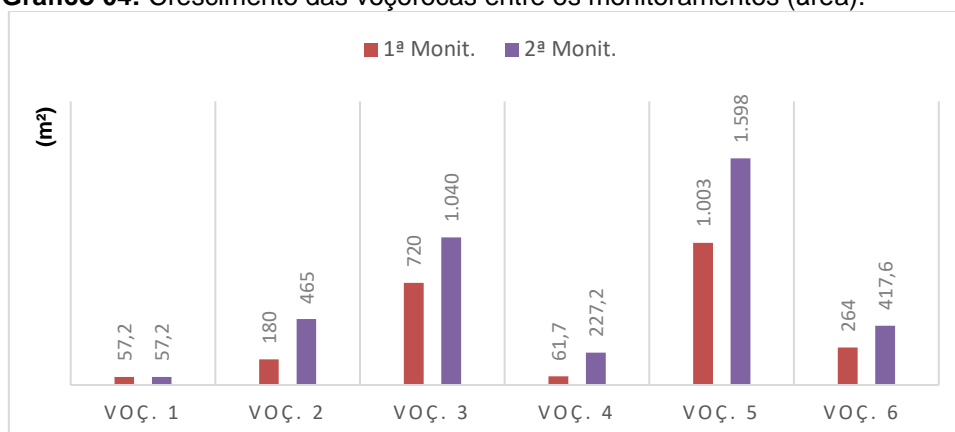


Org.: Ilbson Silva (2020).

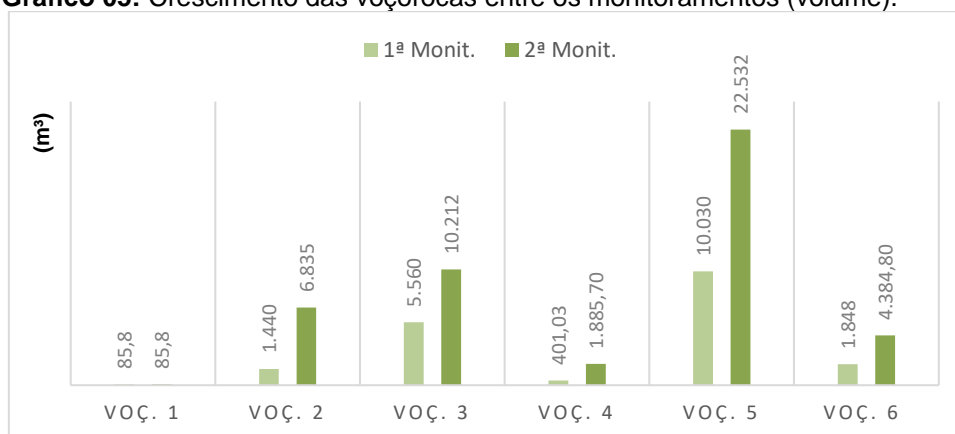
**Gráfico 03:** Crescimento das voçorocas entre os monitoramentos (profundidade).

Org.: Ilbson Silva, (2020).

Em área e volume, a incisão 4 também foi a que mais aumentou, a área foi ampliada em mais de quatro vezes, saindo de 61,4 m<sup>2</sup> para 227,2 m<sup>2</sup> (**Gráfico 04**), já o volume saltou de 401,31 m<sup>3</sup> para 1.885,76m<sup>3</sup>, esse valor é quatro vezes maior em relação ao registrado no primeiro monitoramento (**Gráfico 05**).

**Gráfico 04:** Crescimento das voçorocas entre os monitoramentos (área).

Org.: Ilbson Silva, (2020).

**Gráfico 05:** Crescimento das voçorocas entre os monitoramentos (volume).

Org.: Ilbson Silva, (2020).

Quanto ao tamanho, três voçorocas foram reclassificadas, são elas: a incisão 03 que saiu da classe pequena e passou a ser considerada de porte médio; a incisão 4 que foi reclassificada de muito pequena para pequena e a voçoroca 5 que, no primeiro monitoramento, foi considerada média e agora, em decorrência do aumento do volume, passou para categoria grande.

No que se refere à forma, somente a voçoroca 1 tem formato linear, todas as outras incisões apresentam forma retangular. Outro dado observado diz respeito ao tipo, as incisões 2, 3, 4, 5 e 6 são conectadas, ou seja, estão ligadas ao fundo do vale, por conseguinte a uma rede de drenagem. A única exceção também é a voçoroca 01 que foi considerada desconectada, logo não está ligada ao fundo do vale.

Enfatiza-se que a incisão 1, no que concerne ao crescimento, foi a única que se manteve estável, esta não registrou alteração significativa no comprimento, largura e profundidade, logo não houve mudança substanciais nos valores referentes à área e volume erodidos.

**Quadro 17** - Dados morfométricos das voçorocas no primeiro monitoramento

Vocs.	Comp.1m	Comp.2m	Larg.1m	Larg.2m	Prof.1m	Prof.2m	Área.1 m <sup>2</sup>	Área.2 m <sup>2</sup>	Vol.1m <sup>3</sup>	Vol.2 m <sup>3</sup>	Tam.1	Tam.2	For.1	For.2	Tipo.1	Tipo.2
Voc.1	22	22	2,6	2,6	1,5	1,5	57,2	57,2	85,8	85,8	MP	MP	L	L	D	D
Voc.2	15,0	31,0	12,0	15,03	8,0	14,7	180,0	465	1.440,0	6.835	P	P	R	R	C	C
Voc.3	30,0	40,8	24,0	25,0	8,0	9,82	720,0	1.040,0	5.560	10.212	P	M	R	R	C	C
Voç.4	14,7	32,0	4,2	7,1	6,5	8,3	61,7	227,2	401,03	1.885,76	MP	P	R	R	C	C
Voç.5	59,0	69,0	17,0	23,16 m	12,0	14,01	1.003,0	1.598	10.030,0	22.532,00	M	G	R	R	C	C
Voç.6	22,0	29,0	12,0	14,40	7,0	10,5	264,0	417,6	1.848,0	4.384,8	P	P	R	R	C	C

**Org.:** Ilbson Silva, (2020).

**Legenda:** 1 = 1<sup>o</sup> monitoramento; 2 = 2<sup>o</sup> monitoramento; MP=Muito pequena, P=Pequena, Média: M, Grande= G Forma: L=Linear, R= RETANGULAR; Tipo: D=Desconectada, C=Conectada; I=Integrada.



Além dos dados morfométricos foram reunidos os valores referentes às taxas de crescimento e previsão de risco das voçorocas monitoradas na cidade de Iranduba-AM. A incisão 05 apresentou a maior taxa de crescimento em área e volume (119 m<sup>2</sup>/mês) e 2.500,4 m<sup>3</sup>/mês, respectivamente, e na incisão 01 não houve crescimento.

Nas voçorocas que ainda não atingiram a pista (incisão 03, 04 e 06), o maior crescimento linear (cabeceira-pista) foi verificado na voçoroca 03 (0,33 m/mês) seguidas das incisões 04 e 06 que aumentaram igualmente (0,24m/mês). Quanto ao grau de risco, não houve mudança em nenhuma incisão no comparativo entre o primeiro e o segundo monitoramento (**Quadro 19**).

**Quadro 18** - Taxas de crescimento e previsão de risco das voçorocas

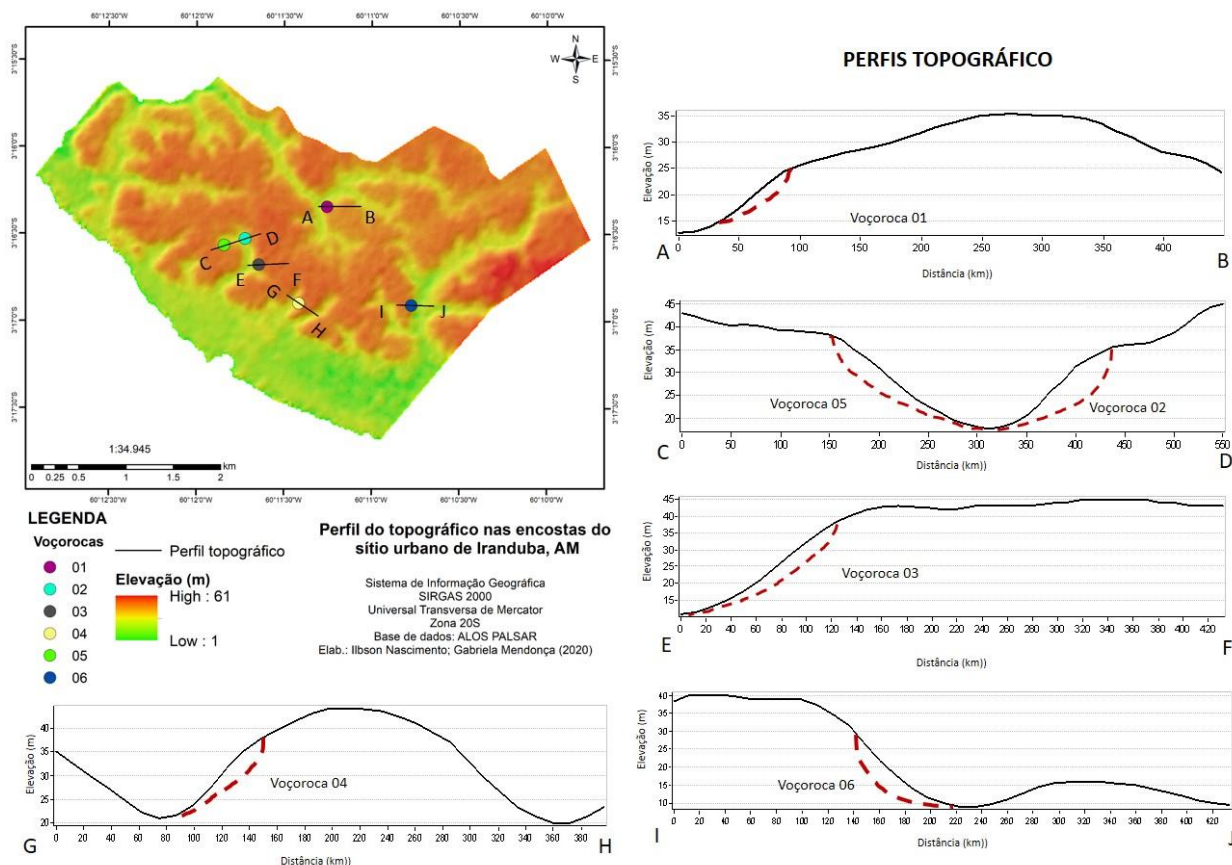
Voç.	Taxa de crescimento /área m <sup>2</sup> /mês	Taxa de crescimento/volume m <sup>3</sup> /mês	Taxa de crescimento/linear m/mês	Previsão de risco 1º monit.	Previsão de Risco 2º monit.
Voç.1	_____	_____	_____	Risco imediato	Risco imediato
Voç.2	46,65	899,16	_____	Risco imediato	Risco imediato
Voç. 3	50,0	709,3	0,33	Risco a médio prazo	Risco a médio prazo
Voç. 4	27,57	247,40	0,24	Risco a curto prazo	Risco a curto prazo
Voç. 05	119	2.500, 4	_____	Risco imediato	Risco imediato
Voç. 06	30,6	507,3	0,24	Risco a médio prazo	Risco a médio prazo.

Org.: Ilbson Silva, (2020).

#### 4.3.7. Construção dos perfis topográficos das encostas com voçorocas.

Com o intuito de compreender a dinâmica dos processos erosivos nas encostas, foi traçado, com base em imagem de satélite, o perfil topográfico de cada vertente, onde se desenvolve as voçorocas da cidade de Iranduba-AM, cujo objetivo foi caracterizar e compreender melhor as vertentes e seus respectivos processos erosivos (**figura 36**).

**Figura 36** - Perfis topográficos das voçorocas do sítio urbano de Iranduba-AM

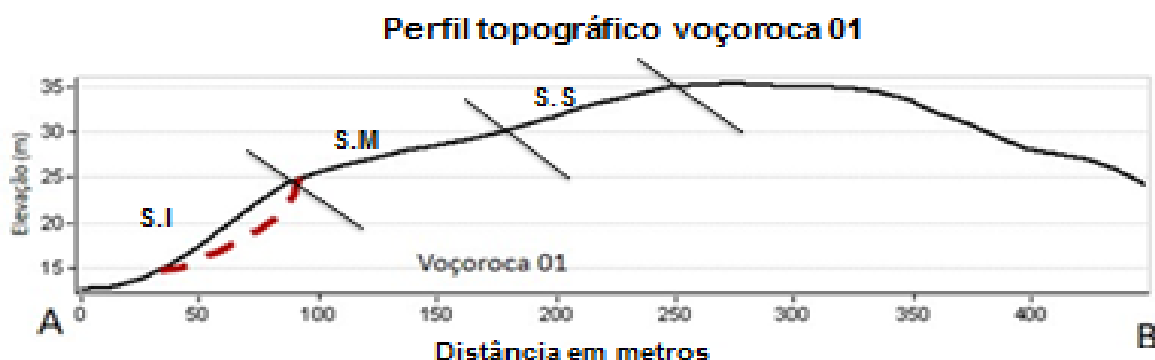


Org.: Ilbson Silva, (2020).

A encosta onde está localizada a voçoroca 01 tem aproximadamente 250 metros de comprimento e declividade média 25 % (**Figura 37**). Nela, observa-se que a forma predominante no segmento inferior (S.I.) é côncava, o que pode ajudar no desenvolvimento de processos erosivos, uma vez que o escoamento se dá de forma convergente.

No segmento médio (S.M.) e superior (S.S.), apesar de alguns pontos retilíneos, observa-se o predomínio da forma convexa. Vertentes com esse formato podem provocar a divergência do escoamento e são menos susceptíveis à erosão acelerada em ravinas e voçorocas. Todavia essa forma convexa, possibilita ao aumento da velocidade de escoamento das águas da chuva em fase da maior declividade nessa forma.

Figura 37 - Perfil topográfico da voçoroca 01

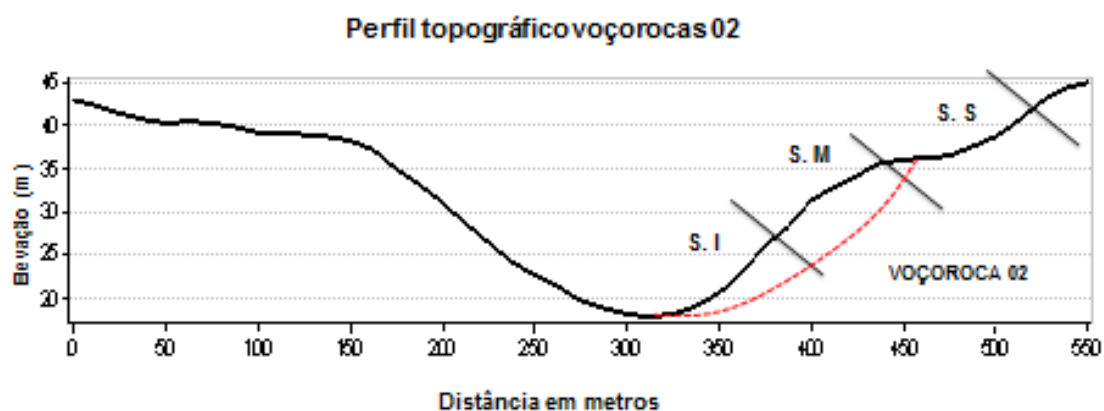


Org.: Ilbson Silva (2020)

A encosta da voçoroca 02 (Figura 38) é côncava no segmento inferior, convexa no mediano e côncavo no superior. Caso a incisão chegue até o segmento superior o processo erosivo pode ser acelerado, uma vez que, conforme mencionado anteriormente, o formato côncavo contribui para a potencialização de processos erosivos em decorrência do escoamento convergente.

Outro agravante é o comprimento da encosta (aproximadamente 200 m). As vertentes mais curtas tendem a contribuir com o desenvolvimento de erosão, pois a velocidade do escoamento é alta e quando combinado com a forma côncava aumenta a potencial erosivo.

Figura 38 - Perfil topográfico da voçoroca 02

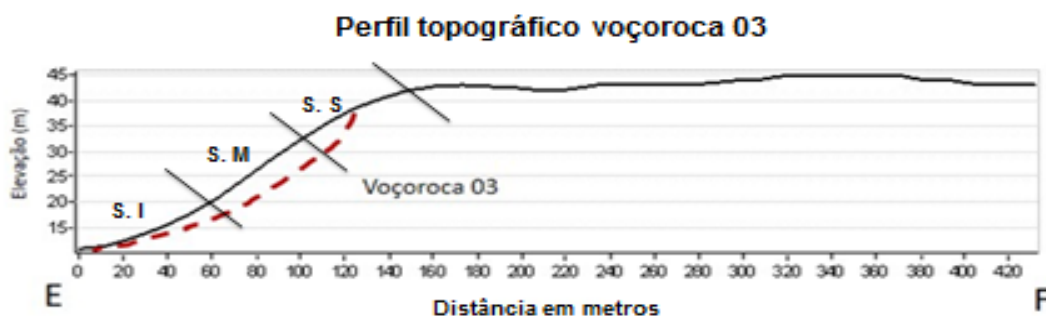


Org.: Ilbson Silva, (2020)

A voçoroca 03, localizada em encosta com aproximadamente 150 metros de comprimento, (figura 39/E-F), apresenta no segmento inferior e mediano formato, predominantemente, côncavo, que contribui para ampliação de processos e erosivos em decorrência do fluxo concentrado.

O segmento superior é convexo, com o topo da encosta plano, tal fato pode levar ao armazenamento de água, na parte planar, que se liberada em fluxo concentrado, pode descer a encosta com velocidade alta, potencializando a ocorrência de erosão.

**Figura 39** - Perfil topográfico voçoroca 03

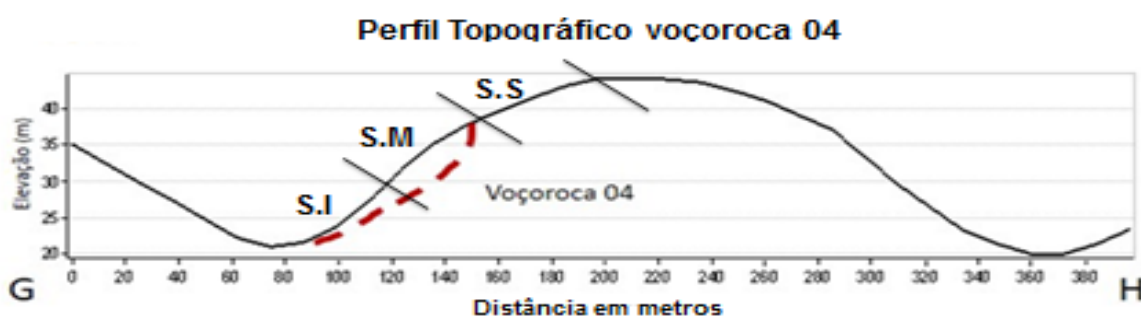


Org.: O autor (2020)

A voçoroca 04 está localizada em uma encosta com cerca de 200 metros (**figura 40 G-H**). Nessa voçoroca, verificou-se que a parte inferior tem formato côncavo e retilíneo, o que corrobora para que a base da encosta sofra com processos erosivos mais severos.

O segmento mediano e superior é convexo e plano, e a declividade é acentuada (média de 35%), o que proporciona o escoamento laminar difuso. Isso faz com que a ocorrência de erosão nesses dois segmentos seja menor.

**Figura 40** - Perfil topográfico voçoroca 04

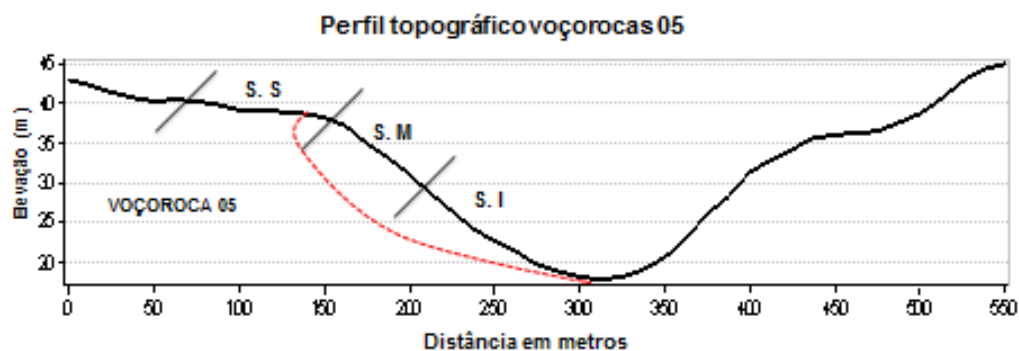


Org.: Ilbson Silva, (2020).

A voçoroca 05 está localizada em uma encosta que possui aproximadamente 300 metros de comprimento. Nesta vertente, situa-se a maior incisão encontrada na cidade de Iranduba-AM (**figura 41**).

No que se refere à forma, os segmentos inferior e mediano são majoritariamente côncavos, o que facilita a ocorrência de processos erosivos, tal fato, possivelmente, contribuiu para o aparecimento da incisão justamente nesses dois seguimentos. Contudo, a parte superior é predominantemente retilínea, isso pode promover a ocorrência de escoamento superficial e difuso.

**Figura 41** - Perfil topográfico voçoroca 05

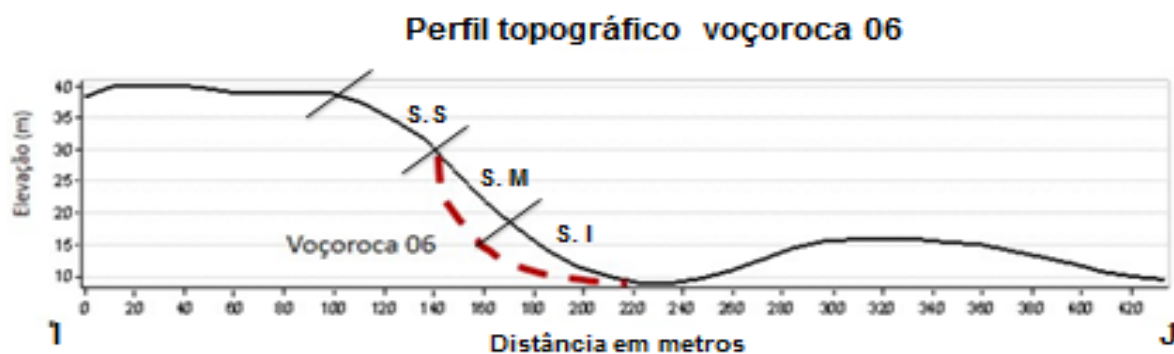


Org.: Ilbson Silva, (2020).

A voçoroca 06, situada em encosta com aproximadamente 120 metros de comprimento, (**figura 42/ I-J**) tem predomínio de forma retilínea e côncava no segmento inferior e mediano, o que leva a maior grau de erosão. A vertente é relativamente curta e esta característica quando somada a forma côncava, contribui para o aumento da velocidade de escoamento e conseqüentemente para a ocorrência de erosão.

A parte superior tem forma convexa e em toda sua extensão possui declividade acentuada (média de 28,05%), o que proporciona, neste seguimento, o escoamento difuso e laminar, todavia o topo é plano, assim pode ocorrer acúmulo de água na porção planar, o que, por sua vez, pode acarretar fluxo de água concentrado ampliando a possibilidade de ocorrência de erosão.

Figura 42 - Perfil topográfico voçoroca 06



Org.: Ilbson Silva, (2020).

Com base nos perfis topográficos foi possível definir o comprimento de cada encosta onde estão localizadas as voçorocas. Sendo que a vertente de maior comprimento possui aproximadamente 300 m, nela está localizada a voçoroca 05, e a menor encosta (120 m), onde está situada a incisão 06. Também foram verificadas outras características referentes à forma e declividade (**quadro 20**).

Quadro 19 - Características das encostas das voçorocas 01, 02, 03, 04, 05, 06

Voçoroca	Comprimento	Forma (S.I)	Forma (S.M.)	Forma (S.S.)	Declividade
Voç.1	250 m	Côncava	Convexa/retilínea	Convexa/retilínea	25%
Voç.2	200 m	Côncava	Convexa	Côncava	27,7%
Voç.3	250 m	Côncava	Côncava	Convexo	40%
Voç.4	200 m	Côncava/retilínea	Convexo	convexo	35%
Voç.5	300 m	Côncava	Côncava	Retilínea	28,33%
Voç.6	120 m	Côncava	Retilínea/côncava	Convexa	28,05%

Org.: Ilbson Silva, 2020.

Ainda com base no **quadro 20**, identificou-se quais as formas predominantes em cada segmento das encostas observadas. Constatou-se que todas as vertentes apresentam no seguimento inferior, formato predominantemente côncavo. Tal forma contribui para o desenvolvimento de processos erosivos, uma vez que essa forma aumenta a velocidade de escoamento da água. Já nos segmentos mediano e superior a forma predominante é convexa e retilínea.

Pelo exposto, entende-se que as características relacionadas à forma, declividade e comprimento das vertentes são importantes para a compreensão dos processos erosivos atuantes e ajudam a compreender a espacialização das voçorocas em relação às encostas.

#### 4.3.8. Área de influência direta das voçorocas encontradas no sítio urbano de Iranduba-AM.

Os transtornos causados pela erosão, em especial a ocorrência de voçorocas como resultante desses processos erosivos, vão além da sua área de ocorrência. Desse modo, foi feita uma estimativa da área de influência das voçorocas, cujo objetivo é espacializar até onde vão os problemas ocasionados por esse tipo de incisão.

Dessa forma, com base no raio de cada incisão, foi confeccionado, em ambiente de SIG, dois buffers (**figuras 43 e 44**) delimitando a área de interferência de cada uma das seis voçorocas encontradas no sítio urbano de Iranduba-AM. Ressalta-se que a área de influência não representa até onde a erosão pode chegar, mas sim os seus impactos socioambientais.

A voçoroca 01 exerce influência em um raio de 13,49 m, o que vai representar uma área de mais 530,29 m<sup>2</sup>. Esta, quando somada à porção já erodida, abarca uma área total de interferência 587,31 m<sup>2</sup>.

A voçoroca 02 possui raio de 12,16 m e área de 464,53 m<sup>2</sup>. Este valor, quando somado à área da própria incisão chega ao total de 929, 53 m<sup>2</sup> (área total de influência da voçoroca), denota, portanto, que os transtornos causados pela voçoroca vão além da área erodida.

A voçoroca 03 tem raio de abrangência de 18,19 m, isso lhe imputa uma área de interferência de 1.039,47 m<sup>2</sup>. Tal valor, quando acrescido da porção já erodida representa um espaço de 2.079,47 m<sup>2</sup>. Já a incisão 04 tem raio de 8,5 m, área erodida de 226,98 m<sup>2</sup> e uma área total de influência 454,18 m<sup>2</sup>.

A feição erosiva 05 apresenta raio de 22,5 m e área de influência de 1.590,43 m<sup>2</sup>. Esse valor quando, somado à área já degradada, representa um espaço de interferência de 3.183,43 m<sup>2</sup>. Para voçoroca 06, obteve-se raio de 11,5 m, assim tem-se 415 m<sup>2</sup> de área quando somado a porção já erodido representa uma área de influência total de 832,6 m<sup>2</sup>. Para os dados tratados neste tópico, observar (**quadro 21**).

**Quadro 20** - Raio, área e área total de influência das voçorocas

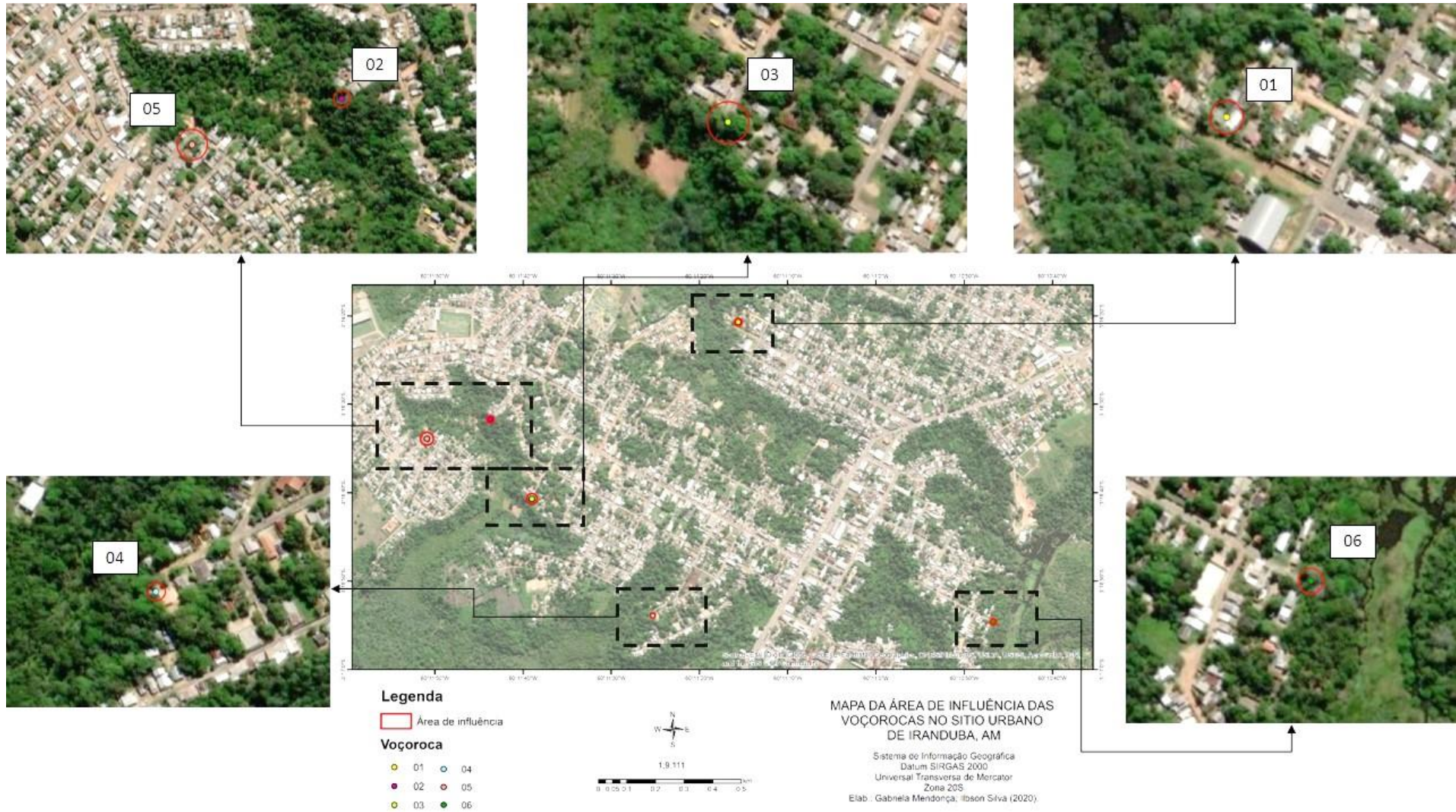
<b>Voçorocas</b>	<b>Raio</b>	<b>Área de influência (a)</b>	<b>Área erodida (b)</b>	<b>Área total de influência (a+b)</b>
Voç. 1	13,49 m	530,29 m <sup>2</sup>	57,2 m <sup>2</sup>	587,32 m <sup>2</sup>
Voç. 2	12,16 m	464,53 m <sup>2</sup>	465 m <sup>2</sup>	929,53 m <sup>2</sup>
Voç. 3	18,19 m	1.039,47 m <sup>2</sup>	1.040 m <sup>2</sup>	2.079,47 m <sup>2</sup>
Voç. 4	8,5 m	226,98 m <sup>2</sup>	227,2 m <sup>2</sup>	454,18 m <sup>2</sup>
Voç. 5	22,5 m	1.590,43 m <sup>2</sup>	1.598 m <sup>2</sup>	3.187,43 m <sup>2</sup>
Voç. 6	11,5 m	415 m <sup>2</sup>	417,6 m <sup>2</sup>	832,6 m <sup>2</sup>

**Org.:** Ilbson Silva (2020).

Com base no **quadro 19**, constata-se que, para além da porção erodida, estima-se uma área de influência de igual valor a da incisão. A única exceção é a voçoroca 01, que por conta da forma linear, o raio de abrangência é longo, o que aumenta a área de interferência. Todavia, em linhas gerais, quanto maior o tamanho da incisão, maior será a área sob a interferência da feição erosiva. Outro dado a ser verificado é o custo, em valores pecuniários, feito por área erodida de cada uma das seis incisões monitoradas no sítio urbano de Iranduba-AM.



Figura 43 - Área de influência das voçorocas do sítio urbano de Iranduba-AM



Org.: O autor, (2020).

Figura 44 - Área de influência das voçorocas sob o arruamento



**Legenda**

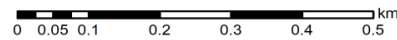
- Arruamento
- Área de influência

**Voçoroca**

- |      |      |
|------|------|
| ● 01 | ● 04 |
| ● 02 | ● 05 |
| ● 03 | ● 06 |



1:8.343



**MAPA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DAS VOÇOROCAS NO SÍTIO URBANO DE IRANDUBA, AM**

Sistema de Informação Geográfica  
 Datum SIRGAS 2000  
 Universal Transversa de Mercator  
 Zona 20S  
 Base de dados: IBGE (2015)  
 Elab.: Gabriela Mendonça; Ilbson Silva (2020).

#### 4.3.9. Valor pecuniário das áreas erodidas pelas incisões e custo para contenção das voçorocas

Para verificação das perdas materiais, foi feito o levantamento dos danos materiais, com base no valor médio do m<sup>2</sup> em Iranduba-AM, estimado em R\$ 181,33 (Cento e oitenta e um reais e trinta e três centavos). Assim, levando em consideração a área erodida de cada voçoroca, foram calculadas as perdas pecuniárias.

Dessa forma, a voçoroca 01, cuja área erodida é 57,2 m<sup>2</sup>, representa em termos monetários, dano de R\$ 10.372,26 (Dez mil, trezentos e setenta e dois reais e vinte e seis centavos). A incisão 02 tem área 465 m<sup>2</sup> e isso representa, em valor monetário, R\$ 84.318,45 (Oitenta e quatro mil, trezentos e dezoito reais e quarenta e cinco centavos).

Para a incisão 03, cuja área é 1.040m<sup>2</sup>, o valor estimado em perdas financeiras fica em torno de 188.583,20 (cento e oitenta e oito mil, quinhentos e oitenta e três reais e vinte centavos). A perda de área da voçoroca 04 (área de 227,2 m<sup>2</sup>) indica um valor monetário de R\$ 41.198,17 (Quarenta e um mil, cento e noventa e oito reais e dezessete centavos).

A incisão 05 (área de 1.598 m<sup>2</sup>) tem o valor pecuniário da porção erodida equivalente a R\$ 289.765, 34 (Duzentos e oitenta e nove mil, setecentos e sessenta e cinco reais e trinta e quatro centavos). Finalmente, a voçoroca 06 (área 417,6 m<sup>2</sup>) tem valor pecuniário equivalente a R\$ 75.723,40 (Setenta e cinco mil, setecentos e vinte três reais e quarenta centavos).

A área total das seis voçorocas (obtida no segundo monitoramento) equivale a 3.805 m<sup>2</sup>, em valor pecuniário, essa porção erodida representa R\$ 689.960,65 (seiscentos e oitenta e nove mil, novecentos e sessenta reais e sessenta e cinco centavos).

No que concerne ao custo para conter as incisões estima-se que, para recuperar um m<sup>2</sup>, o valor seja de aproximadamente US\$ 60,00 dólares. Levando em consideração a cotação do dólar comercial feita pelo Banco Central do Brasil (dia 07 de Julho de 2020, 1 US\$=5,30 R\$), o custo em Real para contenção de um m<sup>2</sup> é de R\$ 318,00 (Trezentos e dezoito reais).

Dessa forma, para realizar a contenção da área total das seis voçorocas o custo seria de R\$ 1.209.990,00 (Um milhão duzentos e nove mil, novecentos e noventa e nove reais).

A título de comparação, a área erodida por voçorocas no sítio urbano de Iranduba-AM (3.805 m<sup>2</sup>) é equivalente à metade de um campo de futebol com dimensões de 105 m de comprimento e 68 m de largura (área 6.720 m<sup>2</sup>). Já o volume total erodido (45.935,36 m<sup>3</sup>) é equivalente a mais de 18 vezes o tamanho de uma piscina olímpica de 2.500 m<sup>3</sup>.

#### **4.4. Identificação das áreas que apresentam vulnerabilidade ambiental a erosão no sítio urbano de Iranduba-AM**

A expansão urbana nas grandes metrópoles e/ou nas regiões de influência, sem planejamento, tem contribuído para a ocupação irregular de áreas impróprias (encostas com forte declividade, fundos de vale, entre outras) e, com isso, a ampliação dos problemas ligados à degradação ambiental.

Para delimitar as áreas de vulnerabilidade ambiental, a erosão na cidade de Iranduba/AM, foi feita a confecção de dois mapas, o de declividade (**mapa 10, p. 91**) e a de uso do solo (**mapa 12, p. 96**).

A partir do cruzamento desse produto cartográfico foi elaborado o mapa de vulnerabilidade ambiental à erosão no sítio urbano de Iranduba-AM. O resultado foi o **mapa 13** que traz de forma mais detalhadas as áreas e o grau de vulnerabilidade ambiental a erosão no perímetro urbano de Iranduba-AM.

Com base na análise do mapa supracitado, infere-se que as áreas de encostas são as mais propensas à perda de solo por processos erosivos. Dessa forma, toda a borda do platô irregular, com declividade que variam de 3% a 45% (muito baixa a muito alta), onde está assentado o sítio urbano de Iranduba, configura-se como vulnerável a erosão em seu maior grau. Tal fato é um indicador de que o fator declividade é relevante na elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental à erosão.

Outro ponto a ser destacado é a área abrangida por cada classe de vulnerabilidade, são três: baixa, que representa 2,479 Km<sup>2</sup> (20,40% da área total do sítio urbano); média, que abarca uma área 7,151 Km<sup>2</sup> (58,85%) e alta, que ocupa 2,522 Km<sup>2</sup> (20,75%) **quadro 22**.

**Quadro 21** - Valores e classes de Vulnerabilidade ambiental à erosão

CLASSES	ÁREA KM <sup>2</sup>	ÁREA EM %
Baixa	2,479 Km <sup>2</sup>	20,40%
Média	7,151 Km <sup>2</sup>	58,85%
Alta	2,522 Km <sup>2</sup>	20,75 %

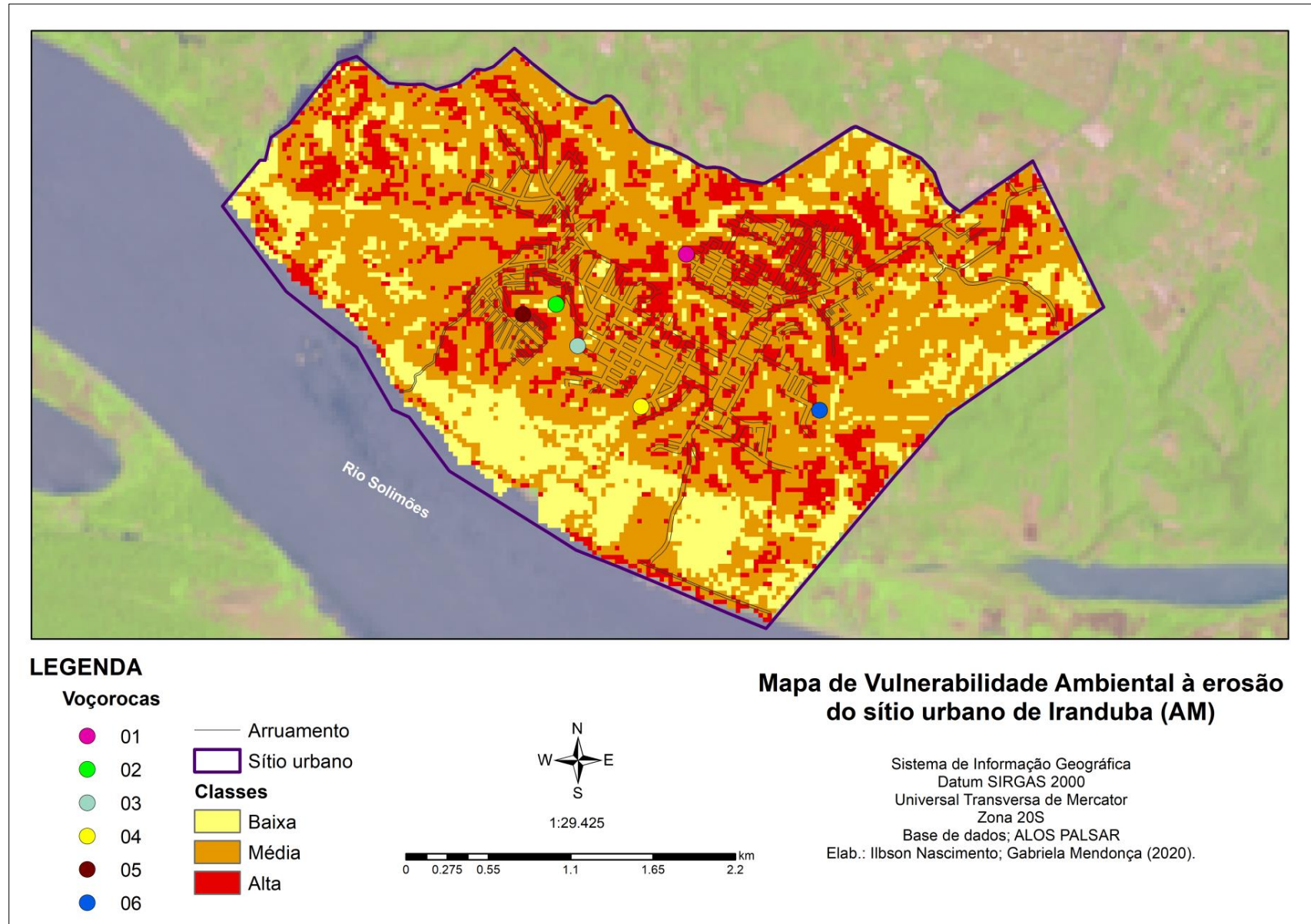
Org.: Ilbson Silva, (2020).

Com base nos dados supramencionados, verifica-se que quase 80 % do sítio urbano de Iranduba são ocupados pelas classes de média e alta vulnerabilidade à erosão. Isso traz um alerta para o poder público local que deve observar essas características quando for elaborar os documentos de planejamentos, assim como a efetivação das normas vigentes.

Caso o quadro natural não seja levado em consideração, o sítio urbano de Iranduba tende a sofrer com impactos socioambientais relacionados à erosão com o aumento das áreas já degradadas, assim como o aparecimento de erosão em outros pontos da borda do platô.

Isso confirma a hipótese levantada inicialmente nessa pesquisa, que às encostas que ainda não apresentam processos erosivos podem, em decorrência dos fatores naturais e antrópicos, apresentar degradação ambiental relacionada à erosão, assoreamento de canal, entre outros, caso ocorra a ocupação dessas áreas.

**Mapa 13** - Mapa de vulnerabilidade a erosão do sítio urbano de Iranduba-AM



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar a relação entre planejamento ambiental, geomorfologia e monitoramento de voçorocas no sítio urbano de Iranduba-AM, foram considerados os fatores de ordem ambiental e as ações antrópicas. Esses dois aspectos combinados contribuem para a melhor compreensão dos fenômenos, permitindo indicar as áreas mais vulneráveis à erosão, inclusive no seu estágio mais avançado, as voçorocas.

As características geomorfológicas da área, como declividade, somada ao uso do solo, apontam vulnerabilidade ambiental à erosão, sendo que predomina, na área de estudo, a classe de grau médio de vulnerabilidade (58,85% da área total do sítio urbano).

Além disso, quase 80% da área total do sítio urbano de Iranduba são abarcadas por duas classes de vulnerabilidade à erosão, a média e a alta. Isso evidencia a necessidade de controlar a ocupação das encostas com declividade superior a 25%, com o intuito de evitar que esses pontos sofram erosão, inclusive em sua forma mais severa.

No caso de Iranduba-AM, a altitude do platô irregular consolida a formação de encosta com declividade que, variam de muito baixa a muito alta (0 a 45%), o que corrobora para o aparecimento de processos erosivos.

Soma-se a isso o crescimento urbano desordenado, sem planejamento, o qual empurra as populações mais pobres a ocuparem áreas inadequadas para construção de moradias, por apresentarem um sistema vulnerável à erosão. Outro agravante é o sistema de drenagem das águas pluviais e efluentes domésticos que são direcionados para as encostas, potencializando o desenvolvimento de processos erosivos nas porções já consideradas vulneráveis pelos aspectos naturais.

Os fatores relacionados às características do quadro natural e cobertura do solo viabilizaram o aparecimento de seis voçorocas no sítio urbano de Iranduba, estas se encontram ativas e trazem impactos ambientais (perda de solos, perda de área, assoreamento de canais, entre outros) e socioeconômicos (destruição de casas, arruamentos, exposição dos moradores a risco, inclusive de perder a vida).

Os dados verificados, através do mapa de vulnerabilidade ambiental a erosão, indicam que os processos erosivos podem surgir em outros pontos da cidade, com destaque para toda borda do platô. Tal fato, quando associada à expansão urbana

vivenciada, sobretudo, na última década, que impulsiona o crescimento em direção as encostas, torna a problemática ainda mais preocupante, uma vez que o padrão de ocupação, centro do platô em direção às vertentes, é uma realidade consolidada na cidade de Iranduba-AM.

Outra problemática é que os impactos ocasionados por voçorocamento vão além das bordas das incisões. Os transtornos causados por essas feições erosivas atingem diretamente as populações mais próximas (ameaça eminente de perda dos imóveis e doenças ocasionadas pelo acúmulo de lixo no interior da incisão) e de forma indireta os residentes mais distantes (desvalorização dos imóveis).

Ao analisar as características das encostas, verificou-se uma forma predominante côncava nos seguimentos inferiores e convexa-retilíneas nos seguimentos medianos e superiores dessas encostas.

As vertentes apresentam comprimento variado. A menor possui aproximadamente 120 metros de comprimento (encosta onde se localiza a voçoroca 6) e a maior chega a atingir 300 metros (encosta onde está localizada a voçoroca 5). Dessa forma, conclui-se que as voçorocas localizadas na cidade de Iranduba-AM, predominam em encostas com comprimento entre 120 m e 300 m.

Destaca-se também que cinco das voçorocas cadastradas neste trabalho são conectadas, ligadas ao fundo do vale, a uma bacia hidrográfica (voçorocas 2, 3, 4, 5, 6) e apenas uma (a voçoroca 1) é do tipo desconectada, ou seja, não está ligada ao fundo do vale. A declividade das encostas, onde se localizam as voçorocas, varia entre 25 % a 45%, o que denota relevo com declividade muito alta.

Tal fato torna claro que outras encostas localizadas na borda do platô, da área urbana de Iranduba, que apresentar tais características (forma, comprimento e declividade), estão vulneráveis à ocorrência de voçorocas.

Em relação aos custos para contenção das erosões provocadas pelas voçorocas tem um caráter mais social e de responsabilidade ambiental, uma vez que os gastos com as obras de contenção ultrapassam os valores do terreno. Todavia é importante destacar que as melhorias das condições socioambientais das populações que vivem nas áreas afetadas direta ou indiretamente pelas incisões e algo que, definitivamente, não pode ser mensurado.

A compreensão de todos os dados supracitados e das variáveis que o cercam, pode ajudar no planejamento ambiental e evitar os processos de degradação ambiental, hoje tão comuns no espaço das cidades. Dessa forma, para minimizar os



impactos ambientais há a necessidade de compreensão do quadro natural para que se possa adotar estratégias que visem a mitigar os problemas ambientais, em especial os relacionados à erosão. Isso pode reduzir ou até mesmo sanar os impactos socioambientais que assolam as populações dos centros urbanos.

Em suma, os problemas ambientais relacionados à erosão vivenciados em Iranduba-AM, poderiam ser evitados e/ou reduzidos se os aspectos naturais e antrópicos fossem observados de forma mais efetiva. Além da efetivação das leis vigentes, voltadas ao planejamento ambiental, que deveriam nortear as políticas públicas direcionadas ao planejamento ambiental de todas as cidades, inclusive em Iranduba-AM.

## 6. REFERÊNCIAS

- ABIKO, A; MORAES, O.B. **Desenvolvimento urbano sustentável**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2009. 29 p. Disponível em: [http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT\\_00029.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00029.pdf). Acesso em: 10 Jun. 2019.
- ADGER, W. N. Global Environmental Change: Vulnerability. **Elsevier**, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich NR4 7TJ, UK, p. 268-281, 2006.
- ALMEIDA, D.N.O et al. Uso e cobertura do solo utilizando geoprocessamento em municípios do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n.1, p. 058-068, 2018.
- ALMEIDA, F.P; ROMÃO, P.A; NASCIMENTO, D.F.T. VULNERABILIDADE À PERDA DE SOLO NA BACIA DO CÓRREGO DAS CRIOULAS EM PARACATU-MG. **Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento**, Campinas: Instituto de Geociências - UNICAMP, p. 277-286, 2017.
- ALMEIDA, L. Q; PASCOALINO, A. **Gestão de risco, desenvolvimento e (meio) ambiente no Brasil - um estudo de caso sobre os desastres naturais de Santa Catarina**. CEPED-UFSC, 2017. 20 p.
- AMAZONAS. **A Secretaria de Estado de Planejamento, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação**. SEPLAN- CTI. Amazonas, 2014.
- ANDRETTA, E.R. **Características intrínsecas dos horizontes de alteração da formação alter do chão, como diagnóstico para a erodibilidade em Manaus/AM**. Manaus, f. 105, 2014. Dissertação (Mestrado em Geociência) - Universidade Federal do Amazonas.
- ARISTÓTELES. **Política**. São Paulo: SP Martin Claret, 2007. 289 p.
- BARBOSA, W.C.S. Consequências socioambientais da expansão urbana desordenada: um estudo de caso da vila alto da ressurreição em Teresina-PI. **Revista Equador**, Terezina-PI, v. 5 n.3, p. 162-180. Disponível em: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador/article/view/5035>. Acesso em: 6 Set. 2019.
- BERGAMO, E.P; ALMEIDA, J.A.P. A importância da geomorfologia para o planejamento ambiental: um estudo do município de Fartura/SP. **Anais do XV Simpósio Nacional de Geomorfologia /Regional Conference on Geomorfology**, UGB / IAG.Goiania –Go, p. 1-11, 6 a 10 Setembro, 2006.
- BERTONE, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2010. 27 p.

BERTRAND, G. PAISAGEM E GEOGRAFIA FÍSICA GLOBAL. ESBOÇO METODOLÓGICO. **Caderno de Ciências da Terra**, São Palo, n. 13, p. 27, 1971.

BIGARELLA, J.J. e MAZUCHOWSKI, J.Z. (1985). Visão integrada da problemática da erosão. In: **3ª Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. (Livro Guia). Maringá: ABGE/ADEA. 331 p.

BRASIL. Federal. Decreto n. 7.257, de 04 de agosto de 2010. Regulamenta a Medida Provisória no 494 de 2 de julho de 2010, para dispor sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC, sobre o reconhecimento de situação de emergência e estado de calamidade pública, sobre as transferências de recursos para ações de socorro, assistência às vítimas, estabelecimento de serviços essenciais e reconstrução nas áreas atingidas por desastre, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 05 de agosto de 2010.

BRASIL. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Lex: ACQUAVIVA, Marcus Cláudio. Vademecum universitário de direito. 5. ed. rev. ampl. **Diário Oficial da União**. São Paulo: Editora Jurídica Brasileira.

CAPRA, F. **A Teia da Vida**. São Paulo: Editora CULTRIX, 1996. 256 p.

CARVALHO, C. S (Org.); MACEDO, E. S (Org.); OGURA, A. T (Org.). **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**: MINISTERIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS – IPT. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnologicas – IPT, 2007.

CARVALHO, P. F. Instrumentos Legais de Gestão Urbana: referências ao Estatuto da Cidade e ao Zoneamento. In: BRAGA, R. e CARVALHO, P. F. (Org.). **Estatuto da Cidade: Política Urbana e Cidadania**, Rio Claro: UNESP, 2000.

CASSETI, V. **Ambiente a apropriação do relevo**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1995. 147 p.

CASTELNOU, A.M.N. **Ecotopias urbanas**. Curitiba, f. 519, 2005. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979. 106 p.

CHRISTOFOLETTI, A; GUERRA, A (Org.); CUNHA, S. B (Org.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005, p. 415-441.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Brasília: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. SIG e mapas na escala 1: 2.500.000, 2002.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Setorização de áreas em alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações Barra do Garças**. Brasília: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, 2018.

CREPANI, E et al. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE, 2001. 25 p. Disponível em: Acesso em: 7 Ago. 2020.

CUNHA, S. B; GUERRA, A. T. **Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 348 p.

CUNHA, S. B; GUERRA, A. T. (Org.); CUNHA, S. B (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos: Geomorfologia Fluvial**. 13. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015, p. 211-252.

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

DI SARNO, D. C. **Elementos de Direito Urbanístico**. São Paulo, 2004. 120 p.

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

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Análise da vulnerabilidade ambiental**. 1. ed. Fortaleza: Embrapa, 2010. 11 p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2018. 356 p.

Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de editoração da Embrapa / Embrapa**. – Brasília, DF, 2020. 905 p.

FIGUEIREDO, A; P. C, A. Suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos em diferentes tipos de vegetação na Ilha da Madeira. In: VI CONGRESSO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. 2013, Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Universidade de Coimbra. 115-118 p.

FIGUEIREDO, M. C et al. Análise da vulnerabilidade ambiental. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza, p. 47, 2010.

FRANZINELLI, E; IGREJA, H. Modern Sedimentation in the Lower Negro River, Amazonas State, Brazil. **Geomorph**, v. 44, p. 241-259, 2002.

FROTA FILHO, A. B. **Análise da vulnerabilidade erosiva da Bacia Hidrográfica Colônia Antônio Aleixo**. Manaus, f. 195, 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas.

GALLOPIN, G. C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 293-303, 2006.

GARCEZ, G. S; CARMELLO, M. V. Estatuto da cidade e Plano Diretor: instrumento urbano-ambiental ao desenvolvimento de cidades sustentáveis com área de Zona Costeira. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 119-133, 2017.

GEISER, R. Preservação Ambiental na Área Ocupada. **Boletim Informativo Fundação Brasileira para Conservação da Natureza**, Rio de Janeiro, n. 17, p. 75-85, 1982.

GERASIMOV, J. Problemas metodológicos de la ecologización de la ciência contemporânea. La sociedad y el medio natural. **Editorial Progreso**, Moscou, p. 1-74, 1980.

GOMES, S. S; WACHHOL, F. Dinâmica do uso da terra no município de Iranduba (2005 - 2015) e a relação com os empreendimentos imobiliários. **ACTA Geografia**, Manaus, v. 12, n. 29, p. 159-172, 2018.

GOUDIE, A; VILES, H. **The Earth transformed – an introduction to human Impacts on the environment**. Oxford: Blackwell Publishing, 1997. 276 p.

GUERRA, A. T; GUERRA, A. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 648 p.

GUERRA, A. T; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018. 190 p.

GUERRA, A. T; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. 339 p.

GUERRA, A. T (Org.); GUERRA, A. T; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**: Processos erosivos nas encostas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994, p. 149-209.

Guyot J.L. 1993. Hydrogéochimie des fl euves de l'Amazonie bolivienne. Collection Etudes & Thèses. Paris, ORSTOM, 261 p.

HAIGH, M.J (Org.); HOOKE, J. M. **Environmental Planning. Transactions of the Institute of British Geographers**: Geomorphology, v. 14, n. 2. 1989, p. 241-24.

HONDA, S. C. A et al. Planejamento ambiental e ocupação do solo urbano em Presidente Prudente- SP. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, p. 62-73, 2015.

HONÓRIO, B. **Água da chuva na Amazônia Ocidental: química e composição isotópica**. Manaus, f. 75, 2008. Dissertação (Mestrado em Geociência) - Universidade Federal do Amazonas.

HOOKE, J. M. **Geomorphology in Environmental Planning**. Plymouth, John Wiley and Sons Ltd. 1988. 274 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/iranduba/panorama>. Acesso em: 26 Mai. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/iranduba/panorama>. Acesso em: 12 Mar. 2019.

IBGE. **Banco de Dados de Informações Ambientais**. Rio de Janeiro: Geologia – Sistema de Informações - SIG, 2010.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Geração de imagens coordenação-geral de observação da Terra**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>. Acesso em: 10 Ago. 2019.

IRANDUBA. Plano Diretor. Prefeitura Municipal de Iranduba: Diário Oficial dos Municípios do Estado do Amazonas. Lei n. 121, de 21 de fevereiro de 2016. **Diário Oficial**.

JORDÃO, C; MORETTO, E. M. A vulnerabilidade ambiental e o planejamento do território do cultivo de cana de açúcar. **Revista Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 81-98, 2015.

JORGE, M. C; GUERRA, A (Org.). **Geomorfologia Urbana: Geomorfologia Urbana: Conceitos, Metodologias e Teorias**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 117-145.

JULIÃO, R. P et al. **Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base municipal**. 2009. 93 p. Disponível em: . Acesso em: 7 Ago. 2020.

LACERDA, H. Mapeamento Geomorfológico como Subsídio ao Controle Preventivo da Erosão Urbana em Anápolis-Go. In: 11º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL ABGE. 2005. **Anais [...]** Florianópolis, SC.

LEAL, A. C. **Meio ambiente e urbanização na microbacia do Areia Branca - Campinas - São Paulo**. Rio Claro, f. 154, 1995. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista.

LEITÃO, S. C. **Vulnerabilidade socioambiental relacionada à enchente e voçorocamento na bacia hidrográfica Boa Vista Manaus-AM**. Manaus, f.111, 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas.

LEITE, J. R. M. L. **Sociedade de risco e Estado**. In: CANOTILHO, J. J. C.; LEITE, J. R. M. Direito Constitucional ambiental brasileiro. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2012. p. 157-232.

LIMA, G. F. Questão ambiental e educação: contribuições para o debate. **Ambiente & Sociedade**, NEPAM/UNICAMP, Campinas, n. 5, p. 135-156. Disponível em: <http://rebea.org.br/rebea/arquivos/gustavo.pdf>. Acesso em: 12 Dez. 2018.

LIMA, M. C. **Quando o amanhã vem ontem: a institucionalização da Região Metropolitana de Manaus e a indução ao processo de metropolização do espaço na Amazônia ocidental**. São Paulo, f. 298, 2014. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - Universidade de São Paulo.

LOPES, P. S. **Avaliação Regional da Susceptibilidade a Deslizamentos no Concelho de Santarém**. Portugal, f. 120, 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Lisboa.

MAGALHÃES, V. L; CUNHA, J. E; NÓBREGA, M. T. Indicadores de Vulnerabilidade Ambiental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife-PE, v. 7, n. 6, p. 1133-1144, 2014.

MARTINS, F. O; COSTA, R. A. A compartimentação do relevo como subsídio aos estudos ambientais no município de Ituiutaba-MG. **Sociedade & Natureza**, Belo Horizonte, v. 26, n. 2, 2014.

MATHIAS, D. T; CUNHA, C. M; CARVALHO, P. F. Avaliação De Técnicas De Monitoramento De Processos Erosivos Acelerados Em Área Peri-urbana – São Paulo. **VI Seminário Latino Americano de Geografia Física**, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2010.

MEDRADO, L. C et al. Vulnerabilidade ambiental à perda de solo nas bordas do reservatório da UHE de Itumbiara-GO. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA APLICADA**, Fortaleza, v. 8, 2019.

MENDONÇA, F. **Geografia e meio ambiente**. São Paulo: Cortez, 1993. 80 p.

MUNIZ, A. C et al. **Para conhecer a terra: memórias e notícias de geociência no espaço lusófono**: Geomorfologia e meio ambiente: uma contribuição ao estudo de áreas degradadas nos Sertões dos Inhamuns/Cratéus (Ceará, Brasil). Portugal: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2012, p. 481-492.

NOVO, E. M. **Sensoriamento remoto**: princípios e aplicações. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 387 p.

NUNES, E; NOBREGA JUNIOR, O. B. **Geomorfologia ambiental**. Natal: Universidade Estadual da Paraíba, Universidade federal do Rio Grande do Norte, 2009. 20 p.

NUNES, M. C et al. Susceptibility to water erosion of soils from the municipality Salto do Céu, SW Mato Grosso state, Brazil. **Geografia**, Brasil, v. 38, p. 191-206, 2013.

ONU, União das Nações Unidas. Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives. **Interagency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)**, Suíça, p. 152, 2004.

PARKEY, J. Spatial information for environmental planning. **Relatório Técnico, Anderson County Government**, South Carolina, Estados Unidos, p. 14, 2015.

PHILIPPI, A et al. **Uma Introdução à Questão Ambiental**: Curso de Gestão Ambiental. Barueri: Manole, 2004, p. 3-16.

REBELO, F. **Geografia Física e Riscos Naturais**. Coimbra, v. 1, 2010. 199 p.

RIBEIRO, F. L; CAMPOS, S. Vulnerabilidade à erosão do solo da Região do Alto Rio Pardo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Pardinho, SP, v. 11, n. 6, p. 628-636, 2007.

RIBEIRO, H et al. **Estudo de impacto ambiental como instrumento de planejamento**: Curso de Gestão Ambiental. Barueri – SP: Manole, 2004, p. 759-790. (Coleção Ambiental).

RODRIGUEZ, J. M; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013. 370 p.



RODRIGUEZ, M. A. et al. **Iranduba**: características socioambientais de um município em transformação. Manaus: Documentos Técnicos da FVA, 2014. 4 p.

ROSS, J. L. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. 9. ed. São Paulo: Contexto, 2014. 88 p.

SALOMÃO, F. X et al. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**: Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014, p. 229-267.

SANTOS FILHO, R. D; GUERRA, A (Org.). **Geomorfologia urbana**: Antropogeomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 227-246.

SANTOS, M. R. R. **Contribuições do planejamento ambiental para o planejamento territorial de áreas rurais: proposta de uma estrutura base para elaboração e revisão e Planos Diretores municipais**. São Carlos, f. 198, 2014. Tese (Doutorado em Engenharia ambiental) - Universidade de São Paulo.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental**: Teoria e Prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SANTOS, R. F. **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília: MMA, 2007. 192 p.

SILVA NETO, J. C. Avaliação da Vulnerabilidade à Perda de Solos na Bacia do Rio Salobra, MS, com base nas Formas do Terreno. **Revista Geografia**, Londrina, v. 22, n. 1, p. 05-25, 2013.

SILVA, E. V et al. **Planejamento ambiental e bacias hidrográficas**: Planejamento ambiental em bacias hidrográficas. Fortaleza: Edições UFC, 2011.

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

SILVA, G. J; WERLE, H. J. Planejamento urbano e ambiente nas municipalidades: da cidade à sustentabilidade, da lei à realidade. **Revista Paisagem em Debate**, São Paulo, n. 5, p. 24, 2007.

SILVA, J. S. **Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental**: Estudo de caso: bacia hidrográfica do alto rio Taquari MS/MT. Campinas, f. 332, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade de Campinas.

SILVA, M. O. **Política Habitacional Brasileira: Verso e reverso**. São Paulo: Cortez, 1989. 106 p.

SILVA, R. A et al. Impactos Ambientais Causados Pela Expansão Urbana Do Bairro Inconfidentes, Viçosa, Mg. In: IV SIMPAC. 2013. **Anais [...]** Viçosa-MG: Revista Científica Univiçosa . 199-204 p.

SILVA, R. A et al. Impactos ambientais causados pela expansão urbana do bairro inconfidentes, Viçosa- MG. In: IV SIMPAC. **Anais [...]** Viçosa-MG, 2012. 4 p.

SILVA, V. C; MACHADO, P. S. SIG na análise ambiental: susceptibilidade erosiva da bacia hidrográfica do córrego Mutuca, Nova Lima- Minas Gerais. **Revista de Geografia**, Minas Gerais, v. 31, n. 2, p. 66-87, 2014.

SOUSA, I. S. **A Ponte Rio Negro e a Reestruturação do espaço na região metropolitana de Manaus: Um olhar a partir de Iranduba e Manacapuru.** Manaus: Reggo/UEA, 2015. 176 p.

SOUZA, L. B. A hipérbole mercantil da expansão urbana e suas implicações ambientais. **Mercator**, v. 144, n. 4, p. 159-180, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/mercator/v14nspe/1984-2201-mercator-14-04-spe-0159.pdf>. Acesso em: 7 Ago. 2019.

SÁNCHEZ, L. H. **Avaliação de Impactos Ambientais: conceitos e métodos.** São Paulo: Oficina de Texto, 2008. 87 p.

TAVARES, J. S; VIEIRA, A. F. Análise preliminar da ocorrência de voçorocas na BR 174, Trecho Manaus - Presidente Figueiredo (AM). In: ANAIS DO VIII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. **Anais [...]** Recife: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia - Sensitividade de Paisagens: Geomorfologia e as mudanças ambientais, 2010.

TEIXEIRA, L. F. **Ecoturismo e sustentabilidade social como um desafio para a Amazônia: um estudo em Iranduba.** Manaus, f. 137, 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas.

TEXEIRA, N. F; SILVA, E. V; FARIAS, J. F. Geoecologia das paisagens e planejamento ambiental: discussão teórica e metodológica para a análise ambiental. **Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 9, p. 147-158, 2017.

VALERIANO, M. M. **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais.** São José dos Campos: INPE, 2008. 72 p.

VIEIRA, A. F. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus-AM: principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais.** Florianópolis, f.

310. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de Federal de Santa Catarina, 2008.

VIEIRA, L. G. **Avaliação de impacto ambiental e EIA/RIMA: bases legais e problemas recorrentes**. Londrina, f. 103. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, 2009.

WILLIAMS, L. R.; KAPUTSKA, L. A. Ecosystem vulnerability: a complex interface with technical components. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 19, p. 1055-1058, 2000.

## 7- APENDICES

## 7.1 APENDICE 1: Ficha de cadastro da voçoroca 1.

VOÇOROCAS NA ÁREA URBANA DE IRANDUBA						
FICHA DE CADASTRAMENTO						
DATA DO 1º CADASTRAMENTO: 15/05/2019						
1. LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DA VOÇOROCA: IRANDUBA-AM						Nº 1
ACESSO: Av. Auton Furtado						
BAIRRO: Cidade Nova				ZONA:		
2. COORDENADAS: 3° 16' 20.7" S / 60° 11' 15.6" W						
GPS.: Etrex vista hcx (marca Garmin)						
3. DADOS DA VOÇOROCA						
DATAS DOS MONITORAMENTOS	1º mon. 15/05/19	2º mon. 30/10/19	3º mon.	4º mon.	5º mon.	6º mon.
COMPRIMENTO (m):	22m	22 m				
LARGURA (m):	2,6m	2,6 m				
PROFUNDIDADE (m):	1,35m	1,35m				
DIST. DA PISTA (m)	0	0				
ÁREA: 57,2 m <sup>2</sup>	VOLUME: 85,8 m <sup>3</sup>		DIREÇÃO: 128° N			
TIPO: Desconectada	FORMA: Linear		TAMANHO: Muito pequena			
4. GEOLOGIA: Formação Alter do Chão						
5. GEOMORFOLOGIA: Planalto Dissecado dos rios Uatumã-Jari						
<input type="checkbox"/> PLATÔ		<input type="checkbox"/> BAIXIO			<input checked="" type="checkbox"/> ENCOSTA	
CARACTERÍSTICAS DA ENCOSTA						
<input type="checkbox"/> ENCOSTA SUPERIOR		<input checked="" type="checkbox"/> ENCOSTA MEDIANA			<input type="checkbox"/> ENCOSTA INFERIOR	
FORMA: Côncava/convexa	COMPRIMENTO: 250 m		DECLIVIDADE: 25%			
6. SOLO:						
<input type="checkbox"/> INALTERADO		<input type="checkbox"/> ALTERADO		<input type="checkbox"/> COMPACTADO		<input type="checkbox"/> CROSTAS
<input checked="" type="checkbox"/> LATOSSOLO		<input type="checkbox"/> ESPODOSSOLO		<input type="checkbox"/> ARGISSOLO		<input type="checkbox"/> ATERRO
7. HISTÓRICO DA OCORRÊNCIA						
Possivelmente a voçoroca surgiu a partir da drenagem de águas pluvial da área pavimentada a jusante. No local de ocorrência da voçoroca não há pavimentação.						
8. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A MONTANTE						
Área de Alta declividade, ocupada por habitações e vias pavimentadas.						
9. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A JUSANTE						
Moradias e vias não pavimentadas, vegetação no fundo do vale.						
10. DANOS MATERIAIS						
Perda de área, destruição de parte do arruamento.						
R\$ 10.372,26						
11. DANOS AMBIENTAIS						
Perda de área, degradação do solo, assoreamento do fundo do vale a jusante e utilização da incisão como depósito de lixo doméstico.						
12. MEDIDA DE CONTENÇÃO ADOTADA						
Nenhuma medida de contenção foi adotada pelo poder público, exceto a ação de moradores que depositam resíduos domésticos na incisão na tentativa de conter o processo de erosão.						
13. PREVISÃO DE EVOLUÇÃO						

O processo erosivo encontra-se em lento processo de evolução. Nas bordas a contribuição se faz pelas tubulações das águas servidas (esgoto doméstico)

**14. OBSERVAÇÕES GERAIS**

Por conta da voçoroca o acesso a três casas está comprometido, principalmente no que tange a entrada de veículos.

As informações referentes à área e ao volume contidos nessa ficha foram calculadas com base nas dimensões (comprimento, largura e profundidade) obtidas no segundo monitoramento.

## 7.2. APENDICE 2: Ficha de cadastro da voçoroca 2.

VOÇOROCAS NA ÁREA URBANA DE IRANDUBA						
FICHA DE CADASTRAMENTO						
DATA DO 1º CADASTRAMENTO: 15/05/2019						
1. LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DA VOÇOROCA: Rua Regia Abreu						Nº 2
ACESSO: Rua Régia Abreu						
BAIRRO: Morada do Sol				ZONA:		
2. COORDENADAS: 3° 16' 31.7" S / 60° 11' 43.7" W						
GPS.: Etrex vista hcx (marca Garmin)						
3. DADOS DA VOÇOROCA						
DATAS DOS MONITORAMENTOS	1º mon. 15/05/19	2º mon. 10/11/19	3º mon.	4º mon.	5º mon.	6º mon.
COMPRIMENTO (m):	15m apr.	31 m				
LARGURA (m):	12m apr.	15 m				
PROFUNDIDADE (m):	8m apr.	14,7 m				
DIST. DA PISTA (m)	0	0				
ÁREA: 465 m²	VOLUME: 6.835 m³		DIREÇÃO: 285° N			
TIPO: Conectada	FORMA: Retangular		TAMANHO: Pequena			
4. GEOLOGIA: Formação Alter do Chão						
5. GEOMORFOLOGIA: Planalto Dissecado dos rios Uatumã-Jari						
<input type="checkbox"/> PLATÔ		<input type="checkbox"/> BAIXIO		<input checked="" type="checkbox"/> ENCOSTA		
CARACTERÍSTICAS DA ENCOSTA						
<input type="checkbox"/> ENCOSTA SUPERIOR		<input checked="" type="checkbox"/> ENCOSTA MEDIANA		<input checked="" type="checkbox"/> ENCOSTA INFERIOR		
FORMA: côncava/convexa		COMPRIMENTO: 200 m		Declividade na cabeceira: 5%		
				Declividade na encosta: 50%		
6. SOLO:						
<input type="checkbox"/> INALTERADO		<input checked="" type="checkbox"/> ALTERADO		<input type="checkbox"/> COMPACTADO		<input type="checkbox"/> CROSTAS
<input checked="" type="checkbox"/> LATOSSOLO		<input type="checkbox"/> ESPODOSSOLO		<input type="checkbox"/> ARGISSOLO		<input checked="" type="checkbox"/> ATERRO
7. HISTÓRICO DA OCORRÊNCIA						
Possivelmente a voçoroca surgiu a partir da drenagem de águas pluvial da área pavimentada a montante.						
8. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A MONTANTE						
Vias pavimentadas e casas.						
9. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A JUSANTE						
Fundo de vale com vegetação.						
10. DANOS MATERIAIS						
Perda de área.						
<b>R\$ 84.318, 45</b>						
11. DANOS AMBIENTAIS						
Perda de área, assoreamento do canal a jusante, utilização da incisão como depósito de lixo doméstico.						
12. MEDIDA DE CONTENÇÃO ADOTADA						
De acordo com depoimento de moradores agentes do poder público municipal realizou, no primeiro trimestre de 2019 o aterro da voçoroca. Todavia o problema ainda persiste. Além disso, a ação de moradores que depositam resíduos domésticos na incisão na tentativa de conter o processo de erosão.						

**13. PREVISÃO DE EVOLUÇÃO**

Em 2019, verificou-se evolução nos pontos receptores de água da chuva. Nas bordas a contribuição se faz pelas tubulações das águas servidas (esgoto doméstico). Por se encontrar na pista, esta incisão é considerada de risco imediato.

**14. OBSERVAÇÕES GERAIS**

Segundo moradores a voçoroca apareceu no ano de 2016. Entretanto não foi possível confirmar esta observação através de imagem de satélites.

As informações referentes à área e ao volume contidas nessa ficha foram calculadas com base nas dimensões (comprimento, largura e profundidade) obtidas no segundo monitoramento

## 7.3. APENDICE 3: Ficha de cadastro da voçoroca 3.

VOÇOROCAS NA ÁREA URBANA DE IRANDUBA						
FICHA DE CADASTRAMENTO						
DATA DO 1º CADASTRAMENTO: 15/05/2019						
1. LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DA VOÇOROCA:						Nº 3
ACESSO: Trav. Murici			ZONA:			
BAIRRO: Bairro Alto						
2. COORDENADAS: 3° 16' 40.7" S / 60° 11' 39.0" W						
GPS.: Etrex vista hcx (marca Garmin)						
3. DADOS DA VOÇOROCA						
DATAS DOS MONITORAMENTOS	1º mon. 15/05/19	2º mon. 10/11/19	3º mon.	4º mon.	5º mon.	6º mon.
COMPRIMENTO (m):	30m apr.	40,8 m				
LARGURA (m):	24m apr.	25 m				
PROFUNDIDADE (m):	8m apr.	9,82 m				
DIST. DA PISTA (m)	8,40m	6,42 m				
ÁREA: 1.040 m <sup>2</sup>	VOLUME: 10.212 m <sup>3</sup>		DIREÇÃO: 250° N			
TIPO: Conectada	FORMA: Retangular		TAMANHO: Médio			
4. GEOLOGIA: Formação Alter do Chão						
5. GEOMORFOLOGIA: Planalto Dissecado dos rios Uatumã-Jari						
<input type="checkbox"/> PLATÔ		<input type="checkbox"/> BAIXIO			<input checked="" type="checkbox"/> ENCOSTA	
CARACTERÍSTICAS DA ENCOSTA						
<input type="checkbox"/> ENCOSTA SUPERIOR		<input checked="" type="checkbox"/> ENCOSTA MEDIANA			<input checked="" type="checkbox"/> ENCOSTA INFERIOR	
FORMA: Côncava/convexa		COMPRIMENTO: 150 m			Declividade na cabeceira: 13%	
					Declividade na encosta: 67%	
6. SOLO:						
<input type="checkbox"/> INALTERADO		<input type="checkbox"/> ALTERADO		<input type="checkbox"/> COMPACTADO		<input type="checkbox"/> CROSTAS
<input checked="" type="checkbox"/> LATOSSOLO		<input type="checkbox"/> ESPODOSSOLO		<input type="checkbox"/> ARGISSOLO		<input type="checkbox"/> ATERRO
7. HISTÓRICO DA OCORRÊNCIA						
Possivelmente a voçoroca surgiu a partir da drenagem de água pluviais das vias a montante.						
8. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A MONTANTE						
A montante a área é ocupada por habitações e vias pavimentadas.						
9. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A JUSANTE						
Fundo de vale com vegetação						
10. DANOS MATERIAIS						
Perda de área.						
R\$ 188.583,20						
11. DANOS AMBIENTAIS						
Perda de área, assoreamento do canal a jusante e utilização da incisão como depósito de lixo doméstico.						
12. MEDIDA DE CONTENÇÃO ADOTADA						
Nenhuma medida de contenção foi adotada pelo poder público, exceto a ação de moradores que depositam resíduos domésticos na incisão na tentativa de conter o processo de erosão.						
13. PREVISÃO DE EVOLUÇÃO						
Em 2019, verificou-se rápida evolução nos pontos receptores de água da chuva nas bordas e cabeceiras.						



**14. OBSERVAÇÕES GERAIS**

A voçoroca 03 é de acesso difícil em decorrência da declividade da encosta e vegetação. Isso dificultou o monitoramento da incisão.

As informações referentes à área e volume contida nessa ficha foram calculadas com base nas dimensões (comprimento, largura e profundidade) obtidas no segundo monitoramento.

## 7.4. APENDICE 4: Ficha de cadastro da voçoroca 4.

VOÇOROCAS NA ÁREA URBANA DE IRANDUBA							
FICHA DE CADASTRAMENTO							
DATA DO 1º CADASTRAMENTO: 15/05/2019							
1. LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DA VOÇOROCA: Rua Coari Nº 4							
ACESSO: Rua Coari							
BAIRRO: Alto				ZONA:			
2. COORDENADAS: 3° 16' 53.7" S / 60° 11' 25.3" W							
GPS.: Etrex vista hcx (marca Garmin)							
3. DADOS DA VOÇOROCA							
DATAS DOS MONITORAMENTOS		1º mon. 15/05/19	2º mon. 10/11/19	3º cad.	4º mon.	5º mon.	6º mon.
COMPRIMENTO (m):		14,7m	32 m				
LARGURA (m):		4.20m	7,1 m				
PROFUNDIDADE (m):		6.5m	8,3 m				
DIST. DA PISTA (m)		4,5 m	3,3 m				
ÁREA: 227,2 m <sup>2</sup>		VOLUME: 1.885,76 m <sup>3</sup>		DIREÇÃO: 236° N			
TIPO: Conectada		FORMA: Retangular		TAMANHO: Pequena			
4. GEOLOGIA: Formação Alter do Chão.							
5. GEOMORFOLOGIA: Planalto Dissecado dos rios Uatumã-Jari							
<input type="checkbox"/> PLATÔ <input type="checkbox"/> BAIXIO <input checked="" type="checkbox"/> ENCOSTA							
CARACTERÍSTICAS DA ENCOSTA							
<input type="checkbox"/> ENCOSTA SUPERIOR <input checked="" type="checkbox"/> ENCOSTA MEDIANA <input checked="" type="checkbox"/> ENCOSTA INFERIOR							
FORMA: Convexo/ côncava		COMPRIMENTO: 200 m		Declividade na cabeceira: 20 %			
				Declividade na encosta: 50%			
6. SOLO:							
<input type="checkbox"/> INALTERADO <input type="checkbox"/> ALTERADO <input type="checkbox"/> COMPACTADO <input type="checkbox"/> CROSTAS							
<input checked="" type="checkbox"/> LATOSSOLO <input type="checkbox"/> ESPODOSSOLO <input type="checkbox"/> ARGISSOLO <input type="checkbox"/> ATERRO							
7. HISTÓRICO DA OCORRÊNCIA							
Originou-se a partir da canalização das águas pluviais e servidas despejadas em direção à encosta.							
8. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A MONTANTE							
A montante a área é ocupada por habitações e vias pavimentadas.							
9. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A JUSANTE							
Fundo de vale com vegetação.							
10. DANOS MATERIAIS							
Perda de área							
R\$ 41.198,17							
11. DANOS AMBIENTAIS							
Perda de solo, assoreamento do canal a jusante e utilização da incisão como depósito de lixo doméstico.							
12. MEDIDA DE CONTENÇÃO ADOTADA							
Nenhuma medida de contenção foi adotada pelo poder público, exceto a ação de moradores que depositam resíduos domésticos na incisão na tentativa de conter o processo de erosão.							
13. PREVISÃO DE EVOLUÇÃO							

Em Maio de 2019, observou-se a evolução nos pontos receptores de água da chuva cabeceira e borda esquerda.

**14. OBSERVAÇÕES GERAIS**

A área é difícil acesso por conta da vegetação, o que dificulta o monitoramento e a captação de imagens da incisão.

As informações referentes à área e ao volume contidas nessa ficha foram calculadas com base nas dimensões (comprimento, largura e profundidade) obtidas no segundo monitoramento.

## 7.5. APENDICE 5: Ficha de cadastro da voçoroca 5.

VOÇOROCAS NA ÁREA URBANA DE IRANDUBA						
FICHA DE CADASTRAMENTO						
DATA DO 1º CADASTRAMENTO: 15/05/2019						
1. LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DA VOÇOROCA: Morada do sol Nº 5						
ACESSO: Rua Washington Régis			ZONA:			
BAIRRO: Morada do sol						
2. COORDENADAS: 03° 16' 33.9" S / 60°11' 50.9" W						
GPS.: Etrex vista hcx (marca Garmin)						
3. DADOS DA VOÇOROCA						
DATAS DOS MONITORAMENTOS	1º mon.	2º mon.	3º mon.	4º mon.	5º mon.	6º mon.
	15/05/19	22/10/19				
COMPRIMENTO (m):	59 m apr.	69 m				
LARGURA (m):	17m apr.	23,16 m				
PROFUNDIDADE (m):	12m apr	14,1 m				
DIST. DA PISTA (m)	0	0				
ÁREA: 1.598 m²	VOLUME: 22.533 m³		DIREÇÃO: 37° N			
TIPO: Conectada	FORMA: Retangular		TAMANHO: Grande			
4. GEOLOGIA: Formação Alter do Chão						
5. GEOMORFOLOGIA: Planalto Dissecado dos rios Uatumã-Jari						
<input type="checkbox"/> PLATÔ		<input type="checkbox"/> BAIXIO			<input checked="" type="checkbox"/> ENCOSTA	
CARACTERÍSTICAS DA ENCOSTA						
<input type="checkbox"/> ENCOSTA SUPERIOR		<input checked="" type="checkbox"/> ENCOSTA MEDIANA			<input checked="" type="checkbox"/> ENCOSTA INFERIOR	
FORMA: Côncava / retilínea		COMPRIMENTO: 300 m			Decliv. enc. inferior: 65%	
					Decliv. enc. mediana: 15%	
					Decliv. cabeceira: 5%	
6. SOLO:						
<input type="checkbox"/> INALTERADO		<input type="checkbox"/> ALTERADO		<input type="checkbox"/> COMPACTADO		<input type="checkbox"/> CROSTAS
<input checked="" type="checkbox"/> LATOSSOLO		<input type="checkbox"/> ESPODOSSOLO		<input type="checkbox"/> ARGISSOLO		<input type="checkbox"/> ATERRO
7. HISTÓRICO DA OCORRÊNCIA						
Possivelmente a voçoroca surgiu a partir da drenagem de águas pluvial da área pavimentada a jusante. Segundo moradores o processo erosivo surgiu no ano de 2017, relato confirmado através de imagem de satélite.						
8. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A MONTANTE						
Área ocupada por habitações de caráter residencial e vias pavimentadas.						
9. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A JUSANTE						
Fundo de vale com densa vegetação						
10. DANOS MATERIAIS						
Perda de área, perda de parte das ruas Washington Régis e Vicente Lopes e perda de 6 residências.						
<b>R\$ 289.765,34</b>						
11. DANOS AMBIENTAIS						
Perda de área, perda de solo, assoreamento do canal a jusante e utilização da incisão como depósito de lixo doméstico.						
12. MEDIDA DE CONTENÇÃO ADOTADA						
Nenhuma medida de contenção foi adotada pelo poder público, exceto a ação de moradores que depositam resíduos domésticos na incisão na tentativa de conter o processo de erosão.						

**13. PREVISÃO DE EVOLUÇÃO**

Rápida nas cabeceiras e bodas, com destaque para a esquerda.

**14. OBSERVAÇÕES GERAIS**

Tem cerca de 4 moradias muito próximas da borda da incisão e corre risco de desmoronar. As informações referentes à área e volume contido nessa ficha foram calculadas com base nas dimensões (comprimento, largura e profundidade) obtidas no segundo monitoramento.

## 7.6. APENDICE 6: Ficha de cadastro da voçoroca 6.

VOÇOROCAS NA ÁREA URBANA DE IRANDUBA						
FICHA DE CADASTRAMENTO						
DATA DO 1º CADASTRAMENTO: 15/05/2019						
1. LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DA VOÇOROCA:						Nº 6
ACESSO: Rua Sucupira						
BAIRRO: Bairro Alto				ZONA:		
2. COORDENADAS: 03° 16' 54.6" S / 60° 10' 46.7 W						
GPS.: Etrex vista hcx (marca Garmin)						
3. DADOS DA VOÇOROCA						
DATAS DOS MONITORAMENTOS	1º mon. 15/05/19	2º mon. 22/10/19	3º mon.	4º mon.	5º mon.	6º mon.
COMPRIMENTO (m):	22m apr.	29 m				
LARGURA (m):	12m apr.	14,40 m				
PROFUNDIDADE (m):	7m apr.	10,5 m				
DIST. DA PISTA (m)	9,20m	8 m				
ÁREA: 417,6 m <sup>2</sup>	VOLUME: 4.384,8 m <sup>3</sup>		DIREÇÃO: 120° N			
TIPO: Conectada	FORMA: Retangular		TAMANHO: Pequena			
4. GEOLOGIA: Formação Alter do Chão						
5. GEOMORFOLOGIA: Planalto Dissecado dos rios Uatumã-Jari						
( ) PLATÔ			( ) BAIXIO		( X ) ENCOSTA	
CARACTERÍSTICAS DA ENCOSTA						
( ) ENCOSTA SUPERIOR		( x ) ENCOSTA MEDIANA		( X ) ENCOSTA INFERIOR		
FORMA: Côncava / retilínea		COMPRIMENTO: 120 m		Declividade na cabeceira: 20% Declividade na encosta: 37%		
6. SOLO:						
( ) INALTERADO		( ) ALTERADO		( ) COMPACTADO		( ) CROSTAS
( X ) LATOSSOLO		( ) ESPODOSSOLO		( ) ARGISSOLO		( ) ATERRO
7. HISTÓRICO DA OCORRÊNCIA						
Esta incisão possivelmente surgiu em decorrência canalização das águas pluviais e servidas despejadas em direção à encosta.						
8. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A MONTANTE						
Área é ocupada por prédios residencial e vias pavimentadas.						
9. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A JUSANTE						
Fundo de vale com vegetação e curso d'água que está sendo assoreado pelo material erodido.						
10. DANOS MATERIAIS						
Perda de área e desvalorização dos imóveis localizados na área próxima a incisão.						
<b>R\$ 75.723,40</b>						
11. DANOS AMBIENTAIS						
Perda de solo, assoreamento do canal a jusante e utilização da incisão como depósito de lixo doméstico.						
12. MEDIDA DE CONTENÇÃO ADOTADA						
Nenhuma medida de contenção foi adotada pelo poder público, exceto a ação de moradores que depositam resíduos domésticos na incisão na tentativa de conter o processo de erosão.						

**13. PREVISÃO DE EVOLUÇÃO**

Em maio de 2019, verificou-se evolução nos pontos receptores de água da chuva, cabeceiras e bordas.

**14. OBSERVAÇÕES GERAIS**

As informações referentes à área e ao volume contida nessa ficha foram calculadas com base nas dimensões (comprimento, largura e profundidade) obtidas no segundo monitoramento.