**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**MATHEUS LESCANO GRECCO**

# GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM ÁREAS DE PALAFITAS: DESAFIOS E ALTERNATIVAS DAS DIFERENTES COMUNIDADES DO BRASIL

Ilha Solteira
2024

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MATHEUS LESCANO GRECCO**

# GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM ÁREAS DE PALAFITAS: DESAFIOS E ALTERNATIVAS DAS DIFERENTES COMUNIDADES DO BRASIL

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre. Especialidade: Avaliação, Preservação e Quantificação de Recursos Hídricos.

Prof. Dr. Jefferson Nascimento de Oliveira
**Orientador**

Ilha Solteira
2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

G789g

Grecco, Matheus Lescano.
Gestão de recursos hídricos em áreas de palafitas: desafios e alternativas das diferentes comunidades do Brasil / Matheus Lescano Grecco. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
134 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, 2024

Orientador: Jefferson Nascimento de Oliveira

Inclui bibliografia

1. Aglomerados subnormais. 2. Estimativa populacional. 3. Crescimento de palafitas. 4. SIG.

Amanda Sertori dos Santos
Bibliotecária - CRB/8-9061
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

## IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Este trabalho aborda a importância da gestão dos recursos hídricos e sistemas de informação geográfica na gestão das comunidades de palafitas. Os principais impactos esperados e suas relações com os ODSs são:

- ODS 6: Água Potável e Saneamento: a pesquisa visa analisar o aumento do consumo de água potável, dos efluentes e do lixo gerado.
- ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis: a proposição de alternativas para tornar as comunidades mais resilientes e sustentáveis, melhorando a infraestrutura e habitação nas áreas de palafitas.
- ODS 3: Saúde e Bem-Estar: ao melhorar a gestão dos recursos hídricos, a saúde e o bem-estar dos moradores são diretamente afetados, podendo assim prevenir doenças de veiculação hídrica.

## POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This work addresses the importance of water resources management and geographic information systems in the management of stilt house communities. The main expected impacts and their relationships with the SDGs are:

- SDG 6: Clean Water and Sanitation: the research aims to analyze the increase in consumption of drinking water, effluents and waste generated.
- SDG 11: Sustainable Cities and Communities: proposing alternatives to make communities more resilient and sustainable, improving infrastructure and housing in stilt areas.
- SDG 3: Good Health and Well-Being: by improving the management of water resources, the health and well-being of residents are directly affected, thus being able to prevent water-borne diseases.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

**Câmpus de Ilha Solteira**

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM ÁREAS DE PALAFITAS: DESAFIOS E ALTERNATIVAS DAS DIFERENTES COMUNIDADES DO BRASIL

**AUTOR: MATHEUS LESCANO GRECCO**

**ORIENTADOR: JEFFERSON NASCIMENTO DE OLIVEIRA**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, área: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JEFFERSON NASCIMENTO DE OLIVEIRA (Participaçao Virtual)
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Profa. Dra. LILIANE LAZZARI ALBERTIN (Participaçao Virtual)
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. CRISTIANO POLETO (Participaçao Virtual)
Departamento de Hidromecânica e Hidrologia / Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Ilha Solteira, 22 de agosto de 2024

Dedico este trabalho aos meus pais João Vicente Grecco e Regina Maura Ferreira Lescano Grecco.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, Regina e João, que durante a minha jornada, sempre me apoiaram.

Ao professor Jefferson, pela paciência e disponibilidade em ser meu orientador, tornado o meu sonho possível.

À minha companheira, Carolina, que sempre esteve do meu lado, incentivando a nunca parar de escrever.

À UNESP, pela maior e melhor experiência da minha vida, não apenas em assuntos de conhecimento e cultura, mas também de vivência, assuntos que me fizeram amadurecer imensamente.

## RESUMO

As palafitas são estruturas construídas geralmente em áreas costeiras, ribeirinhas ou em pântanos, que elevam habitações e edifícios acima do nível do solo, muitas vezes utilizando estacas ou pilares como suporte. Embora possam oferecer uma solução para comunidades que enfrentam terrenos alagadiços ou riscos de inundação, as palafitas também apresentam perigos significativos. A precariedade da construção e a falta de infraestrutura adequada podem resultar em riscos de desabamentos, incêndios e doenças, além de contribuírem para a degradação ambiental e a poluição dos corpos d'água devido ao descarte inadequado de resíduos. Neste contexto, o presente trabalho objetivou identificar o crescimento de 15 comunidades de palafitas no Brasil utilizando dados de 2010, 2015 e 2020. Por meio da utilização de dados espaciais e ferramentas de sistema de informação geográfica (SIG), este trabalho identificou a evolução de ocupação por palafitas em diferentes comunidades e de suas respectivas projeções de aumento de consumo de água, retorno de efluentes e geração de lixo para os anos de 2025 e 2030. Por meio de diversos critérios de seleção, as palafitas escolhidas como área de estudo estão distribuídas por todo território brasileiro com três representantes para cada Região do país – Norte (Belém-PA e Manaus-AM), Nordeste (Recife-PE, São Luís-MA e Olinda-PE), Centro-Oeste (Corumbá-MS, Miranda-MS e Cáceres-MT), Sudeste (São Vicente-SP, Guarujá-SP e Rio de Janeiro-RJ) e Sul (São Francisco do Sul-SC, Laguna-SC e Porto Alegre-RS). O estudo constatou um crescimento significativo em 12 das 15 áreas de palafitas analisadas, representando 80% do total. Nas regiões Norte, Centro-Oeste e Sul, 2 das 3 áreas estudadas apresentaram crescimento, enquanto todas as áreas do Nordeste e Sudeste também mostraram expansão. São Vicente-SP destacou-se com a maior projeção populacional. Os estados com maior crescimento foram Amazonas (206%), Maranhão (59%) e São Paulo (84% e 58% nas suas comunidades), indicando uma tendência de aumento populacional até 2030. O estudo também apontou aumentos no consumo de água e na geração de lixo. Em São Vicente-SP, o consumo de água subiu de 651 m³/dia para 1031 m³/dia, enquanto em São Luís-MA, a geração de lixo passou de 1,92 t/dia para 3,07 t/dia. O estudo conclui que o padrão de ocupação em áreas densamente povoadas, como no Sudeste, aumenta os riscos associados ao crescimento desordenado. Para mitigar esses efeitos, recomenda-se a adoção de soluções sustentáveis, como tecnologias de eficiência hídrica, tratamento de esgoto descentralizado e coleta seletiva.



**Palavras-chave**: aglomerados subnormais; estimativa populacional; crescimento de palafitas; SIG.

## ABSTRACT

Stilt houses are structures typically built in coastal, riverside, or swamp areas, elevating homes and buildings above ground level, often using stakes or pillars as support. While they can offer a solution for communities facing marshy land or flood risks, stilt houses also present significant dangers. The precariousness of construction and lack of adequate infrastructure can lead to risks such as collapses, fires, and diseases, in addition to contributing to environmental degradation and water pollution due to improper waste disposal. In this context, the present study aimed to identify the growth of 15 stilt house communities in Brazil using data from 2010, 2015, and 2020. Through the use of spatial data and geographic information system (GIS) tools, this study tracked the occupation growth of stilt houses in different communities and their respective projections for increased water consumption, effluent return, and waste generation for the years 2025 and 2030. Through various selection criteria, the stilt house communities chosen for this study are distributed across the entire Brazilian territory, with three representatives for each region of the country – North (Belém-PA and Manaus-AM), Northeast (Recife-PE, São Luís-MA, and Olinda-PE), Central-West (Corumbá-MS, Miranda-MS, and Cáceres-MT), Southeast (São Vicente-SP, Guarujá-SP, and Rio de Janeiro-RJ), and South (São Francisco do Sul-SC, Laguna-SC, and Porto Alegre-RS). The study found significant growth in 12 of the 15 analyzed stilt house areas, representing 80% of the total. In the North, Central-West, and South regions, 2 out of the 3 areas studied showed growth, while all areas in the Northeast and Southeast also expanded. São Vicente-SP stood out with the highest population growth projection. The states with the highest population growth were Amazonas (206%), Maranhão (59%), and São Paulo (84% and 58% in its communities), indicating a trend of population increase until 2030. The study also identified increases in water consumption and waste generation. In São Vicente-SP, water consumption rose from 651 $m^3$/day to 1031 $m^3$/day, while in São Luís-MA, waste generation increased from 1.92 t/day to 3.07 t/day. The study concluded that the occupation pattern in densely populated areas, such as in the Southeast, increases the risks associated with unplanned growth. To mitigate these effects, the study recommends adopting sustainable solutions such as water efficiency technologies, decentralized sewage treatment, and selective waste collection.



**Keywords**: subnormal agglomerations; population estimate; stilt house growth; GIS.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** - Proporção (%) de domicílios em aglomerados subnormais – Unidade da Federação ..... 22
**Figura 2** - Exemplo de poluição em palafita ..... 23
**Figura 3** - Principais impactos decorrentes das atividades humanas nos recursos hídricos do Brasil ..... 24
**Figura 4** - Poluição de resíduos sólidos provenientes de palafitas em recurso hídrico ..... 25
**Figura 5** - Exemplo de projeto de palafita sustentável e tecnológica adaptada ao movimento dos rios ..... 27
**Figura 6** - Linha do tempo do marco legal do saneamento ..... 29
**Figura 7** - Ciclo de Processamento de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) ..... 32
**Figura 8** - Representação gráfica da curva logística. ..... 36
**Figura 9** - Uso total da água pelas Famílias per capita por dia (litros/habitante/dia) - 2017 ..... 38
**Figura 10** - Municípios Escolhidos da Região Norte ..... 43
**Figura 11** - Municípios escolhidos da Região Nordeste ..... 47
**Figura 12** - Municípios escolhidos da Região Centro-Oeste ..... 51
**Figura 13** - Municípios escolhidos da Região Sudeste ..... 55
**Figura 14** - Municípios escolhidos da Região Sul ..... 59
**Figura 15** - Relação das comunidades de palafita estudadas ..... 65
**Figura 16** - Exemplo de identificação de palafita na Região Norte ..... 66
**Figura 17** - Exemplo de identificação de palafita na Região Nordeste ..... 67
**Figura 18** - Exemplo de identificação de palafita na Região Centro-Oeste ..... 68
**Figura 19** - Exemplo de identificação de palafita na Região Sudeste ..... 69
**Figura 20** - Exemplo de identificação de palafita na Região Sul ..... 70
**Figura 21** - Cenas espaciais para a caracterização do ano de estudo. ..... 72
**Figura 22** - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Amazônica (Cód. 01) ..... 76
**Figura 23** - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Amazônica (Cód. 02) ..... 78

**Figura 24** - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Amazônica (Cód. 03).....80
**Figura 25** - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Nordeste (Cód. 04).....82
**Figura 26** - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Nordeste (Cód. 05).....84
**Figura 27** - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Nordeste (Cód. 06).....86
**Figura 28** - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Sudeste (Cód. 07).....88
**Figura 29** - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Sudeste (Cód. 08).....90
**Figura 30** - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Centro-Oeste (Cód. 09).....92
**Figura 31** - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Centro-Oeste (Cód. 10).....94
**Figura 32** - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Centro-Oeste (Cód. 11).....96
**Figura 33** - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Centro-Oeste (Cód. 12).....98
**Figura 34** - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Sul (Cód. 13).....100
**Figura 35** - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Sul (Cód. 14).....102
**Figura 36** - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Sul (Cód. 15).....104
**Figura 37** - Projeção do crescimento populacional entre 2020 e 2030 para as comunidades estudadas.....111
**Figura 38** - Projeção de consumo e retorno para a região Norte em 2030.....113
**Figura 39** - Projeção de consumo e retorno para a região Nordeste em 2030.....113
**Figura 40** - Projeção de consumo e retorno para a região Sudeste em 2030.....114
**Figura 41** - Projeção de consumo e retorno para a região Centro-Oeste em 2030 114
**Figura 42** - Projeção de consumo e retorno para a região Sul e em 2030.....115

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 1** - Padrões brasileiros de consumo e retorno.....74

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** - Relação das comunidades de palafita estudadas..... 63
**Tabela 2** - Quantidade de construções em cada comunidade estudada.....105
**Tabela 3** - População ao longo dos anos em cada comunidade estudada..... 106
**Tabela 4** - Previsão populacional para as comunidades de estudo – Horizontes 2025 e 2030.....108
**Tabela 5** - Relação final da evolução da população ao longo do tempo..... 109
**Tabela 6** - Projeção de consumo e retorno para as comunidades estudadas.....112

**SUMÁRIO**

**1 INTRODUÇÃO** ..... 18

1.1 OBJETIVOS ..... 20

1.1.1 Objetivo geral ..... 20

1.1.2 Objetivos específicos ..... 20

**2 REVISÃO DE LITERATURA** ..... 21

2.1 IMPACTO DO CRESCIMENTO DAS PALAFITAS NOS RECURSOS HÍDRICOS ..... 21

2.1.1 Crescimento das palafitas no Brasil ..... 21

2.1.2 Impacto ambiental das palafitas nos recursos hídricos ..... 22

2.1.3 Vulnerabilidade dos recursos hídricos e comunidades locais ..... 25

2.1.4 Desafios na gestão das palafitas e dos recursos hídricos ..... 26

2.1.5 Medidas de mitigação e soluções sustentáveis ..... 26

2.2 PROBLEMAS DE SANEAMENTO BÁSICO EM ÁREAS DE PALAFITAS ..... 29

2.2.1 Novo marco do saneamento no Brasil ..... 29

2.2.2 Indicadores e universalização do saneamento ..... 30

2.3 USO DE FERRAMENTAS PARA PLANEJAMENTO E INTERVENÇÃO ..... 32

2.3.1 Sistemas de Informações Geográficas ..... 32

2.3.1.1 Definição e Aplicação ..... 32

2.3.1.2 SIG como Ferramenta de Análise ..... 33

2.3.2 Previsão Populacional ..... 34

2.3.2.1 Método Aritmético ..... 35

2.3.2.2 Método Geométrico ..... 35

2.3.2.3 Método da Curva Logística ..... 36

2.3.2.4 Relações de consumo e retorno ..... 38

2.3.3 Uso e ocupação da terra ..... 39

**3 ÁREAS DE ESTUDO** ..... 42

3.1 REGIÃO NORTE ..... 42
3.1.1 Manaus – AM ..... 44
3.1.2 Belém - PA ..... 45
3.2 REGIÃO NORDESTE ..... 46
3.2.1 Recife – PE ..... 48
3.2.2 São Luís – MA ..... 48
3.2.3 Olinda – PE ..... 49
3.3 REGIÃO CENTRO-OESTE ..... 50
3.3.1 Corumbá-MS ..... 52
3.3.2 Miranda-MS ..... 53
3.3.3 Cáceres-MT ..... 53
3.4 REGIÃO SUDESTE ..... 54
3.4.1 São Vicente-SP ..... 56
3.4.2 Guarujá-SP ..... 56
3.4.3 Rio de Janeiro-RJ ..... 57
3.5 REGIÃO SUL ..... 58
3.5.1 São Francisco do Sul-SC ..... 60
3.5.2 Laguna-SC ..... 60
3.5.3 Porto Alegre-RS ..... 61
**4 MATERIAIS E MÉTODOS** ..... 63
4.1 SELEÇÃO DAS COMUNIDADES ..... 63
4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS PALAFITAS ..... 66
4.2.1 Palafitas na Região Norte ..... 66
4.2.2 Palafitas na Região Nordeste ..... 67
4.2.3 Palafitas na Região Centro-Oeste ..... 68
4.2.4 Palafitas na Região Sudeste ..... 69
4.2.5 Palafitas na Região Sul ..... 70

4.3 ESTIMATIVA CENSITÁRIA....71
4.3.1 Dados espaciais....71
4.3.1.1 Obtenção de dados Espaciais....71
4.3.1.2 Limitações do SIG....72
4.3.2 Quantificação e previsão populacional....73
4.3.3 Estimativa de impactos ao longo do tempo....74
**5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**....75
5.1 QUANTIFICAÇÃO E PREVISÃO POPULACIONAL....75
5.2 ESTIMATIVA DE IMPACTOS AO LONGO DO TEMPO....112
5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS....117
**6 CONCLUSÃO**....120
6.1 QUANTIFICAÇÃO E PREVISÃO POPULACIONAL....120
6.2 ESTIMATIVA DE IMPACTOS AO LONGO DO TEMPO....120
**REFERÊNCIAS**....122

# 1 INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os aglomerados subnormais, que incluem favelas e palafitas, abrigam uma parcela significativa da população urbana. Esses assentamentos são caracterizados pela ocupação irregular do solo, construção desordenada e falta de acesso a serviços públicos essenciais, refletindo a exclusão social e a desigualdade socioeconômica nas cidades brasileiras. Em 2010, no Brasil, contabilizou-se 15.868 setores em aglomerados subnormais, o que correspondia a aproximadamente 5% do total de setores censitários. Esses aglomerados ocupavam uma área de 169,2 mil hectares e abrigavam 3,2 milhões de domicílios particulares permanentes distribuídos entre os 6.329 aglomerados subnormais identificados (IBGE, 2010).

As palafitas enfrentam vários desafios devido à sua precariedade estrutural e falta de infraestrutura básica. Hardoy (1975) destaca que a urbanização acelerada, sem o devido planejamento, resulta em assentamentos informais vulneráveis a desastres naturais, como inundações. Magalhães *et al*. (2023) reforçam essa visão, apontando que a urbanização desordenada é um dos principais fatores que levam à formação de palafitas, evidenciando a necessidade de políticas públicas eficazes para mitigar esses problemas.

As condições de vida nessas áreas são frequentemente precárias, com acesso limitado a saneamento básico e água potável, o que contribui para a propagação de doenças e outros problemas de saúde pública (Gutiérrez, 1996). Rashid *et al*. (2023) destacam que resíduos sólidos e efluentes domésticos não tratados acabam contaminando corpos d'água, causando a degradação da qualidade da água e a disseminação de doenças infecciosas. Além disso, Bashir *et al*. (2020) ressaltam que atividades antropogênicas como urbanização, industrialização e agricultura contribuem significativamente para a eutrofização e introdução de substâncias tóxicas nos ecossistemas aquáticos, impactando a biodiversidade e a saúde humana.

Maricato (2011) afirma que participação comunitária no planejamento urbano e na gestão de recursos hídricos em palafitas é crucial para promover soluções sustentáveis e inclusivas. Guimarães (2023) compartilha o mesmo raciocínio, ressaltando ainda que os investimentos em infraestrutura básica e

saneamento, juntamente com políticas habitacionais inclusivas, são fundamentais para transformar essas áreas e proporcionar uma vida digna aos seus moradores.

Gonzaga *et al*. (2016) afirmam que programas que incentivam a participação comunitária na elaboração e implementação de soluções sustentáveis têm se mostrado eficazes em aumentar a resiliência e a capacidade de resposta a desastres. Rolnik (2015) salienta que para abordar esses desafios, é necessário um esforço colaborativo entre o governo, a sociedade civil e as comunidades locais. A implementação de políticas públicas eficazes deve ser uma prioridade para melhorar as condições de vida nessas áreas.

Estudos indicam que as condições físicas, sociais e econômicas dessas comunidades aumentam significativamente seu risco de sofrerem impactos desproporcionais durante crises ambientais e de saúde pública (Hummell *et al*., 2016; Cutter *et al*., 2003). Além disso, a dificuldade de acesso a recursos e serviços essenciais dificulta a recuperação e a resiliência dessas populações após eventos catastróficos (Flanagan *et al*., 2011; Birkmann *et al*., 2013).

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou identificar o crescimento de 15 comunidades de palafitas no Brasil utilizando dados de 2010, 2015 e 2020. Por meio da utilização de ferramentas de sistema de informação geográfica, este trabalho identificou a evolução de ocupação por palafitas em diferentes comunidades e de seus respectivos aumentos de consumo de água, retorno de efluentes e geração de lixo.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

O objetivo principal deste trabalho foi a identificação do crescimento de 15 comunidades de palafitas no Brasil.

### 1.1.2 Objetivos específicos

i. Mapear a evolução da ocupação por palafitas em diferentes comunidades em todas as regiões do país.
ii. Estimar o aumento do consumo de água, do retorno de efluentes e da geração de lixo nos aglomerados subnormais analisados.

# 2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo discorre sobre algumas temáticas acerca dos impactos do crescimento das palafitas nos recursos hídricos, além de problemas do saneamento básico em áreas de palafitas e do uso de sistemas de informação geográfica para planejamento de intervenção.

## 2.1 IMPACTO DO CRESCIMENTO DAS PALAFITAS NOS RECURSOS HÍDRICOS

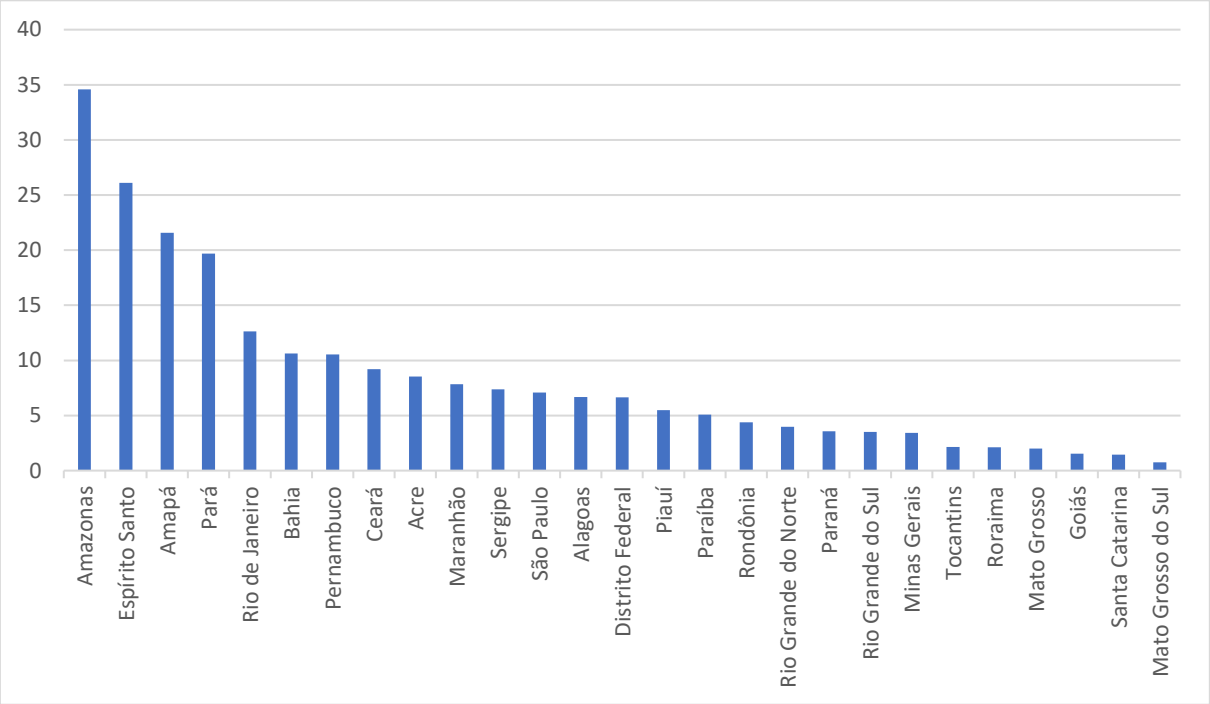
### 2.1.1 Crescimento das palafitas no Brasil

Historicamente, as palafitas eram comuns entre as comunidades indígenas da Amazônia, adaptadas ao ambiente aquático e caracterizadas por estruturas elevadas sobre estacas de madeira para evitar inundações (Hornborg, 2005). Esses assentamentos eram essenciais para a sobrevivência em áreas sujeitas a enchentes sazonais, permitindo que as populações utilizassem os recursos hídricos de maneira sustentável (Lathrap, 1970).

No século XXI, o crescimento das palafitas tem sido impulsionado principalmente pela migração interna e pela urbanização acelerada, especialmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. A expansão urbana desordenada e a falta de habitação adequada em cidades como Manaus e Belém resultaram na proliferação de palafitas nas margens dos rios e igarapés (Moraes; Neves, 2012). Esses assentamentos representam uma resposta imediata à demanda habitacional, mas são frequentemente caracterizados por condições precárias de infraestrutura (Leite Filho, 2010).

A urbanização rápida e a migração rural-urbana têm contribuído significativamente para o aumento das palafitas. A busca por melhores oportunidades de emprego e condições de vida nas cidades leva muitas famílias a ocupar áreas informais e ambientalmente sensíveis, onde constroem suas casas sobre estacas para evitar problemas com inundações (IBGE, 2006; Martin, 2005). Esse movimento tem gerado desafios significativos para a gestão urbana e ambiental nas cidades afetadas (Navarro, 2016).

Figura 1 - Proporção (%) de domicílios em aglomerados subnormais – Unidade da Federação




Fonte: IBGE (2020)

A Figura 1 ilustra a proporção de domicílios em aglomerados subnormais – Unidade da Federação. Segundo o IBGE (2020), os estados de Amazonas, Espírito Santo e Amapá apresentam maior proporção da sua população vivendo em situação precária.

Dentre as causas do crescimento de tal construção, além da urbanização e migração, a pobreza e a desigualdade social desempenham papéis cruciais. As populações mais pobres, muitas vezes sem acesso a crédito habitacional ou a terrenos regulares, são forçadas a ocupar áreas marginais e ambientalmente degradadas, perpetuando um ciclo de exclusão social (Hornborg, 2005).

### 2.1.2 Impacto ambiental das palafitas nos recursos hídricos

A poluição das águas por resíduos sólidos e líquidos é um problema crítico. A descarga direta de esgoto doméstico sem tratamento adequado, comum em muitas áreas de palafitas, contribui para a eutrofização, aumentando os níveis de nutrientes como nitrogênio e fósforo, o que leva à proliferação de algas tóxicas e redução de oxigênio na água (Brown, 2023).

Além disso, a construção de palafitas pode resultar na destruição de habitats naturais. Em manguezais, por exemplo, a remoção de vegetação para

a construção de estacas pode prejudicar a biodiversidade local, afetando espécies de peixes e invertebrados essenciais para o ecossistema (Rivera-Collazo, 2020).

Figura 2 - Exemplo de poluição em palafita



Fonte: Barbosa (2021)

A fauna aquática sofre diretamente com a poluição das águas. A contaminação por amônia e fosfatos, como observado em estudos de vilas costeiras, pode ser letal para muitos organismos aquáticos, diminuindo a diversidade de espécies e alterando o equilíbrio ecológico (Sharma, 2017).

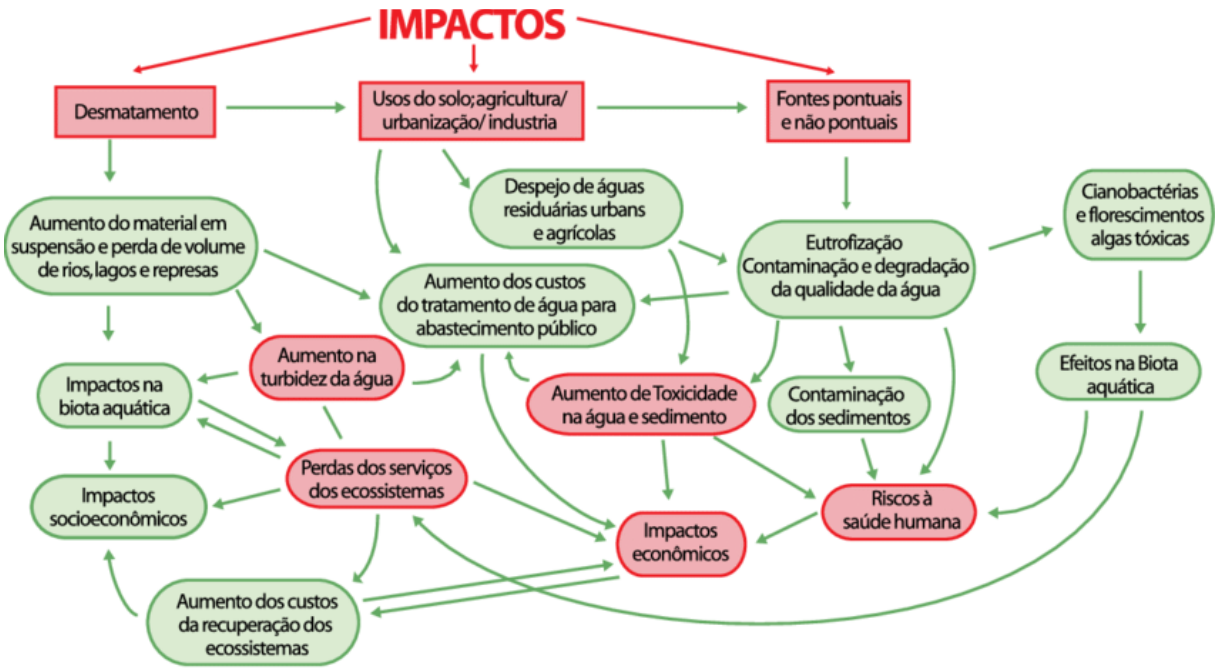
A qualidade da água é outro aspecto afetado negativamente. A presença de contaminantes químicos, como metais pesados e compostos orgânicos, pode tornar a água imprópria para consumo humano e agrícola, além de prejudicar a saúde pública (Hryczyszyn *et al*., 2014).

Impactos indiretos, como a alteração do uso do solo e a drenagem inadequada, são comuns em áreas de palafitas. A construção dessas estruturas frequentemente resulta em desmatamento e degradação do solo, agravando problemas de drenagem e causando um ciclo contínuo de degradação ambiental (Laituri, 2000).

O uso de materiais inadequados na construção de palafitas também contribui para a poluição ambiental. Em muitas áreas, materiais não sustentáveis são utilizados, e sua decomposição libera substâncias tóxicas nas águas (Cisyulia, 2013).

A gestão inadequada dos resíduos gerados pelas palafitas agrava os problemas de poluição das águas. Soluções de saneamento ineficazes ou inexistentes significam que grandes volumes de poluentes são liberados diretamente nos corpos d'água, exacerbando a contaminação e comprometendo a saúde pública. Além disso, a falta de acesso a serviços básicos, como água potável e saneamento, contribui para a vulnerabilidade das comunidades que vivem nessas áreas, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 - Principais impactos decorrentes das atividades humanas nos recursos hídricos do Brasil




Fonte: Tundisi (2014)

Para mitigar esses impactos, é crucial implementar políticas de gestão ambiental que incluam saneamento básico, proteção de áreas ripárias e educação ambiental para as comunidades locais. Projetos de saneamento adequado e o uso de materiais sustentáveis na construção podem reduzir significativamente os impactos ambientais negativos das palafitas (Yakubu, 2023).

### 2.1.3 Vulnerabilidade dos recursos hídricos e comunidades locais

Batista (2017) destaca que a gestão inadequada e a poluição dos recursos hídricos comprometem a disponibilidade de água potável, essencial para o desenvolvimento humano.

Piroli (2022) afirma que a falta de acesso a água potável e saneamento básico afeta diretamente a saúde e a qualidade de vida das populações mais pobres. Além disso, a desigualdade no acesso a esses recursos exacerba as condições de vulnerabilidade, tornando necessário um enfoque mais equitativo nas políticas públicas de distribuição e gestão da água (Batista, 2017).

A variabilidade climática, com eventos extremos como secas e inundações, amplifica ainda mais a vulnerabilidade tanto dos recursos hídricos quanto das comunidades locais. Piroli (2022) afirma que as secas prolongadas podem reduzir drasticamente a disponibilidade de água, afetando a agricultura e o abastecimento urbano, enquanto as inundações podem contaminar fontes de água potável e causar desastres naturais que desestruturam comunidades inteiras.

Figura 4 – Poluição de resíduos sólidos provenientes de palafitas em recurso hídrico



Fonte: Secretaria Estadual de Habitação do Estado de São Paulo (2021)

As infraestruturas em áreas vulneráveis, como as comunidades de palafitas, são frequentemente afetadas por desastres naturais, especialmente inundações. Hummell *et al*. (2016) destacam que essas inundações podem destruir infraestruturas essenciais, como pontes, estradas e sistemas de esgoto,

desabrigando milhares de pessoas e criando um ciclo de vulnerabilidade difícil de romper sem intervenções significativas. A degradação dessas infraestruturas impacta não apenas a mobilidade e o acesso a serviços básicos, mas também compromete a segurança e a saúde das populações afetadas, exacerbando os desafios de recuperação pós-desastre.

A vulnerabilidade social e econômica das populações que vivem em palafitas agrava a situação, tornando-as particularmente suscetíveis a crises. Cutter *et al*. (2003) discutem que a vulnerabilidade a perigos ambientais é amplificada em comunidades que já enfrentam desvantagens socioeconômicas.

### 2.1.4 Desafios na gestão das palafitas e dos recursos hídricos

Martinelli *et al*. (2020) destacam que a intersetorialidade nas políticas públicas é um desafio crucial que deve ser enfrentado com uma articulação eficaz entre diversos setores para garantir resultados positivos. Além disso, os investimentos em infraestrutura básica e saneamento são essenciais para transformar essas áreas e proporcionar uma vida digna aos seus moradores.

Maricato (2011) afirma que a participação comunitária no planejamento urbano e na gestão de recursos hídricos é essencial para promover soluções sustentáveis e inclusivas. A mobilização da comunidade local pode contribuir significativamente para a criação de políticas mais adequadas às necessidades específicas da população.

### 2.1.5 Medidas de mitigação e soluções sustentáveis

A conscientização ambiental e a educação das comunidades são fundamentais para promover práticas sustentáveis. Segundo Citelli *et al*. (2020), a educomunicação socioambiental pode despertar a ecoproatividade cidadã, incentivando as pessoas a adotarem atitudes mais responsáveis em relação ao meio ambiente. Programas educacionais que abordam questões ambientais desde a infância são essenciais para construir uma base sólida de conhecimento e valores ambientais (Bonotto, 2016).

A implementação de áreas verdes e sistemas de drenagem sustentável nas cidades é uma estratégia eficiente para mitigar os impactos das mudanças

climáticas e melhorar a qualidade de vida urbana. Estudos mostram que as Unidades de Conservação, quando associadas a programas de educação ambiental, podem aumentar a percepção pública sobre a importância da conservação e fomentar uma cultura de sustentabilidade (Sorrentino, 2016).

A recuperação de ecossistemas aquáticos é outra medida crucial para a sustentabilidade ambiental. Projetos de recuperação de rios e lagos urbanos não só restauram a biodiversidade, mas também proporcionam espaços de lazer e educação ambiental para a comunidade. A conscientização sobre a importância dos corpos d'água e a participação comunitária são fundamentais para o sucesso desses projetos (Hillesheim, 2021).

A governança participativa é essencial para o desenvolvimento e implementação de políticas ambientais eficazes. Maricato (2011) destaca que a participação comunitária no planejamento urbano é crucial para promover soluções sustentáveis e inclusivas. Essa abordagem garante que as políticas sejam adaptadas às necessidades locais e aumentem o engajamento da população na sua execução.

Figura 5 - Exemplo de projeto de palafita sustentável e tecnológica adaptada ao

movimento dos rios




Fonte: Várzea Engenharia (2019)

A Figura 5 ilustra um exemplo de projeto de palafita sustentável, com a presença de telha plástica termoacústica, placa fotovoltaica, parede sanduíche, madeira Biosintética e elevação hidráulica natural. Essas abordagens, além de tornar a construção mais sustentável, também garante maior segurança para os moradores. Projetos que visam a revitalização de rios e lagos não só melhoram a qualidade da água, mas também criam espaços educativos e recreativos para a comunidade (Hillesheim, 2021).

Ma *et al*. (2012) afirmam que sistemas de saneamento ecológico podem transformar resíduos humanos em recursos valiosos, como o uso de compostagem termofílica para produzir adubos orgânicos que melhoram a qualidade do solo e aumentam a produtividade agrícola. Essa abordagem promove a sustentabilidade ambiental e oferece benefícios econômicos e sociais ao envolver comunidades locais na gestão dos sistemas de saneamento (Nahar *et al*. 2022).

## 2.2 PROBLEMAS DE SANEAMENTO BÁSICO EM ÁREAS DE PALAFITAS

### 2.2.1 Novo marco do saneamento no Brasil

O Novo Marco do Saneamento no Brasil, estabelecido pela Lei nº 14.026/2020, representa um marco importante no setor, visando a universalização dos serviços de água e esgoto no país. Sua cronologia pode ser observada na Figura 6.

Figura 6 - Linha do tempo do marco legal do saneamento




Fonte: Lima (2021)

De acordo com o Brasil (2020), essa legislação visa garantir que 99% da população brasileira tenha acesso à água potável e 90% tenha acesso à coleta e tratamento de esgoto. A adoção do novo marco busca superar a ineficiência histórica das companhias estaduais de saneamento, muitas vezes mal gerenciadas, e criar um ambiente de segurança jurídica que atrairá investimentos tanto públicos quanto privados (Brasil, 2020).

Uma das principais mudanças trazidas pelo novo marco é a obrigatoriedade de regionalização dos serviços de saneamento, o que significa que os municípios devem se unir em blocos regionais para prestar os serviços de forma integrada. Essa medida visa otimizar recursos e tornar a prestação de serviços mais eficiente (Miranda; Mattos, 2018). Além disso, a lei incentiva a

participação privada por meio de concessões, aumentando a competitividade e a eficiência no setor (BRASIL, 2020).

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2020), outro aspecto importante do novo marco é a introdução de metas progressivas e graduais para a expansão dos serviços de saneamento. Essas metas devem ser incluídas nos contratos de concessão e serão monitoradas rigorosamente (ANA, 2020). A ANA terá um papel crucial na regulação do setor, estabelecendo normas de referência e garantindo que as regras sejam uniformes em todo o país (ANA, 2020).

A implementação do novo marco legal também busca melhorar a gestão de resíduos sólidos. A Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foi atualizada para definir novas datas para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos sólidos, variando de acordo com o porte e a situação dos municípios (Brasil, 2010). Essa atualização é crucial para reduzir os impactos ambientais e melhorar a qualidade de vida nas cidades brasileiras (Miranda; Mattos, 2018).

Em termos de benefícios esperados, o novo marco legal do saneamento básico deve trazer avanços econômicos significativos, além de melhorias na saúde pública e na preservação ambiental. A expectativa é de que, com a ampliação dos serviços de saneamento, haja uma redução nas doenças relacionadas à falta de saneamento adequado e uma melhoria na qualidade de vida das populações urbanas e rurais (Brasil, 2020; ANA, 2020).

### 2.2.2 Indicadores e universalização do saneamento

A universalização do saneamento é uma meta essencial para melhorar a saúde pública, reduzir desigualdades sociais e garantir direitos humanos fundamentais. No Brasil, a desigualdade no acesso a serviços de saneamento básico é evidente, com grandes disparidades regionais, especialmente entre as regiões Norte e Nordeste e outras partes do país (Leoneti, 2011). As regiões Norte e Nordeste necessitam de maiores investimentos per capita devido à menor capacidade de pagamento da população, refletindo a urgência de financiamento público e privado no setor.

Os indicadores de saneamento são essenciais para monitorar o progresso na universalização dos serviços de saneamento básico, refletindo diretamente

na qualidade de vida e saúde pública. Segundo Castro (2016), a gestão democrática nos serviços de saneamento é crucial para garantir a universalização e a sustentabilidade dos sistemas. Além disso, Souza *et al*. (2015) ressaltam a importância de promover a saúde e a qualidade de vida através de saneamento eficiente.

A universalização do saneamento é um desafio significativo, especialmente em regiões com menor capacidade de investimento. Estudos mostram que áreas como o Norte e o Nordeste do Brasil necessitam de maiores investimentos per capita para atingir os mesmos níveis de cobertura de saneamento das regiões mais desenvolvidas (Leoneti, 2011). De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2007), o déficit de investimentos e a fragmentação das responsabilidades regulatórias têm sido obstáculos para a ampliação dos serviços.

Os dados indicam que, em 2006, apenas 48,3% da população urbana tinha acesso à coleta de esgoto e apenas 32,2% ao tratamento do esgoto coletado (AESBE, 2007). A baixa cobertura de saneamento está associada a altos índices de doenças transmitidas por água contaminada, como diarreia e cólera, o que reforça a necessidade de investimentos contínuos e eficientes no setor (MSF, 2008).

A introdução de novas políticas e a participação do setor privado são vistas como soluções potenciais para acelerar a universalização do saneamento. Segundo Brasil (2020), o novo marco regulatório do saneamento visa criar um ambiente de segurança jurídica para atrair investimentos privados e melhorar a eficiência dos serviços. Este marco inclui metas progressivas para a expansão dos serviços e incentivos para a regionalização da gestão do saneamento (Brasil, 2020).

A ANA desempenha um papel fundamental na regulação do setor, estabelecendo normas de referência para garantir uniformidade nas práticas de saneamento em todo o país (ANA, 2020). A expectativa é que, com a implementação dessas medidas, o Brasil possa alcançar a universalização dos serviços de saneamento até 2033, beneficiando a saúde pública e o desenvolvimento sustentável.

## 2.3 USO DE FERRAMENTAS PARA PLANEJAMENTO E INTERVENÇÃO

### 2.3.1 Sistemas de Informações Geográficas

#### *2.3.1.1 Definição e Aplicação*

De acordo com Bolstad (2016), os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são ferramentas tecnológicas que permitem a captura, armazenamento, análise e visualização de dados geográficos. Esses sistemas desempenham um papel crucial em diversas áreas, desde o planejamento urbano até a gestão ambiental. Segundo Tomlinson (2007), os SIGs são baseados em tecnologias de sensoriamento remoto, GPS e bancos de dados geográficos.

A aplicação de SIG tem sido amplamente utilizada na análise e gestão de recursos naturais. Jensen (2005) destaca que os SIGs são fundamentais para a tomada de decisões relacionadas ao uso da terra, manejo florestal, gestão de recursos hídricos e conservação da biodiversidade. Eles permitem a integração de dados espaciais complexos e a identificação de padrões e tendências geográficas. De acordo com Câmara *et al*. (2018), os SIGs integram recursos de hardware, software, dados geográficos e métodos analíticos para apoiar a tomada de decisões baseadas em informações geográficas. A Figura 7 ilustra o ciclo de processamento geral do SIG.

Figura 7 - Ciclo de Processamento de um Sistema de Informação Geográfica (SIG)




Fonte: Adaptado de Bolstad (2016)

No campo da saúde pública, os SIGs têm sido utilizados para mapear a distribuição de doenças e planejar intervenções. Segundo Rushton (2003), os SIG desempenham um papel crucial na epidemiologia espacial, permitindo uma abordagem mais precisa e direcionada no combate a doenças. De acordo com Gatrell *et al*. (1996), os SIGs permitem a identificação de áreas de alto risco, a análise de fatores ambientais associados à saúde e a avaliação do acesso a serviços de saúde. Essas informações são cruciais para o desenvolvimento de políticas de saúde eficazes. Segundo Bolstad (2016), os SIGs possibilitam a compreensão de fenômenos espaciais, como padrões de uso da terra, distribuição de recursos naturais, movimentos populacionais e localização de infraestruturas.

Na área de transportes, os SIGs desempenham um papel fundamental no planejamento e na otimização de rotas e redes viárias. Segundo Miller e Shaw (2001), os SIGs permitem a análise espacial de dados de tráfego, a previsão de demanda e a avaliação de impactos ambientais. Segundo Chang (2019), os SIGs permitem a integração de dados de sensoriamento remoto, fornecendo uma visão abrangente dos processos ambientais e auxiliando na formulação de políticas sustentáveis.

Na gestão de desastres naturais, os SIGs são ferramentas valiosas para a prevenção, mitigação e resposta a eventos catastróficos. DeMers (2009) destaca que os SIGs permitem a identificação de áreas de risco, a simulação de cenários e a tomada de decisões informadas durante desastres como enchentes, terremotos e incêndios florestais.

No Brasil, os SIGs têm sido amplamente utilizados em diversos setores. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é uma das principais fontes de dados geoespaciais do país. O Cadastro Nacional de Informações Territoriais (CNIT) e a Base Cartográfica Contínua do Brasil (BCCB) são exemplos de iniciativas do IBGE que fornecem informações geográficas atualizadas (IBGE, 2020).

#### *2.3.1.2 SIG como Ferramenta de Análise*

Schuurman *et al*. (2007) demonstram como os SIGs podem ser usados para mapear a distribuição de doenças e identificar áreas de maior incidência. Isso possibilita a alocação eficiente de recursos de saúde, o planejamento de

campanhas de vacinação e a identificação de fatores de risco associados a determinadas doenças. Jensen e Cowen (2010) discutem o uso de SIGs para avaliar mudanças no uso do solo, monitorar a qualidade da água e identificar áreas de conservação prioritárias. Essas análises espaciais contribuem para o planejamento de políticas de conservação, identificação de áreas sensíveis e avaliação de impactos ambientais.

Batty (2013) destaca a importância dos SIGs na modelagem de crescimento urbano, no planejamento de transportes e na identificação de áreas de vulnerabilidade social. Essas análises contribuem para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficientes e sustentáveis. Na agricultura, os SIGs têm sido aplicados para otimizar o manejo de culturas, identificar áreas de maior produtividade e monitorar o uso de recursos naturais. Wardlow e Egbert (2008) mostram como os SIGs podem auxiliar na detecção precoce de estresses nas plantas, como deficiência hídrica e doenças, por meio da análise de índices de vegetação que podem ser obtidos a partir de imagens de satélite.

Golledge *et al*. (2011) destaca o papel dos SIGs na modelagem de demanda de transporte, na identificação de congestionamentos. Smith e Li (2018) destacam a importância dos SIGs na identificação de áreas propensas a deslizamentos de terra, inundações e outros desastres, permitindo a tomada de decisões informadas para minimizar impactos e proteger vidas.

Além disso, os SIGs têm sido aplicados na área de segurança pública, permitindo a análise de dados criminais, identificação de áreas de maior incidência criminal e otimização do policiamento. Chainey *et al*. (2008) aborda o uso de SIGs na análise de crimes em áreas urbanas, identificando padrões espaciais e auxiliando na elaboração de estratégias de prevenção e combate ao crime.

### 2.3.2 Previsão Populacional

Para fins de gestão de recursos hídricos é importante compreender o atual cenário do problema a ser enfrentado, bem como estimar possíveis impactos futuros. O atual cenário indica os atuais desafios do planejamento, enquanto as estimativas indicam o caminho que se deve seguir para que o plano seja efetivo a longo prazo.

O dado censitário é relevante para a estimativa de demandas e consequente impactos antrópicos no ambiente. Atualmente, o IBGE mantém dados atualizados da média de habitantes por residência do último censo (2,79 hab./residência, ano base em 2022), fornecendo dados para quantificação estimada da população atual em qualquer área, bem como para estimativas futuras.

O ano de 2030 apresenta-se como horizonte de planejamento particularmente importante para os recursos hídricos, sendo a meta de universalização do saneamento (ONU, 2015). Nesse sentido, destacam-se os estudos demandas futuras de necessidade de abastecimento esgotamento sanitário, baseados em previsões populacionais, conforme descrito por Tsutya e Alem Sobrinho (1999), pelos métodos aritmético, geométrico e da curva logística.

#### *2.3.2.1 Método Aritmético*

Esse método leva em conta uma taxa de crescimento constante na população. Assim, a partir dos últimos dois censos, é possível prever a população para um ano de projeção t, utilizando as formulações apresentadas nas equações 1 e 2.

$$P = P_2 + k_a * (t - t_2) \quad \textit{[Eq. 1]}$$

Onde:

$$k_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \quad \textit{[Eq. 2]}$$

Sendo:

$t$ - Ano de projeção

$t_1$ e $t_2$ - Anos dos censos, sendo $t_2 > t_1$

$P_1$ – População no ano $t_1$

$P_2$ – População no ano $t_2$

#### *2.3.2.2 Método Geométrico*

Tal método considera que, durante um mesmo espaço de tempo, a população cresce uma mesma porcentagem. Com isso, a partir dos últimos censos, é possível estabelecer uma curva geométrica para encontrar as

previsões para o início, meio e fim do horizonte de projeto. A formulação do método é apresentada na equação 3.

$$P = P_2 + e^{k_g(t-t_2)} \quad \textit{[Eq. 3]}$$

Onde:

$$k_g = \frac{ln\ P_2 - ln\ P_1}{t_2 - t_1} \quad \textit{[Eq. 4]}$$

Sendo:

$t$ - Ano de projeção

$t_1$ e $t_2$ - Anos dos censos, sendo $t_2 > t_1$

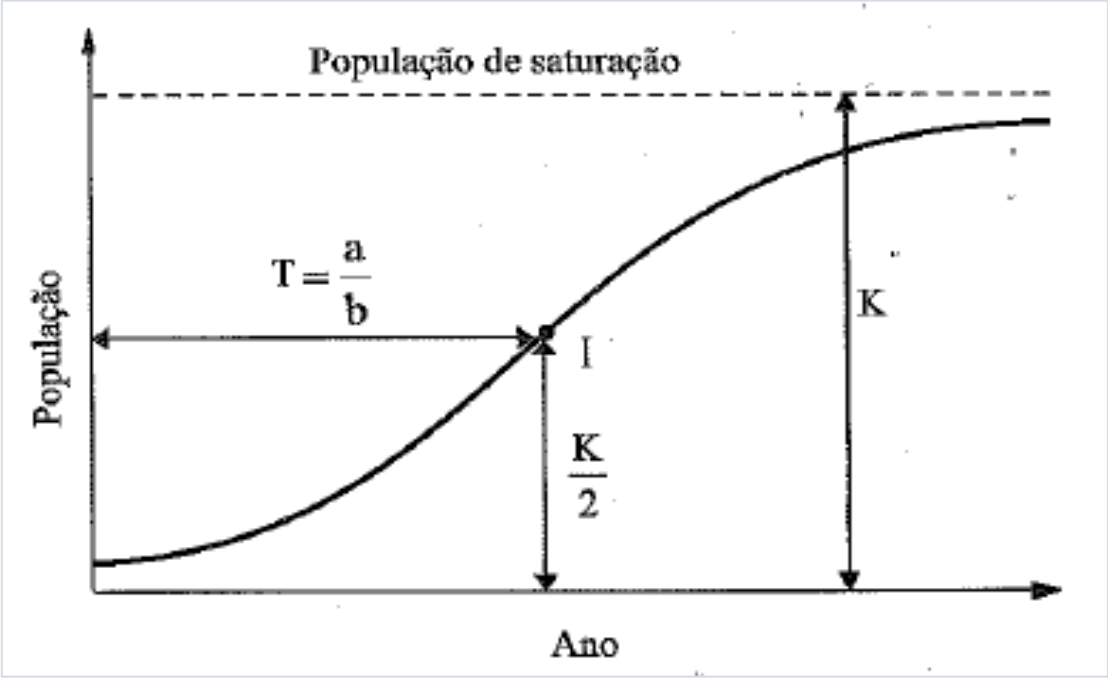
$P_1$ – População no ano $t_1$

$P_2$ – População no ano $t_2$

### *2.3.2.3 Método da Curva Logística*

Nesse método, o crescimento da população é dado de forma assintótica em função do tempo para um valor limite de saturação (K), como representado graficamente na Figura 8.

Figura 8 - Representação gráfica da curva logística.




Fonte: Tsutiya, 2006

Diferente dos outros métodos, para o de curva logística é necessária a verificação de três condições, sendo elas:

- $t_0, t_1\ e\ t_2$ devem ser igualmente espaçados
- $P_0 < P_1 < P_2$
- $P_0 * P_2 < {P_1}^2$

A formulação da curva logística é apresentada na equação 5.

$$P = \frac{K}{1+e^{a-b(t-t_0)}} \quad \textit{[Eq. 5]}$$

Onde:

$$K = \frac{2*P_0*P_1*P_2-(P_1)^2(P_0+P_2)}{P_0*P_2-(P_1)^2} \quad \textit{[Eq. 6]}$$

$$b = -\frac{1}{0{,}4343*d} * log\ \frac{P_0(K-P_1)}{P_1(K-P_0)} \quad \textit{[Eq. 7]}$$

$$a = -\frac{1}{0{,}4343} * log\ \frac{K-P_0}{P_0} \quad \textit{[Eq. 8]}$$

Sendo:

$t$ - Ano de projeção

$t_1$ e $t_2$ - anos dos censos, sendo $t_2 > t_1$

$P_1$ – População no ano $t_1$

$P_2$ – População no ano $t_2$

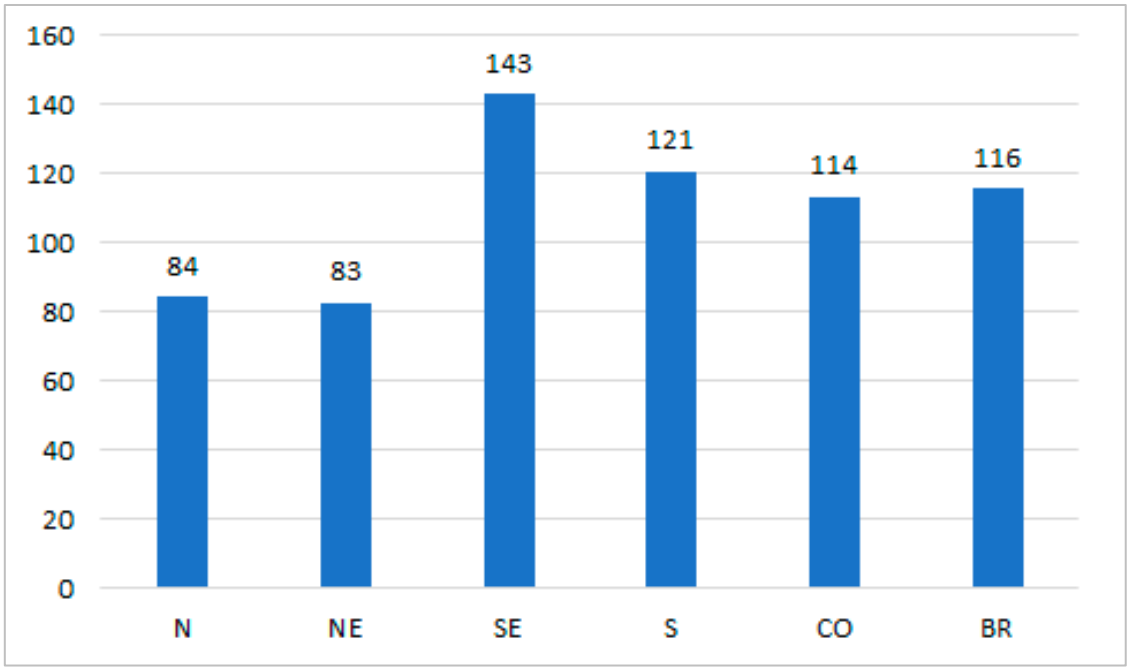
$d$ – Intervalo constante entre os anos

### *2.3.2.4 Relações de consumo e retorno*

Tsutya e Alem Sobrinho (1999) descrevem que o impacto gerado pelo crescimento populacional na demanda de abastecimento está ligado ao consumo per capita, característico de cada região. Os autores destacam, também, que o retorno para o esgotamento sanitário guarda relação estreita com o montante consumido, variando entre 50% e 90%. Em caso de ausência de dados de campo, a NBR 9649 (ABNT, 1986), recomenda a utilização do coeficiente de retorno de 80%

As estimas de consumo, entretanto, eram usualmente comprometidas pela lacuna de dados de consumo, antes desatualizado desde 1905 (Tsutya, 2006). Entretanto, um estudo de padrões de consumo de água realizado pelo IBGE (AGÊNCIA IBGE, 2017), constatou diferentes comportamentos em diferentes regiões do país. O instituto destacou a região Sudeste com maior consumo, atingindo a média de 143 l/hab.dia, enquanto o menor consumo foi identificado na região Norte, com 83 l/hab.dia. A Figura 9, apresenta o padrão de consumo identificado no estudo.

Figura 9 - Uso total da água pelas Famílias per capita por dia (litros/habitante/dia) - 2017




Fonte: Adaptado de Agência IBGE (2017).

Dessa forma, com a evolução dos estudos e dados atualizados, os padrões de consumo total de uma região de estudo ao longo do tempo podem ser identificados relacionando a previsão populacional e o consumo per capita, conforme a equação 9.

$$consumo\ diário\ total = nº\ de\ habitantes\ x\ consumo\ per\ capita \quad \textit{[Eq. 9]}$$

Por relação direta com o coeficiente de retorno, pode-se obter também a estimativa diária de efluentes lançados para o horizonte de planejamento. Dessa forma, pode-se estimar impactos gerados, além de relacioná-los com outras fontes como, por exemplo, o lixo produzido. Conforme dados do panorama de resíduos sólidos do Brasil (ABRELPE, 2020), em 2019, cada brasileiro produziu em torno de 379,2 kg de lixo. Portanto os impactos da presença humana são diversos, e devem ser considerados para fins de planejamento.

### 2.3.3 Uso e ocupação da terra

De acordo com Tucci (2001), a cobertura da bacia tem um impacto direto nos parâmetros hidrológicos, especialmente no comportamento dos escoamentos superficiais. Nas áreas com menor permeabilidade, como as regiões urbanas, por exemplo, a formação do escoamento é mais rápida devido à baixa capacidade de infiltração dos volumes de precipitação, resultando em escoamento superficial mais imediato e com velocidades maiores, em virtude das superfícies regularizadas.

Collischonn e Dornelles (2013) ressaltam a importância do processo Hortoniano, que ocorre quando o excesso de chuva não consegue ser absorvido pelo solo, devido à baixa capacidade de infiltração, levando à formação de escoamento superficial. Esse processo é especialmente relevante em áreas onde o solo foi modificado pela ação humana, seja em ambientes urbanos ou rurais.

Para entender melhor o comportamento hidrológico da bacia, torna-se essencial a caracterização do uso e ocupação do solo. No Brasil, o Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra (MapBiomas), criado em 2015 e ainda em atividade, desempenha um papel fundamental, fornecendo um banco

de dados de imagens espaciais tratadas e classificadas anualmente, o que permite uma análise mais precisa do uso das terras.

No contexto urbano, o uso do solo está diretamente relacionado ao crescimento das cidades e à expansão das áreas urbanizadas. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostram que, no Brasil, cerca de 84% da população vive em áreas urbanas, o que intensifica a demanda por espaços urbanizados e infraestrutura adequada.

A expansão urbana desordenada e o desmatamento para fins agropecuários são desafios significativos relacionados ao uso do solo. Segundo Souza *et al*. (2018), a falta de planejamento e a ocupação irregular de áreas vulneráveis podem levar a problemas como a degradação ambiental, a impermeabilização do solo e a perda de biodiversidade. Dados do Sistema Nacional de Cadastro Rural (SNCR) mostram que, no período de 2010 a 2020, o desmatamento na Amazônia Legal atingiu uma área de aproximadamente 65.000 km².

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG) tem contribuído para o monitoramento e análise do uso do solo. Seto *et al*. (2012) destaca a importância do sensoriamento remoto na identificação e classificação dos diferentes tipos de cobertura e uso do solo. O uso de imagens de satélite aliado a técnicas de processamento digital permite a obtenção de informações precisas sobre os padrões de ocupação do solo e suas mudanças ao longo do tempo.

A compreensão dos padrões de uso do solo é fundamental para o planejamento territorial e a gestão ambiental. Lambin *et al*. (2018) abordam a importância do monitoramento contínuo do uso do solo para avaliar os impactos das atividades humanas no meio ambiente.

Além disso, o uso e ocupação do solo também estão diretamente relacionados à segurança e resiliência das áreas urbanas. Alberti (2008) enfatiza a importância de planejar e gerenciar as áreas urbanas de forma a minimizar os riscos de desastres naturais, como inundações e deslizamentos de terra. O conhecimento dos padrões de uso do solo permite identificar áreas de maior vulnerabilidade e implementar medidas de mitigação adequadas.

Os padrões de uso do solo podem variar significativamente entre diferentes regiões e países. Seto *et al*. (2012) analisaram a expansão urbana em escala

global e constataram que, entre 1970 e 2000, a área urbana duplicou em tamanho, ocupando uma área equivalente à metade da Índia. Essa expansão urbana acelerada tem impactos significativos no meio ambiente, na disponibilidade de recursos naturais e na qualidade de vida das populações.

A compreensão dos padrões de uso do solo também é relevante para a conservação da biodiversidade. Foley *et al*. (2005) destacam a importância de preservar áreas de vegetação nativa e promover a conectividade entre os habitats naturais. A conversão de áreas naturais para atividades agrícolas, urbanização e infraestrutura representa uma ameaça à biodiversidade, afetando a sobrevivência de espécies e a saúde dos ecossistemas.

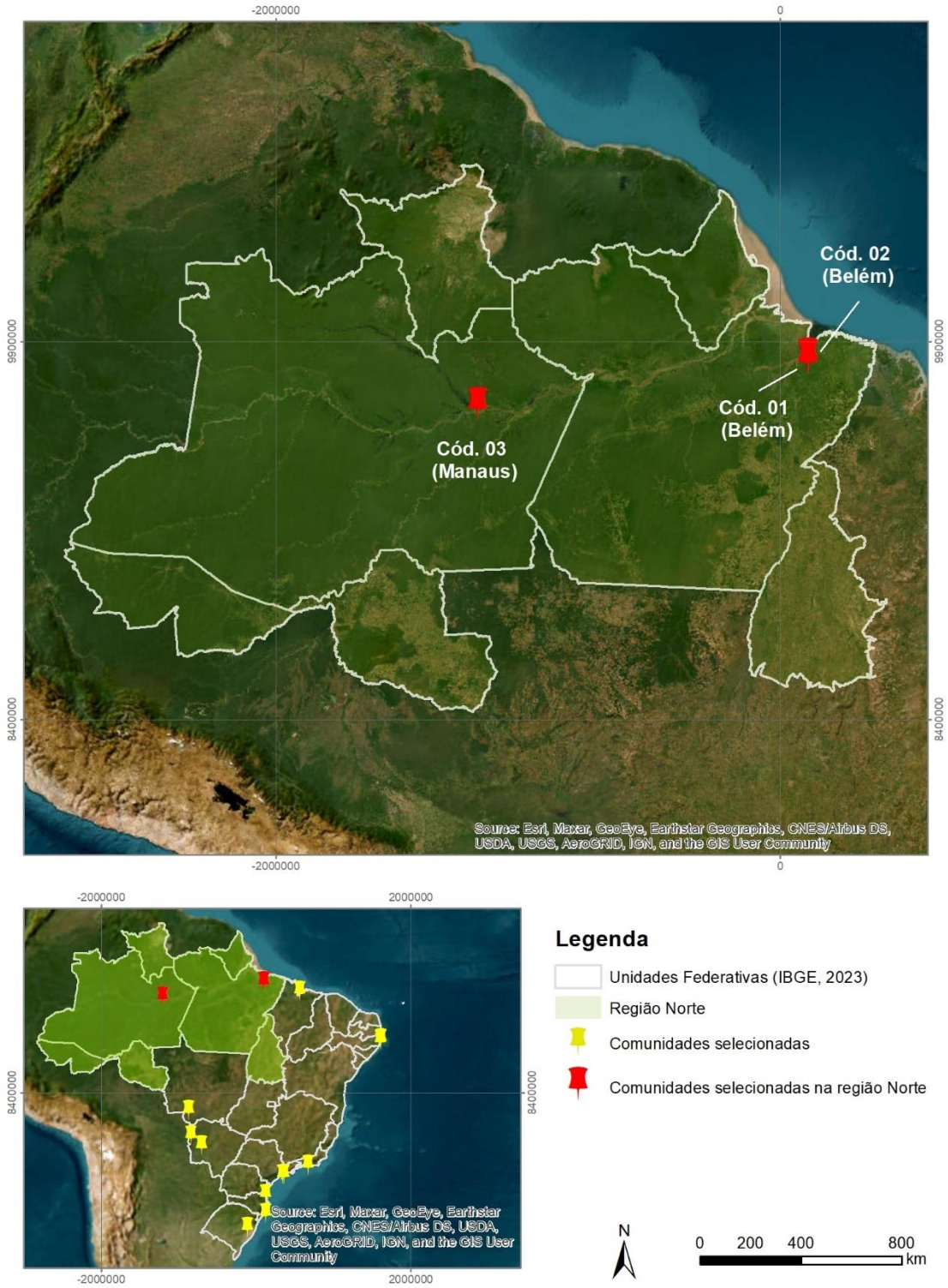
# 3 ÁREAS DE ESTUDO

Este capítulo discorre sobre os municípios cujas palafitas foram escolhidas com o intuito de expor as informações relevantes acerca de geomorfologia, pedologia, clima, aspectos sociais e disponibilidade hídrica.

## 3.1 REGIÃO NORTE

Para a Região Norte, foram escolhidos os municípios de Belém-PA e Manaus-AM, conforme ilustrado na Figura 10 abaixo.

Figura 10 - Municípios Escolhidos da Região Norte




Fonte: Elaboração do próprio autor.

### 3.1.1 Manaus – AM

O município de Manaus, situado no estado do Amazonas, Brasil, encontra-se na região Norte do país. A cidade está localizada aproximadamente entre as coordenadas de latitude 3.1190° S e longitude 60.0212° W. Manaus é a capital do Amazonas e tem uma posição estratégica no coração da Floresta Amazônica, sendo também um importante centro econômico da região.

De acordo com o IBGE (2021), a população de Manaus era de aproximadamente 2,219 milhões de habitantes.

A cidade está situada na confluência dos rios Negro e Solimões, formando o rio Amazonas, no centro da maior floresta tropical do mundo. Possui área total de 11.401,092 km² e densidade demográfica de 181 habitantes por km².

O município de Manaus apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,737, considerado alto pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

A geomorfologia de Manaus é caracterizada por uma topografia que inclui planícies aluviais, terraços fluviais e áreas de terra firme, influenciada pela dinâmica dos rios Negro e Solimões. Segundo Sombroek (2001), a região é predominantemente plana, com elevações modestas e extensas áreas de várzea que sofrem inundações periódicas. Essas características geomorfológicas são fundamentais para compreender a distribuição dos solos e a disponibilidade hídrica na região.

Os solos de Manaus, conforme descrito por Quesada *et al*. (2010), são majoritariamente latossolos e argissolos, conhecidos por sua baixa fertilidade natural. Esses solos são resultantes de um processo de intemperismo intenso, que leva à lixiviação de nutrientes essenciais, tornando-os ácidos e pobres em nutrientes. Em áreas de várzea, os solos são mais férteis devido à deposição regular de sedimentos ricos em nutrientes trazidos pelas inundações sazonais dos rios.

A disponibilidade hídrica em Manaus é vasta, porém, a qualidade da água pode ser comprometida por fatores naturais e antropogênicos. Os rios Negro e Solimões fornecem grandes volumes de água doce, mas a sedimentação e a poluição urbana representam desafios significativos para a gestão dos recursos

hídricos. Políticas públicas eficazes são necessárias para garantir o abastecimento de água potável e a preservação dos ecossistemas locais.

### 3.1.2 Belém - PA

O município de Belém, situado no estado do Pará, Brasil, encontra-se na região Norte do país. A cidade é delimitada pelas coordenadas aproximadas de latitude 1.4550° S e longitude 48.5038° W, estando às margens da Baía do Guajará, um estuário do Rio Amazonas (IBGE, 2021).

O município de Belém apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,746, considerado alto pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

Ainda segundo IBGE (2021), é a cidade mais populosa do estado e a décima primeira do Brasil, com uma população estimada em 1.506.420 habitantes em 2021. Belém faz parte da Região Metropolitana de Belém, que possui cerca de 2,6 milhões de habitantes.

Belém possui um Produto Interno Bruto (PIB) de R$ 30.835.763.450 mil, sendo o maior do estado do Pará e o décimo quarto do Brasil. As principais atividades econômicas são o comércio, os serviços, a indústria e o turismo.

A geomorfologia de Belém, no Pará, é influenciada pela proximidade com a foz do rio Amazonas e pela presença de inúmeros canais e igarapés que formam uma planície de inundação. Esta configuração geomorfológica resulta em solos predominantemente aluviais, influenciando diretamente a urbanização e os desafios ambientais da cidade (RADAMBRASIL, 1973).

Os solos de Belém são caracterizados por gleissolos, que são solos saturados de água na maior parte do ano, devido às inundações sazonais. Estes solos são ácidos e apresentam baixa fertilidade natural, exigindo manejo especializado para atividades agrícolas e construção (RADAMBRASIL, 1973).

A disponibilidade hídrica em Belém é abundante devido ao grande volume de água doce dos rios e à alta pluviosidade. No entanto, a qualidade da água é frequentemente comprometida pela poluição urbana e sedimentação. Estudos indicam que uma gestão eficiente dos recursos hídricos é essencial para garantir a sustentabilidade ambiental e o abastecimento da população (RBRH, 2023).

## 3.2 REGIÃO NORDESTE

Para a Região Nordeste, foram escolhidos os municípios de Recife-PE, São Luís-MA e Olinda-PE, conforme ilustrado na Figura 11 abaixo.

Figura 11 - Municípios escolhidos da Região Nordeste




Fonte: Elaboração do próprio autor.

### 3.2.1 Recife – PE

Recife é um município brasileiro e capital do estado de Pernambuco, localizado na região Nordeste do país. De acordo com o IBGE (2021), é o município mais populoso do estado e a nona do Brasil, com uma população de 1.488.920 habitantes.

A cidade está situada na planície costeira, na foz dos rios Capibaribe e Beberibe, que formam um delta e deságuam no Oceano Atlântico. Possui uma área total de 218,435 km² e densidade demográfica de 6.816,3 habitantes por km².

O município de Recife apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,772, considerado alto pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

A geomorfologia de Recife, Pernambuco, é definida por uma planície costeira formada por diversos terraços marinhos e planícies de inundação, com destaque para os depósitos quaternários que influenciam a morfologia atual da cidade.

A disponibilidade hídrica em Recife e na Região Metropolitana é significativamente impactada por variações sazonais e pela demanda crescente da população. A precipitação anual média na região, que varia entre 1.200 e 2.200 mm, concentra-se principalmente nos meses de maio a julho. Durante a estação seca, muitos dos cursos d'água diminuem suas vazões, especialmente nas áreas mais distantes do litoral, resultando em desafios de abastecimento. A bacia do Rio Capibaribe, principal rio da região, sofre com a pressão da urbanização e das captações, tornando essencial uma gestão sustentável dos recursos hídricos disponíveis (Moreira *et al*., 2002).

### 3.2.2 São Luís – MA

São Luís é um município brasileiro e capital do estado do Maranhão, localizado na região Nordeste do país. De acordo com o IBGE (2021), é a cidade mais populosa do estado e a 15ª do Brasil, com uma população de 1.037.775 habitantes.

A cidade está situada na ilha de Upaon-Açu, no litoral norte do Maranhão, na foz dos rios Anil e Bacanga, que desembocam na baía de São Marcos. Possui

uma área total de 582,974 km² e densidade demográfica é de 1.780,1 habitantes por km².

O município de São Luís apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,768, considerado alto pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

A geomorfologia de São Luís, Maranhão, é caracterizada por uma combinação de planícies costeiras, manguezais e áreas de duna, formadas por processos sedimentares quaternários.

Os solos de São Luís são variados, incluindo solos aluviais, arenosos e argilosos. Os solos aluviais são predominantes nas planícies de inundação, enquanto os arenosos são comuns nas áreas de duna.

A disponibilidade hídrica em São Luís é alta, graças à pluviosidade elevada e à presença de rios e igarapés. No entanto, a qualidade da água é afetada pela poluição urbana e pela gestão inadequada dos recursos hídricos. Políticas públicas eficazes são essenciais para garantir o abastecimento de água potável e a preservação dos ecossistemas aquáticos (Guerra *et al*., 2015).

### 3.2.3 Olinda – PE

Olinda é um município brasileiro e uma das cidades históricas do país, localizada na região Nordeste, no estado de Pernambuco. É a quinta cidade mais populosa do estado e a 185ª do Brasil, com uma população de 397.268 habitantes (IBGE, 2021).

A cidade está situada no litoral norte de Pernambuco, na zona da mata, entre os rios Beberibe e Capibaribe. Possui área total de 43,55 km² e densidade demográfica de 9.122,11 habitantes por km².

O município de Olinda apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,735, considerado alto pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

A geomorfologia de Olinda, Pernambuco, é definida por uma combinação de planícies costeiras e colinas residuais. A cidade está situada sobre uma série de terraços marinhos e fluviais que foram formados por processos de sedimentação ao longo do período Quaternário.

Os solos de Olinda são predominantemente aluviais nas áreas de planície, enquanto as áreas mais elevadas apresentam solos argilosos e

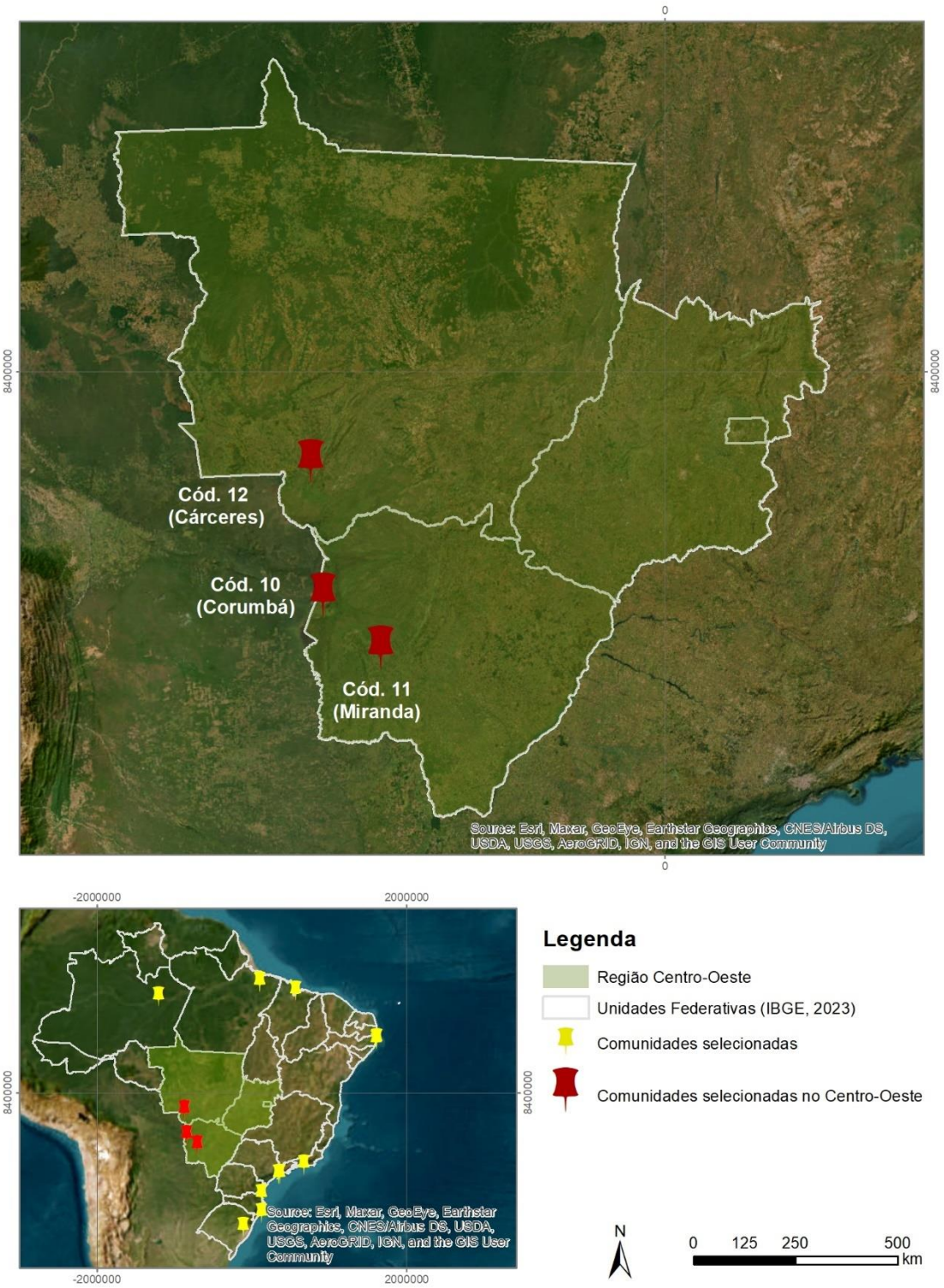
arenosos. Estes solos são resultado de depósitos fluviais e marinhos, que variam em fertilidade e textura.

A disponibilidade hídrica em Olinda é favorecida pela alta pluviosidade típica da região Nordeste do Brasil. No entanto, a gestão dos recursos hídricos enfrenta desafios devido à urbanização intensa e à poluição das águas superficiais. Estudos indicam que é crucial implementar políticas de gestão sustentável para garantir a qualidade e a quantidade de água disponível para a população e para a preservação dos ecossistemas locais (Lagacherie *et al*., 2007).

## 3.3 REGIÃO CENTRO-OESTE

Para a Região Centro-Oeste, foram escolhidos os municípios Corumbá-MS, Miranda-MS e Cáceres-MT, conforme ilustrado na Figura 12 abaixo.

Figura 12 - Municípios escolhidos da Região Centro-Oeste




Fonte: Elaboração do próprio autor.

### 3.3.1 Corumbá-MS

Corumbá é um município brasileiro e uma das cidades mais antigas do país, localizada na região Centro-Oeste, no estado de Mato Grosso do Sul. De acordo com o IBGE (2021), possui uma população de 115.925 habitantes. Corumbá faz parte da Região Integrada de Desenvolvimento do Polo Centro Norte, que possui cerca de 1,6 milhão de habitantes.

Está localizada na fronteira com a Bolívia, na margem esquerda do rio Paraguai, na planície do Pantanal. Possui uma área total de 64.721,719 km². A densidade demográfica é de 1,79 habitantes por km².

O município de Corumbá apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,716, considerado alto pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

A geomorfologia de Corumbá, Mato Grosso do Sul, é dominada pelo Pantanal, uma das maiores áreas úmidas do mundo. A região é caracterizada por planícies alagáveis, morros e cordilheiras, resultado de processos de sedimentação e erosão ao longo do tempo. Segundo Ab'Sáber (1988), a geomorfologia local é crucial para entender a dinâmica ambiental do Pantanal e sua biodiversidade única.

Os solos de Corumbá são variados, incluindo latossolos, neossolos e gleissolos, cada um com características específicas de fertilidade e drenagem. Conforme EMBRAPA (2006), os latossolos são profundos e bem drenados, enquanto os gleissolos, encontrados em áreas alagáveis, são mal drenados e ricos em matéria orgânica. A pedologia da região influencia diretamente as práticas agrícolas e a conservação ambiental.

A disponibilidade hídrica em Corumbá é abundante devido à presença de rios importantes como o Paraguai e seus afluentes, que alimentam o Pantanal. A gestão sustentável desses recursos é vital para manter a biodiversidade e as atividades econômicas locais. Segundo Piroli (2022), a variabilidade climática e as atividades humanas impactam a quantidade e a qualidade da água disponível, exigindo políticas eficazes de gestão hídrica.

### 3.3.2 Miranda-MS

Miranda é um município brasileiro localizado na região Centro-Oeste, no estado de Mato Grosso do Sul. Faz parte da microrregião de Aquidauana, no Pantanal Sul-Mato-Grossense. De acordo com o IBGE (2021), apresentava uma população de 28.673 habitantes.

Está localizada na margem direita do rio Miranda, que dá nome ao município. Possui área total de 5.479,935 km² e densidade demográfica de 5,23 habitantes por km². As coordenadas geográficas de Miranda são: latitude 20º14’26" sul e longitude 56º22’42" oeste.

O município de Miranda apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,701, considerado alto pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

Os solos de Miranda variam amplamente, incluindo latossolos, gleissolos e neossolos, cada um com propriedades distintas de fertilidade e drenagem. Os latossolos são profundos e bem drenados, comuns nas áreas elevadas, enquanto os gleissolos, encontrados nas planícies de inundação, são mal drenados e ricos em matéria orgânica. A composição dos solos é fundamental para as práticas agrícolas e para a conservação ambiental na região (EMBRAPA, 2006).

A disponibilidade hídrica em Miranda é significativa devido à presença de rios importantes como o Miranda e o Aquidauana, que são essenciais para o abastecimento de água e para a manutenção dos ecossistemas do Pantanal.

### 3.3.3 Cáceres-MT

Cáceres é um município brasileiro localizado na região Centro-Oeste, no estado de Mato Grosso. Segundo o IBGE (2021), faz parte da microrregião de Cáceres, no sudoeste mato-grossense, apresentando uma população de 94.861 habitantes.

A cidade está localizada na margem esquerda do rio Paraguai, que dá nome à bacia hidrográfica em que se insere. Possui uma área total de 24.398,399 km². A densidade demográfica é de 3,9 habitantes por km². As coordenadas geográficas de Cáceres são: latitude 16º04’14" sul e longitude

57º40’44" oeste. O município de Cáceres apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,708.

A geomorfologia de Cáceres, Mato Grosso, é caracterizada por planícies aluviais e áreas de depressão que fazem parte do Pantanal, uma das maiores áreas úmidas do mundo. Este relevo é fortemente influenciado por processos fluviais e sedimentares, resultando em uma paisagem rica em biodiversidade e com importantes funções ecológicas (RADAMBRASIL, 1982).

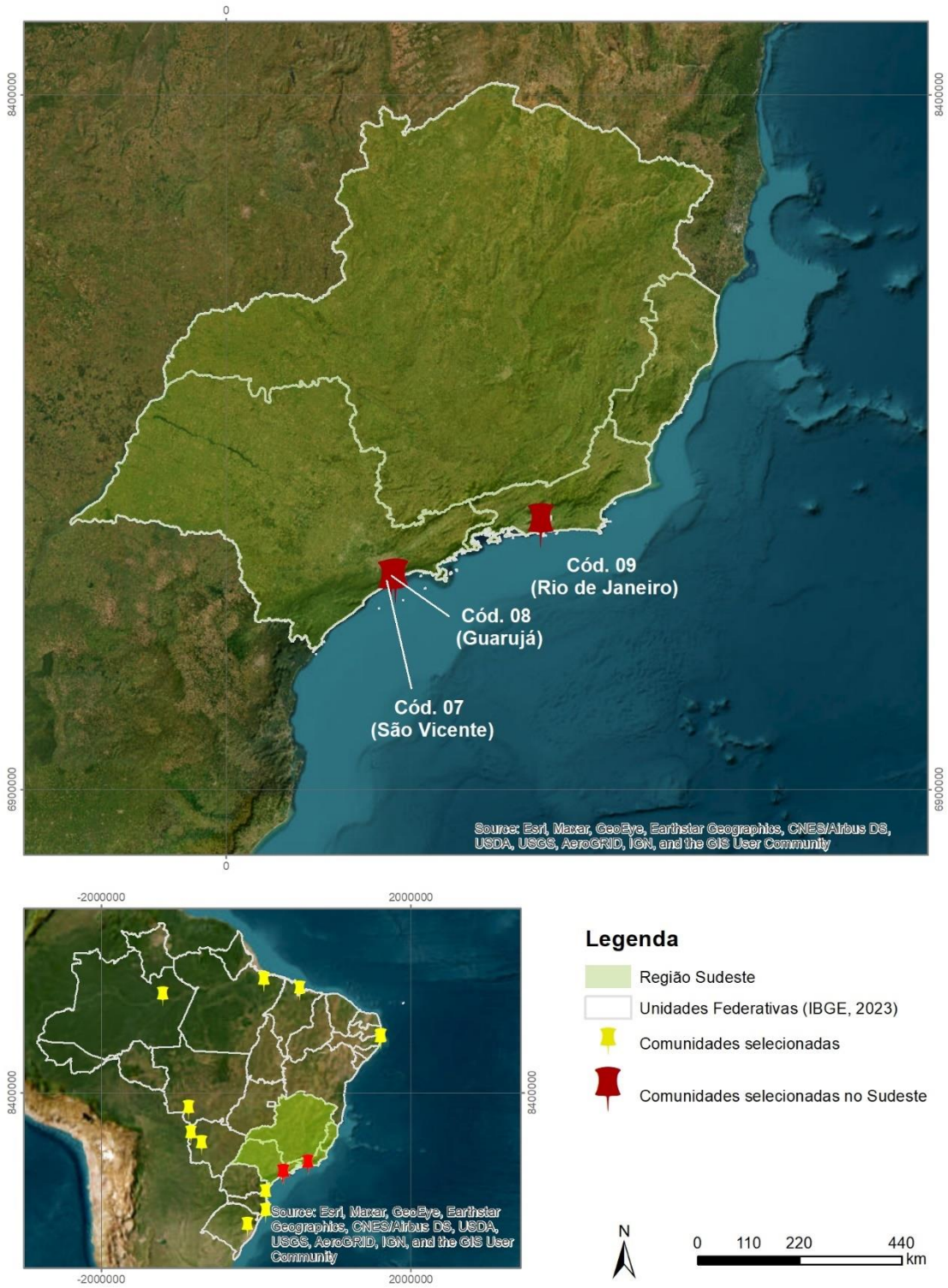
Os solos de Cáceres são predominantemente latossolos e gleissolos, os primeiros encontrados em áreas elevadas e bem drenadas, enquanto os gleissolos são comuns em áreas sujeitas a inundações periódicas, sendo ricos em matéria orgânica, mas com drenagem deficiente (EMBRAPA, 2006). Estes solos influenciam as práticas agrícolas e a conservação ambiental na região.

A disponibilidade hídrica em Cáceres é alta devido à presença de rios importantes como o Paraguai e seus afluentes, que abastecem o Pantanal. No entanto, a gestão desses recursos é crucial para prevenir problemas relacionados à seca e garantir a sustentabilidade das atividades econômicas e da biodiversidade local (IMASUL, 2022). A implementação de políticas de gestão hídrica é essencial para manter a qualidade e a quantidade de água disponíveis.

## 3.4 REGIÃO SUDESTE

Para a Região Sudeste, foram escolhidos os municípios de São Vicente-SP, Guarujá-SP e Rio de Janeiro-RJ, conforme ilustrado na Figura 13 abaixo.

Figura 13 - Municípios escolhidos da Região Sudeste




Fonte: Elaboração do próprio autor.

### 3.4.1 São Vicente-SP

São Vicente é um município brasileiro localizado na região Sudeste, no estado de São Paulo. Faz parte da Região Metropolitana da Baixada Santista, no litoral paulista. É a primeira vila do Brasil, fundada em 1532 por Martim Afonso de Sousa. De acordo com o IBGE (2021), sua população é de 363.173 habitantes.

A cidade está localizada na Ilha de São Vicente, que compartilha com o município de Santos, e em parte do continente, onde se situa o distrito de Samaritá. Possui uma área total de 148,151 km² e densidade demográfica e 2.226,4 habitantes por km². As coordenadas geográficas de São Vicente são: latitude -23º96’64" sul e longitude -46º38’61" oeste.

O município de São Vicente apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,752.

A geomorfologia de São Vicente, São Paulo, é caracterizada por uma combinação de planícies costeiras, morros e áreas de manguezais. Esta configuração é influenciada por processos de sedimentação marinha e fluvial, que moldaram a paisagem atual da região ao longo do tempo (RADAMBRASIL, 1973).

Os solos de São Vicente são predominantemente arenosos nas áreas de restinga e argilosos nas planícies de inundação. Esses solos apresentam variações significativas em termos de fertilidade e drenagem, afetando as práticas agrícolas e a urbanização da região (Costa, 2015).

A disponibilidade hídrica em São Vicente é considerável devido à presença de diversos rios e áreas de manguezal que contribuem para o equilíbrio hidrológico local. No entanto, a gestão eficiente desses recursos é crucial para prevenir problemas de poluição e garantir a sustentabilidade do abastecimento de água (Costa, 2015).

### 3.4.2 Guarujá-SP

Guarujá é um município brasileiro localizado na região Sudeste, no estado de São Paulo. Faz parte da Região Metropolitana da Baixada Santista, no litoral paulista. De acordo com IBGE (2021), apresenta uma população de 321.752 habitantes.

A cidade está localizada na Ilha de Santo Amaro, que compartilha com o município de Bertioga, e em parte do continente, onde se situa o distrito de Vicente de Carvalho. Possui uma área total de 142,9 km² e densidade demográfica de 2.034 habitantes por km². As coordenadas geográficas de Guarujá são: latitude -23º59’35" sul e longitude -46º15’23" oeste. O município de Guarujá apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,751.

A geomorfologia de Guarujá, São Paulo, é caracterizada por uma combinação de planícies costeiras, morros e áreas de manguezais. Estes elementos geomorfológicos resultam da interação entre processos marinhos e fluviais que moldaram a paisagem ao longo do tempo, influenciando a urbanização e o uso do solo na região (RADAMBRASIL, 1973).

Os solos de Guarujá incluem principalmente gleissolos e organossolos, encontrados em áreas de manguezais, como os do Rio Crumahú. Estes solos são ricos em matéria orgânica, mas sofrem impactos significativos devido à contaminação por esgoto doméstico, afetando suas propriedades físico-químicas e a qualidade ambiental local (Ferreira, 2002).

A disponibilidade hídrica em Guarujá é elevada, devido à abundância de recursos hídricos superficiais e subterrâneos. No entanto, a poluição e a gestão inadequada dos recursos hídricos representam desafios importantes para a sustentabilidade ambiental e o abastecimento da população. Políticas eficazes de gestão e conservação são essenciais para manter a qualidade e a quantidade de água disponível (Archela *et al*., 2010).

### 3.4.3 Rio de Janeiro-RJ

Rio de Janeiro é um município brasileiro localizado na região Sudeste, no estado do Rio de Janeiro. De acordo com o IBGE (2021), é a capital do estado e a segunda cidade mais populosa do país, com uma população de 6.211.423 habitantes.

A cidade está localizada na costa atlântica, entre as baías de Guanabara e Sepetiba, e é cercada por montanhas e florestas. Possui uma área total de 1.221,9 km² e densidade demográfica de 5.597,8 habitantes por km². As coordenadas geográficas de Rio de Janeiro são: latitude -22º54’13" sul e longitude -43º12’35" oeste.

O município de Rio de Janeiro apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,799.

A geomorfologia do Rio de Janeiro é caracterizada por um relevo complexo que inclui montanhas, colinas e planícies costeiras. A cidade está situada na região da Serra do Mar, com destaque para formações icônicas como o Pão de Açúcar e o Corcovado. Essas características geomorfológicas resultam de processos tectônicos e erosivos que moldaram a paisagem ao longo de milhões de anos (RADAMBRASIL, 1983).

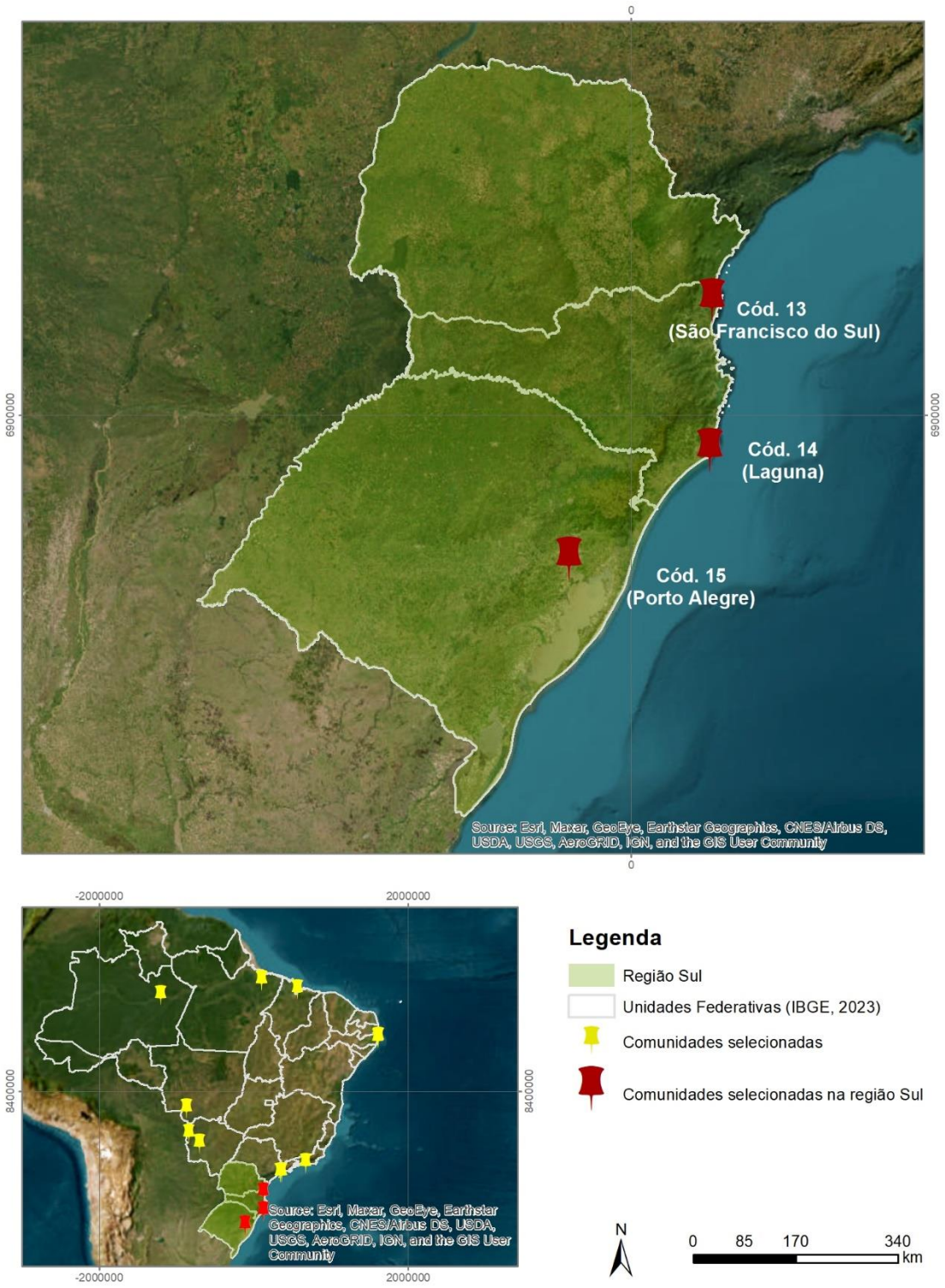
Os solos da região do Rio de Janeiro variam amplamente, com predominância de latossolos, argissolos e cambissolos. Latossolos são comuns em áreas de altitude e são profundos e bem drenados, enquanto os argissolos, encontrados nas encostas, são menos profundos e mais suscetíveis à erosão. Estes solos influenciam diretamente a agricultura e o uso do solo na área urbana e rural (EMBRAPA, 2006).

A disponibilidade hídrica no Rio de Janeiro é favorecida pela abundância de rios e reservatórios, como o Rio Guandu, que é a principal fonte de abastecimento da região metropolitana. Entretanto, a poluição e a gestão inadequada dos recursos hídricos representam desafios significativos. A implementação de políticas públicas eficazes é crucial para garantir a sustentabilidade do abastecimento de água e a preservação dos ecossistemas aquáticos (INEA, 2014).

## 3.5 REGIÃO SUL

Para a Região Sul, foram escolhidos os municípios de São Francisco do Sul-SC, Laguna-SC e Porto Alegre-RS, conforme ilustrado na Figura 14 abaixo.

Figura 14 - Municípios escolhidos da Região Sul




Fonte: Elaboração do próprio autor.

### 3.5.1 São Francisco do Sul-SC

São Francisco do Sul é um município brasileiro localizado na região Sul, no estado de Santa Catarina. Situado na ilha de São Francisco, na foz da baía da Babitonga, é banhado pelo oceano Atlântico. Possui uma área total de 493,266 km² e densidade demográfica de 111,04 habitantes por km². As coordenadas geográficas de São Francisco do Sul são: latitude -26º14’36" sul e longitude -48º38’17" oeste.

O município de São Francisco do Sul apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,734.

A geomorfologia de São Francisco do Sul, Santa Catarina, é caracterizada por uma combinação de planícies costeiras, morros e áreas de manguezais. Esta configuração resulta da ação de processos sedimentares e tectônicos que moldaram a região ao longo de milhões de anos, formando uma paisagem diversa e ecologicamente rica (RADAMBRASIL, 1983).

Os solos da região são predominantemente gleissolos, argissolos e cambissolos. Os gleissolos são encontrados principalmente nas áreas de manguezais e são ricos em matéria orgânica, enquanto os argissolos, presentes nas encostas, são menos profundos e mais suscetíveis à erosão. Estes solos são importantes para a agricultura e a conservação ambiental local (EMBRAPA, 2004).

A disponibilidade hídrica em São Francisco do Sul é elevada devido à abundância de recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

### 3.5.2 Laguna-SC

Laguna é um município brasileiro localizado na região Sul, no estado de Santa Catarina. Localizado na planície costeira, entre o oceano Atlântico e a lagoa de Santo Antônio dos Anjos, possui uma área total de 336,396 km² (IBGE, 2021). A densidade demográfica é de 137,96 habitantes por km² e as coordenadas geográficas são: latitude -28º28’57" sul e longitude -48º46’51" oeste. O município de Laguna apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,740.

A geomorfologia de Laguna, SC, é caracterizada por uma complexa interação de processos costeiros e sedimentares que moldaram a região ao

longo de períodos geológicos, particularmente durante o Quaternário. Essa área inclui formações como planícies lacustres, terraços lagunares e depósitos marinhos, que resultam das flutuações do nível do mar e das modificações paleoclimáticas. Esses processos influenciam diretamente o uso e ocupação do solo, sendo essenciais para o planejamento urbano e ambiental (Giannini, 2002; Giannini *et al*., 2007).

Em termos de pedologia, a diversidade de solos em Laguna é significativa, com predominância de solos flúvio-marinho e eólico, incluindo solos arenosos e argilosos. Essa variação é crucial para a agricultura e a conservação ambiental, pois permite identificar áreas apropriadas para diferentes usos e implementar práticas de manejo sustentáveis. Estudos indicam que a compreensão da distribuição e características dos solos é vital para prevenir a erosão e manter a produtividade agrícola (Giannini *et al*., 2010).

A disponibilidade hídrica em Laguna é amplamente influenciada pelas características geomorfológicas e pela variabilidade climática. A região possui uma rica rede de corpos d'água, incluindo lagoas, rios e aquíferos, essenciais para o abastecimento humano, agrícola e industrial. A gestão sustentável desses recursos é fundamental, especialmente considerando os impactos das mudanças climáticas e o aumento da demanda. Estratégias de conservação e uso eficiente da água são necessárias para garantir a sustentabilidade hídrica a longo prazo (Giannini, 1993).

### 3.5.3 Porto Alegre-RS

Porto Alegre é a capital e o principal centro urbano do estado do Rio Grande do Sul, na região Sul do Brasil.

O município está localizado na margem leste do rio Guaíba, que forma uma enorme laguna que deságua na Lagoa dos Patos. De acordo com o IBGE (2021), possui uma população de 1.332.570, área total de 496,1 km² e densidade demográfica e 2.686,09 habitantes por km². As coordenadas geográficas de Porto Alegre são: latitude -30º01’59" sul e longitude -51º13’48" oeste. O município apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,805.

A geomorfologia de Porto Alegre-RS é marcada pela presença de morros e planícies aluviais, sendo influenciada pelas variações do nível do mar e processos sedimentares ao longo do Quaternário (Justus *et al*., 1986). Esta

dinâmica geomorfológica é fundamental para a compreensão da formação dos solos e dos padrões de uso do solo na região.

A pedologia em Porto Alegre apresenta uma variedade de solos devido à influência dos fatores geomorfológicos e climáticos. Os solos predominantes incluem Argissolos e Neossolos, que são essenciais para a agricultura local e a gestão ambiental sustentável (Streck *et al*., 2002). O estudo detalhado desses solos ajuda a identificar práticas adequadas de manejo e conservação.

A disponibilidade hídrica em Porto Alegre é crucialmente influenciada pela rede de drenagem, incluindo o Rio Guaíba e seus afluentes. A gestão dos recursos hídricos é desafiada por fatores como a variabilidade climática e a urbanização, demandando estratégias de conservação e uso eficiente para garantir o abastecimento sustentável (Schreiner, 2003). A análise integrada desses elementos é vital para o planejamento urbano e ambiental da cidade.

# 4 MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento de avaliação de impactos ao longo do tempo fundamentou-se na obtenção de dados das comunidades selecionadas para estudo por sensoriamento remoto e sua relação com parâmetros das atividades antrópicas no Brasil, detalhados em sequência.

## 4.1 SELEÇÃO DAS COMUNIDADES

A escolha das comunidades de palafitas estudadas seguiu critérios diversos de seleção, de forma a filtrar as áreas com:

i) Ocupações com grande número de moradores em cada região do Brasil;
ii) Imagens espaciais em qualidade e quantidade suficiente para os anos base de estudo;
iii) Imagens espaciais de alto contraste, favorecendo a identificação de cada residência existente na comunidade;
iv) Discrepâncias significativas do padrão de ocupação nos últimos dez anos, por quantidade ou distribuição espacial;
v) Padrão de ocupação identificável por técnicas de sensoriamento remoto.

Dessa forma, foi possível chegar à relação total de 15 comunidades, sendo três em cada região do país, conforme apresentado na Tabela 1. A Figura 15 apresenta a distribuição dessas comunidades no país. Para cada área selecionada foram realizados os estudos de estimativas censitárias.

Tabela 1 - Relação das comunidades de palafita estudadas

| Código | Região | Estado | Município | Latitude | Longitude |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Norte | PA | Belém | -1.476132 | -48.494712 |
| 2 | Norte | PA | Belém | -1.375743 | -48.484341 |
| 3 | Norte | AM | Manaus | -3.048673 | -60.111431 |
| 4 | Nordeste | PE | Recife | -8.082951 | -34.883786 |
| 5 | Nordeste | MA | São Luís | -2.509352 | -44.310109 |
| 6 | Nordeste | PE | Olinda | -7.959622 | -34.833957 |
| 7 | Sudeste | SP | São Vicente | -23.974428 | -46.408337 |
| 8 | Sudeste | SP | Guarujá | -23.955045 | -46.299812 |
| 9 | Sudeste | RJ | Rio de Janeiro | -22.876363 | -43.236801 |
| 10 | Centro-Oeste | MS | Corumbá | -18.998691 | -57.628294 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 11 | Centro-Oeste | MS | Miranda | -20.240362 | -56.399410 |
| 12 | Centro-Oeste | MT | Cáceres | -16.094425 | -57.704983 |
| 13 | Sul | SC | São Francisco do Sul | -26.256791 | -48.646738 |
| 14 | Sul | SC | Laguna | -28.498936 | -48.762828 |
| 15 | Sul | RS | Porto Alegre | -30.032216 | -51.250484 |

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 15 - Relação das comunidades de palafita estudadas




Fonte: Elaboração do próprio autor.

## 4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS PALAFITAS

### 4.2.1 Palafitas na Região Norte

A Figura 16 ilustra um exemplo genérico de palafita da Região Norte. A delimitação amarela na Figura 16 representa 1 aglomerado subnormal.

Figura 16 – Exemplo de identificação de palafita na Região Norte




Fonte: Elaboração do próprio autor.

### 4.2.2 Palafitas na Região Nordeste

A Figura 17 ilustra um exemplo genérico de palafita da Região Nordeste. A delimitação amarela na Figura 17 representa 1 aglomerado subnormal.

Figura 17 – Exemplo de identificação de palafita na Região Nordeste



Fonte: Elaboração do próprio autor.

### 4.2.3 Palafitas na Região Centro-Oeste

A Figura 18 ilustra um exemplo genérico de palafita da Região Centro-Oeste. A delimitação amarela na Figura 18 representa 1 aglomerado subnormal.

Figura 18 – Exemplo de identificação de palafita na Região Centro-Oeste



Fonte: Elaboração do próprio autor.

### 4.2.4 Palafitas na Região Sudeste

A Figura 19 ilustra um exemplo genérico de palafita da Região Sudeste. A delimitação amarela na Figura 19 representa 1 aglomerado subnormal.

Figura 19 – Exemplo de identificação de palafita na Região Sudeste



Fonte: Elaboração do próprio autor.

### 4.2.5 Palafitas na Região Sul

A Figura 20 ilustra um exemplo genérico de palafita da Região Sul. A delimitação amarela na Figura 20 representa 1 aglomerado subnormal.

Figura 20 – Exemplo de identificação de palafita na Região Sul




Fonte: Elaboração do próprio autor.

## 4.3 ESTIMATIVA CENSITÁRIA

Os dados obtidos estão, todos, relacionados a estimativa populacional ao longo do tempo, obtida para os anos base de 2010, 2015 e 2020, com técnicas de georreferenciamento.

### 4.3.1 Dados espaciais

#### *4.3.1.1 Obtenção de dados Espaciais*

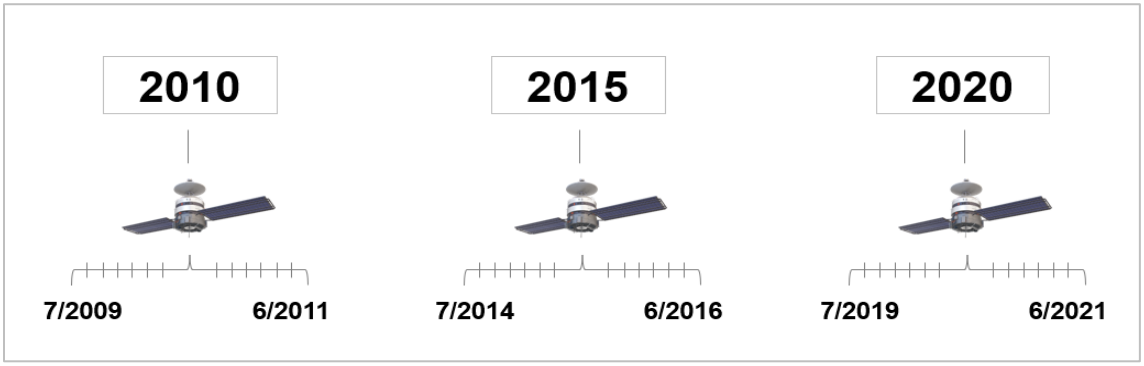
O procedimento inicial do trabalho consistiu no levantamento do total de residências existentes nas comunidades estudadas. Para tanto, foram associadas ferramentas de sensoriamento do software ArcGIS, com o arquivo histórico de imagens espaciais do software Google Earth Pro.

A plataforma Google Earth Pro fornece uma base de dados pública de imagens espaciais, reamostradas em alta resolução (8192 x 4852), com pixel de 0,2m x 0,4m. Dessa forma, consiste em uma importante fonte de dados, que se destaca por sua interface acessível e conteúdo autorizado para usos de fins acadêmicos.

O software ArcGIS possui ferramentas diversas para a interpretação das imagens espaciais estudadas, além de fornecer suas próprias imagens de cenas atualizadas de todo o globo. No presente estudo, o mapa base das comunidades, analisado com auxílio do software ArcGIS, foi otimizado com as imagens de alta resolução obtidas pelo Google Earth, para os diferentes anos (2010, 2015 e 2020). Dessa forma, se pôde assegurar mais precisão no trabalho manual minucioso de contagem das residências.

Destaca-se que a quantidade de dados espaciais de alta qualidade disponibilizados publicamente ainda é limitada. Portanto, para caracterização de um ano de estudo, foram tomadas como base cenas capturadas entre o último semestre do ano anterior, até o primeiro semestre do ano posterior, conforme apresentado na Figura 14.

Figura 21 - Cenas espaciais para a caracterização do ano de estudo.




Fonte: Elaboração do próprio autor.

Assim, para cada ano de estudo, foi realizada a quantificação das residências em cada comunidade, pelo processo manual de identificação. As quantificações foram a base do cálculo populacional, realizado na segunda etapa do trabalho. Ressalta-se que o levantamento de dados por sensoriamento remoto limita-se a áreas abertas, de forma que a identificação de construções sob árvores pode ser comprometida, necessitando complementação de campo.

#### *4.3.1.2 Limitações do SIG*

De acordo com Wienand *et al*. (2009), um dos principais desafios é a qualidade dos dados. Dados imprecisos ou desatualizados podem levar a análises incorretas, comprometendo as decisões baseadas nesses resultados.

No presente estudo, o intervalo de análise de 10 anos foi suficiente para que houvessem modificações tanto urbanas (manutenção ou criação de novos domicílios) quanto ambientais (aumento ou redução de vegetação) em cada uma das áreas de estudo. Tal fator, aliado à possíveis instabilidades da qualidade das imagens dos satélites, acabaram por diminuir a precisão final para diferenciar os domicílios subnormais em alguns, prejudicando a acurácia final.

Além disso, a variabilidade nas condições das imagens de satélite, como a resolução espacial, a presença de nuvens e a iluminação, pode afetar a precisão da contagem manual. A complexidade das paisagens urbanas, onde as palafitas estão frequentemente localizadas, adiciona outro nível de dificuldade, pois as construções podem estar densamente agrupadas e camufladas pela vegetação ou outras estruturas (Richards, 2013). Assim, a falta de ferramentas

automatizadas de reconhecimento de padrões limita a eficiência e a acurácia do mapeamento de palafitas.

A identificação e contagem manual de palafitas podem levar a inconsistências e imprecisões devido à variabilidade na interpretação visual das imagens, uma vez que o processo humanizado é passível de erros.

Ressalta-se que os dados obtidos por esse método são aproximações, e desconsideram mudanças repentinas nos padrões observados.

A contabilização de palafitas através de imagens de satélite é uma prática que pode ser aprimorada com a complementação de informações in loco, como pesquisas de campo. Embora as imagens de satélite ofereçam uma visão abrangente e contínua das áreas de estudo, elas podem apresentar limitações significativas. Por exemplo, a similaridade dos telhados das residências pode dificultar a diferenciação precisa entre palafitas e outras formas de habitação.

Apesar das limitações, os dados possuem relevante aplicação quando interpretados como estimativas, com o objetivo de direcionar planejamentos em áreas técnicas.

### 4.3.2 Quantificação e previsão populacional

O número de habitantes na comunidade em cada ano de estudo (2010, 2015 e 2020) foi estimado com base no número de residências levantados na primeira etapa do trabalho. O cálculo foi realizado por estimativa simples, considerando a média de habitantes por residência divulgada pelo IBGE no último censo (com base em 2022), de 2,79 habitantes por residência.

Além disso, foram realizadas as previsões populacionais para os anos de 2025 e 2030, com o objetivo de identificar cenários futuros e seus consequentes impactos para a gestão dos recursos hídricos, e seus objetivos na agenda 2030 estabelecida pela ONU. Para isso, foram utilizados os métodos de previsão populacional aritmético e geométrico, considerando que:

i. As estimativas foram realizadas para horizontes próximos, em intervalos de cinco anos, o que diminui incertezas em métodos simplificados;

ii. A evolução populacional nas comunidades não apresenta, necessariamente, uma tendência de crescimento e, portanto, o método da curva logística não pôde ser aplicado;

iii. A previsão populacional por mais de um método permite a comparação e validação dos dados obtidos, ponderando a precisão de cada método aplicado.

Portanto, a partir das estimativas populacionais, se pôde relacionar os parâmetros de consumo e retorno, e sua evolução ao longo do tempo.

### 4.3.3 Estimativa de impactos ao longo do tempo

Na análise de impactos, buscou-se relacionar os padrões de consumo de água, retorno de efluentes e geração de lixo com tendência de ocupação nas comunidades de palafita ao longo do tempo. Dessa forma, para os anos estudados (2010, 2015 e 2020), foram estimados os impactos gerados pelas comunidades nos últimos anos, considerando os padrões per capita encontrados na literatura, listados no Quadro 1.

Quadro 1 - Padrões brasileiros de consumo e retorno

| Parâmetro | Valor Padrão | Fonte |
|---|---|---|
| Consumo de água - Região Norte | 84 l/hab.dia | IBGE (2017) |
| Consumo de água - Região Nordeste | 83 l/hab.dia | IBGE (2017) |
| Consumo de água - Região Sudeste | 143 l/hab.dia | IBGE (2017) |
| Consumo de água - Região C. Oeste | 114 l/hab.dia | IBGE (2017) |
| Consumo de água - Região Sul | 121 l/hab.dia | IBGE (2017) |
| Retorno de esgoto | 80% | NBR 9649 (ABNT, 1986) |
| Lixo gerado | 1,04 kg/hab.dia | ABRELPE (2017) |

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Pelo mesmo método, foram estimados os futuros impactos a serem gerados por essas comunidades, considerando a projeção populacional estimada na segunda etapa do trabalho. Por esses cálculos, buscou-se identificar as regiões para onde se deve direcionar o foco do planejamento de gestão dos recursos hídricos, de forma a reduzir futuras consequências ambientais.

Os resultados obtidos nas diversas etapas do trabalho são apresentados no item 5.

# 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item serão apresentados os resultados do trabalho, em sequência.

## 5.1 QUANTIFICAÇÃO E PREVISÃO POPULACIONAL

O primeiro produto obtido e base para todos os cálculos, foi a quantificação de construções em cada comunidade de palafita estudada.

A Figura 22 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Amazônica (Cód. 01).

Em 2010, o número contabilizado foi de 215 aglomerados. Em 2015, o valor reduziu para 184. Por fim, em 2020, o valor manteve-se igual, com 184, e uma redução percentual de 14,41% do valor inicial.

Essa redução pode ser atribuída a diversos fatores, incluindo programas governamentais de reurbanização e políticas públicas voltadas para a melhoria das condições de vida nas áreas de palafitas. Investimentos em infraestrutura e saneamento básico podem ter contribuído para a remoção de palafitas e a realocação de moradores para habitações mais adequadas.

Além disso, a dinâmica econômica e demográfica, como o crescimento econômico em algumas regiões e o deslocamento populacional em busca de melhores oportunidades de emprego e serviços, pode ter influenciado essa mudança. As intervenções ambientais, como a gestão de riscos de enchentes e deslizamentos, também podem ter desempenhado um papel significativo na diminuição do número de aglomerados de palafitas, promovendo áreas mais seguras e habitáveis.

Figura 22 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Amazônica (Cód. 01)




Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 23 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Amazônica (Cód. 02).

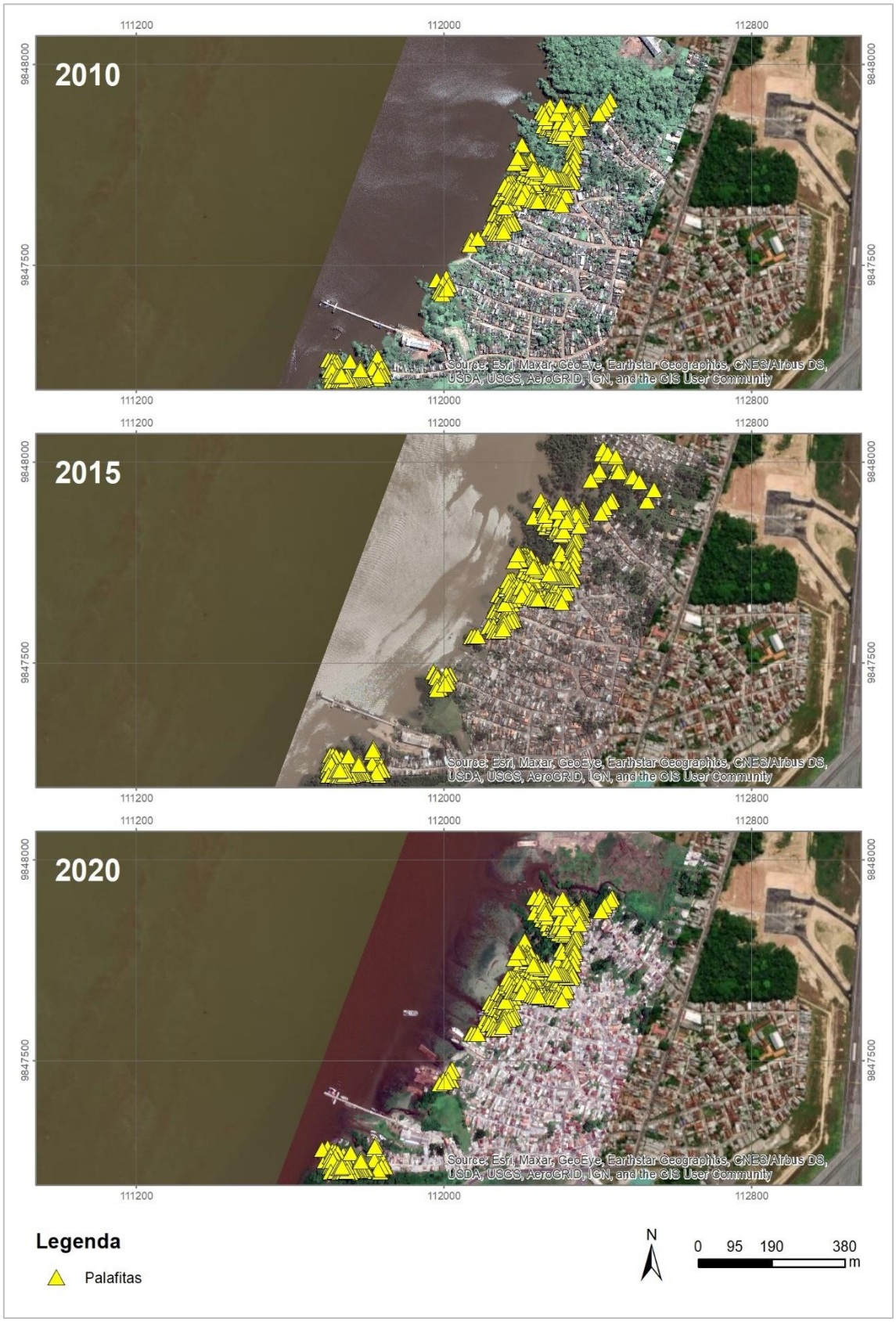
Em 2010, o número contabilizado foi de 286 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 343. Por fim, em 2020, o valor aumentou levemente para 345, com um aumento percentual de 20,62% do valor inicial.

Esse aumento significativo pode ser atribuído a uma série de fatores inter-relacionados. A urbanização acelerada sem o correspondente planejamento adequado pode ter levado ao crescimento de assentamentos informais, como as palafitas, em áreas urbanas e periurbanas.

A migração de populações rurais para as cidades, em busca de melhores oportunidades de emprego e acesso a serviços, também pode ter contribuído para o crescimento desses aglomerados (Maricato, 2011).

A crise econômica que afetou o Brasil durante a última década também pode ter desempenhado um papel significativo, ao limitar os recursos disponíveis para programas de habitação social e aumentar o desemprego e a informalidade (IBGE, 2020).

Figura 23 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Amazônica (Cód. 02)




Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 24 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Amazônica (Cód. 03).

Em 2010, o número contabilizado foi de 122 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 143. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 250, com um aumento percentual de 74,82% do valor inicial.

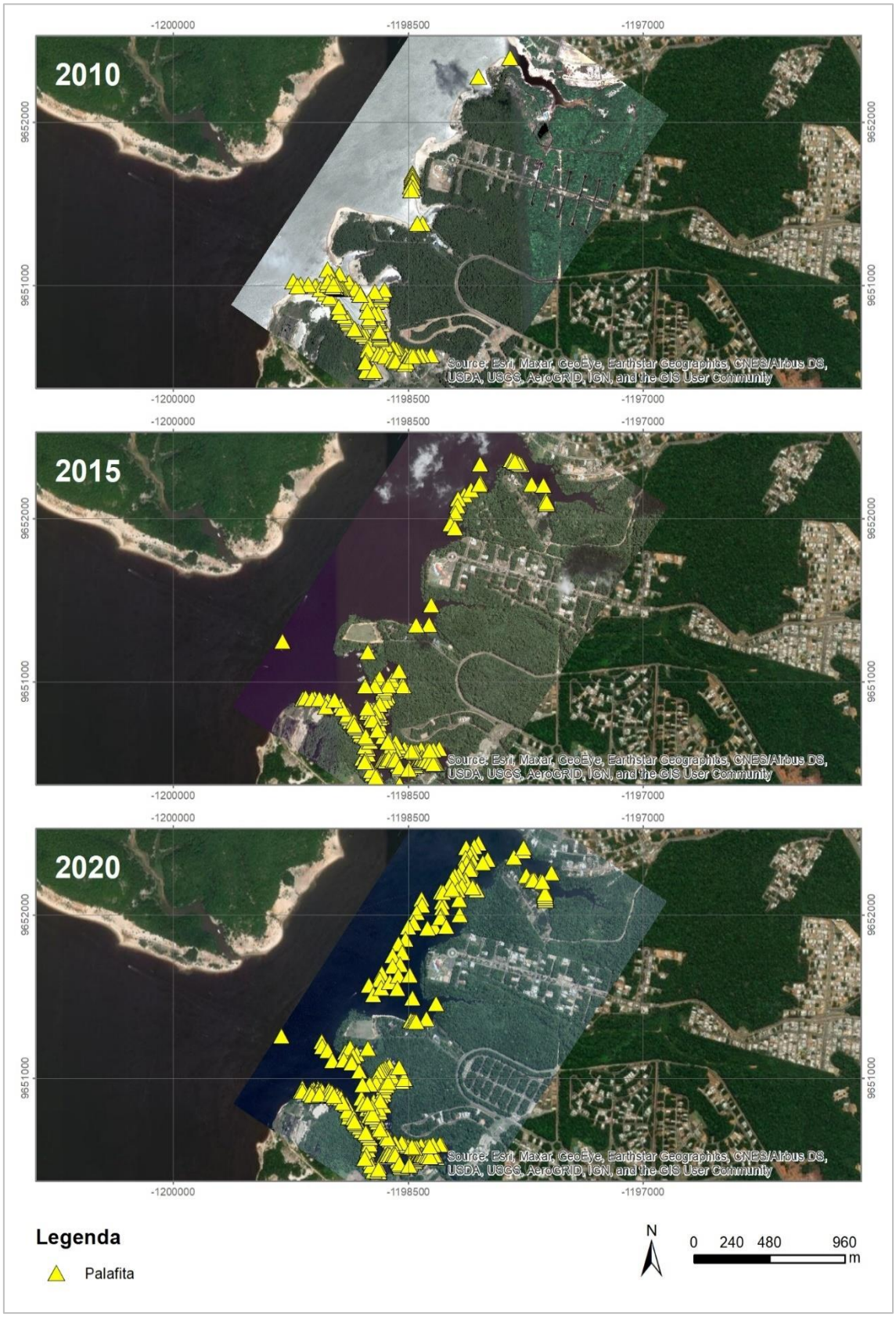
Manaus atrai migrantes de várias regiões em busca de melhores oportunidades econômicas e acesso a serviços urbanos, resultando em uma expansão desordenada (Assad, 2006).

Outro fator importante que pode ser uma causa para tal aumento é a ausência de políticas habitacionais efetivas e acessíveis para a população de baixa renda. Muitas famílias, sem alternativas viáveis de moradia, constroem suas casas em áreas de risco, como encostas e margens de rios, características comuns das palafitas em Manaus (Becker, 2013). A falta de fiscalização na região de Manaus sobre essas ocupações facilita a proliferação de aglomerados subnormais.

A fragmentação das políticas públicas e a falta de coordenação entre os diferentes níveis de governo dificultam a implementação de soluções integradas e sustentáveis na capital do Amazonas (Alves, 2020).

Além disso, eventos climáticos extremos, como enchentes frequentes, podem agravar a situação ao forçar famílias a se moverem para áreas não regulamentadas em busca de segurança temporária, que muitas vezes se torna permanente.

Figura 24 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Amazônica (Cód. 03)




Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 25 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Nordeste (Cód. 04).

Em 2010, o número contabilizado foi de 25 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 65. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 96, com um aumento percentual de 284% do valor inicial.

Recife atrai migrantes de áreas rurais e outras regiões do Nordeste (em especial, de outros municípios de Pernambuco) em busca de melhores oportunidades econômicas e de serviços urbanos, o que resulta em um crescimento desordenado e na formação de novos assentamentos informais (IBGE, 2010). Além disso, a falta de políticas habitacionais eficazes para atender a crescente demanda por moradias acessíveis na capital de Pernambuco força muitas famílias a ocuparem áreas de risco ou ambientalmente sensíveis, como encostas e margens de rios (IBGE, 2019).

Figura 25 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Nordeste (Cód. 04)




Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 26 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Nordeste (Cód. 05).

Em 2010, o número contabilizado foi de 314 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 525. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 663, com um aumento percentual de 111,15% do valor inicial.

As possíveis causas para o aumento do número de aglomerados subnormais em São Luís, Maranhão, são similares às causas de Recife, pelo fato de ambos os municípios serem respectivas capitais de seus Estados, atraindo famílias que buscam melhores condições de vida, porém enfrentam uma realidade diferente.

Figura 26 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Nordeste (Cód. 05)




Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 27 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Nordeste (Cód. 06).

Em 2010, o número contabilizado foi de 124 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 135. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 162, com um aumento percentual de 30,64% do valor inicial.

Olinda, como parte da Região Metropolitana do Recife, atraiu pessoas de áreas rurais e de outras regiões do estado em busca de melhores oportunidades de emprego, educação e acesso a serviços urbanos (IBGE, 2010; IBGE, 2019). Além disso, a expansão urbana e o desenvolvimento de infraestrutura em áreas anteriormente menos desenvolvidas contribuíram para acomodar o aumento populacional.

Figura 27 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Nordeste (Cód. 06)




Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 28 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Sudeste (Cód. 07).

Em 2010, o número contabilizado foi de 1050 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 1297. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 1632, com um aumento percentual de 55,42% do valor inicial.

O município de São Vicente apresenta uma das maiores comunidades de palafitas em todo território brasileiro (IBGE, 2020). A expansão dessas moradias precárias, principalmente em áreas de manguezal, reflete a carência de políticas habitacionais eficazes e o aumento da população de baixa renda (Guimarães, 2010).

O aumento das palafitas em São Vicente ocorreu significativamente a partir da década de 1960, quando as primeiras invasões na crista do dique começaram. Essas ocupações, que avançaram em direção ao meio do rio, resultaram em moradias sobre palafitas. As construções contribuíram para a destruição da vegetação nativa e lançaram efluentes domésticos diretamente nos corpos d'água, agravando o impacto ambiental na região (COHAB, 2007).

Em resposta a essa realidade, o governo brasileiro instituiu, em 2009, o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) através da Lei nº 11.977 (Brasil, 2009).

O PMCMV foi criado com o objetivo de reduzir o déficit habitacional e melhorar as condições de moradia para famílias de baixa renda, oferecendo subsídios para a aquisição de habitações em locais adequados e com infraestrutura básica. O programa visa, entre outras metas, realocar famílias que vivem em condições insalubres, como nas palafitas, para moradias seguras e dignas.

Figura 28 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Sudeste (Cód. 07)




Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 29 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Sudeste (Cód. 08).

Em 2010, o número contabilizado foi de 594 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 777. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 1055, com um aumento percentual de 77,61% do valor inicial.

O município de Guarujá-SP recentemente vem abordado políticas para reduzir a quantidade de palafitas na região. Segundo a Prefeitura do Guarujá (2024), 18 mil pessoas estão residindo atualmente em 4500 palafitas no canal do estuário do município.

Em 2024, foram implementadas iniciativas de realocação que resultaram na remoção de 580 famílias das áreas de palafitas, com a entrega de novas habitações (Prefeitura do Guarujá, 2024). O sucesso dessa iniciativa ressalta a importância de um planejamento urbano integrado, que contemple não apenas a questão habitacional, mas também a sustentabilidade ambiental e a integração social dos moradores realocados.

Figura 29 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Sudeste (Cód. 08)



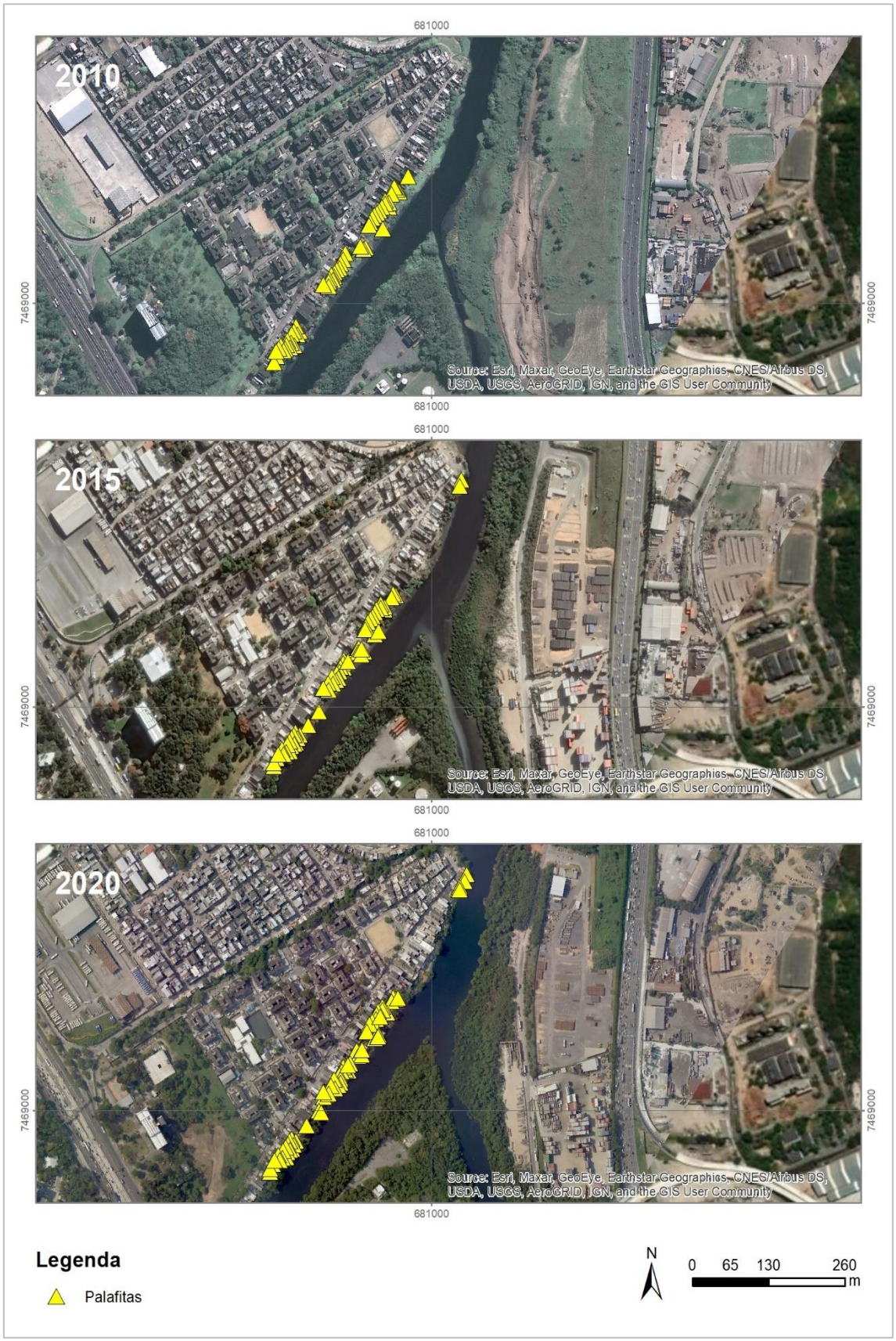

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 30 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Sudeste (Cód. 09).

Em 2010, o número contabilizado foi de 50 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 58. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 63, com um aumento percentual de 26% do valor inicial.

A intensa especulação imobiliária contribui para a expulsão de milhões de moradores de baixa renda das áreas centrais para as periferias e favelas no município de Rio de Janeiro-RJ. Nessas regiões, eles enfrentam inundações, deslizamentos e diversos riscos, resultando em graves doenças, especialmente relacionadas à falta de saneamento básico (Ferreira, 2009).

Figura 30 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Centro-Oeste (Cód. 09)



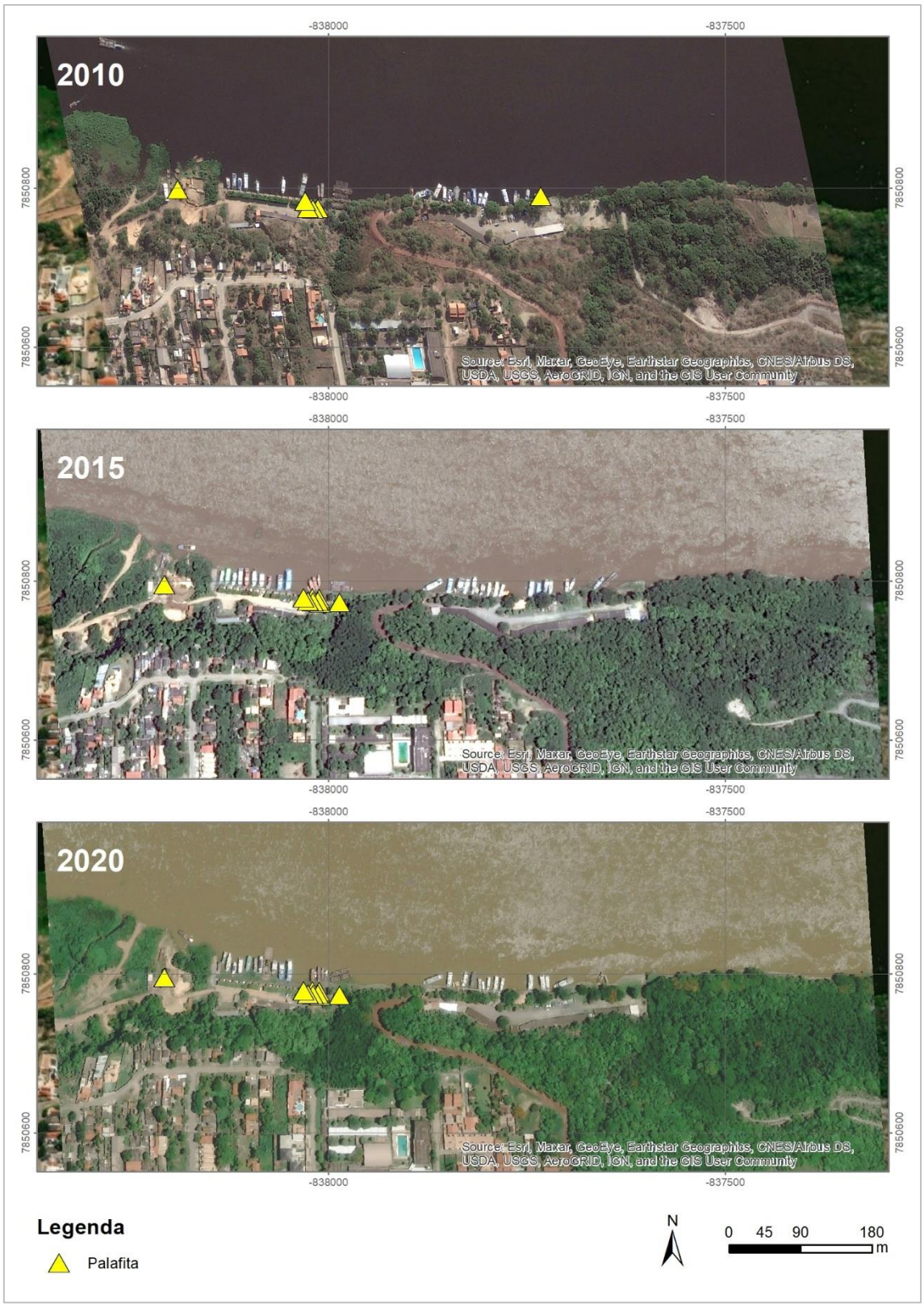

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 31 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Centro-Oeste (Cód. 10).

Em 2010, o número contabilizado foi de 17 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 26. Por fim, em 2020, o valor manteve-se constante, com 26, com um aumento percentual de 52,94% do valor inicial.

As palafitas em Corumbá, no estado de Mato Grosso do Sul, estão localizadas principalmente às margens do Rio Paraguai, no Pantanal. As palafitas são encontradas em áreas como a região do Porto Geral e outras comunidades ribeirinhas.

Figura 31 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Centro-Oeste (Cód. 10)

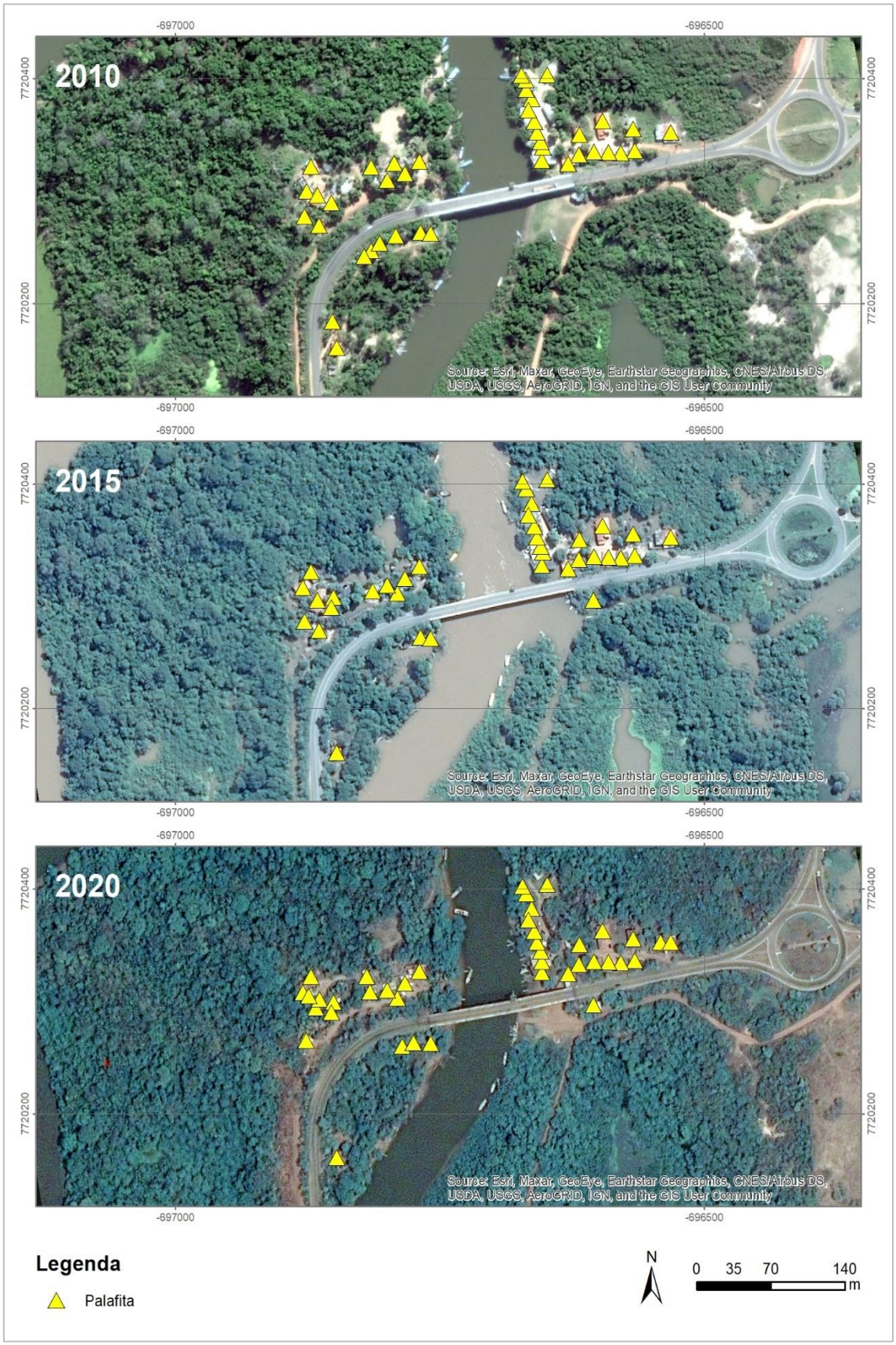


A Figura 32 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Centro-Oeste (Cód. 11).

Em 2010, o número contabilizado foi de 40 aglomerados. Em 2015, o valor reduziu para 36. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 40, igual ao valor inicial.

Em Miranda, no estado de Mato Grosso do Sul, as palafitas estão localizadas principalmente nas margens dos rios, principalmente do Rio Miranda, e áreas sujeitas a inundações no Pantanal.

Figura 32 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Centro-Oeste (Cód. 11)



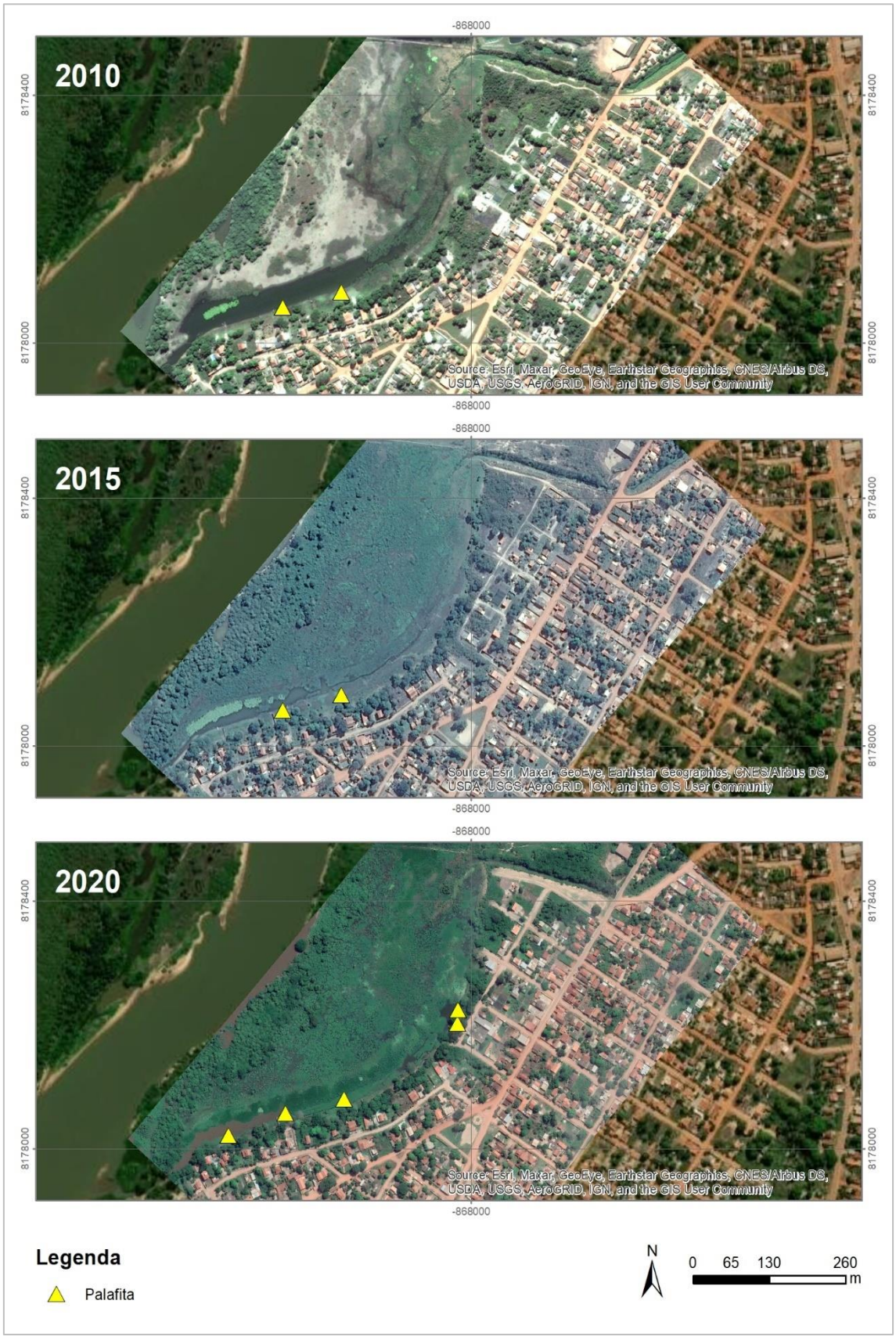

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 33 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Centro-Oeste (Cód. 12).

Em 2010, o número contabilizado foi de 2 aglomerados. Em 2015, o valor manteve-se 2. Por fim, em 2020, o valor aumentou para 5, com aumento percentual de 150%.

As palafitas em Cáceres, Mato Grosso, estão localizadas principalmente ao longo das margens do Rio Paraguai, em áreas sujeitas a inundações frequentes.

Figura 33 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Centro-Oeste (Cód. 12)

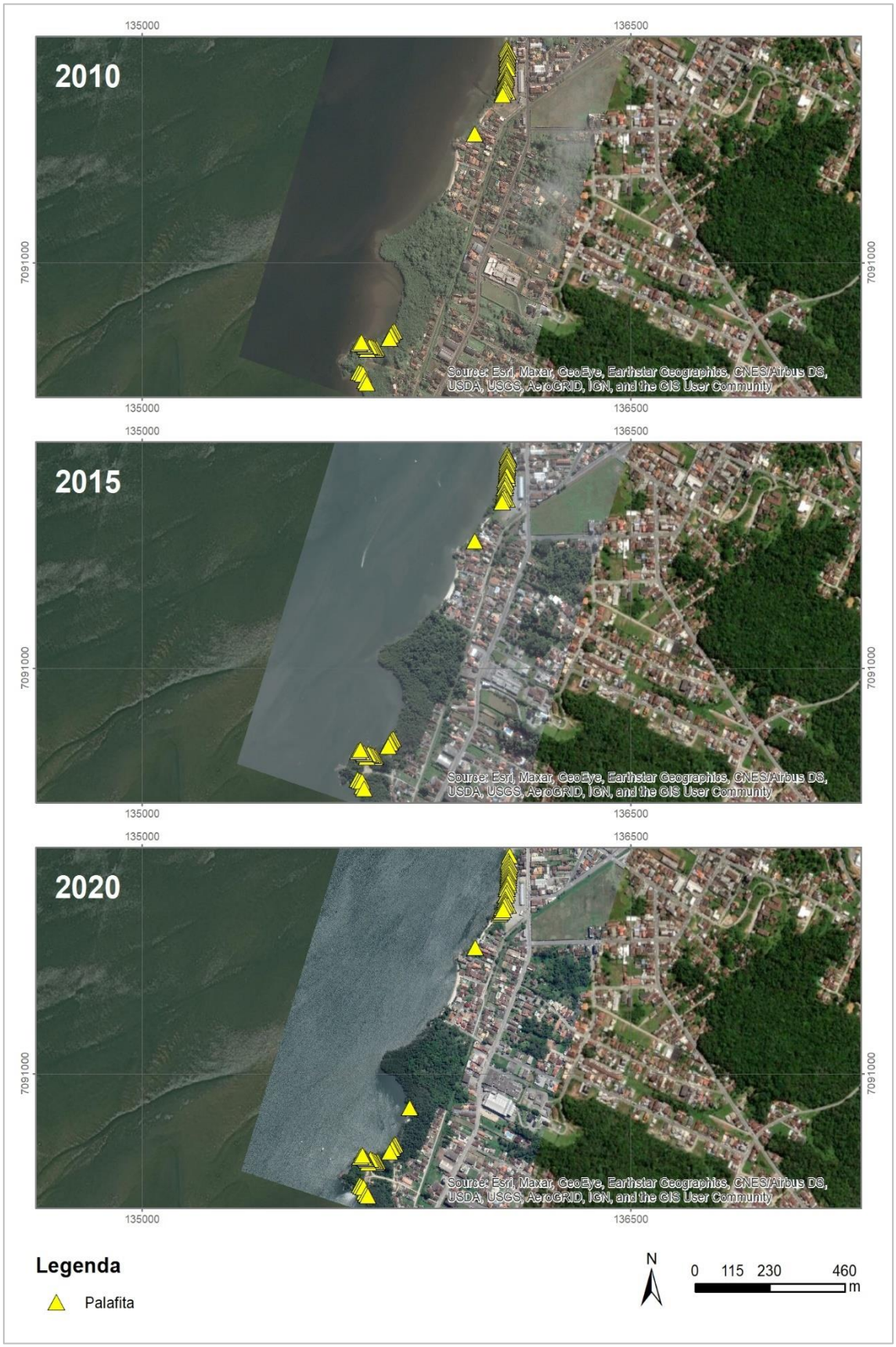



Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 34 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Sul (Cód. 13).

Em 2010, o número contabilizado foi de 45 aglomerados. Em 2015, o valor reduziu para 44. Por fim, em 2020, o valor aumentou para 45. As palafitas em São Francisco do Sul estão principalmente às margens da Baía Babitonga.

Figura 34 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Sul (Cód. 13)




Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 35 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Sul (Cód. 14).

Em 2010, o número contabilizado foi de 94 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 125. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 137, com um aumento percentual de 45,74%.

Em Laguna, Santa Catarina, as palafitas são comuns nas margens da Lagoa de Santo Antônio dos Anjos.

Figura 35 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Sul (Cód. 14)



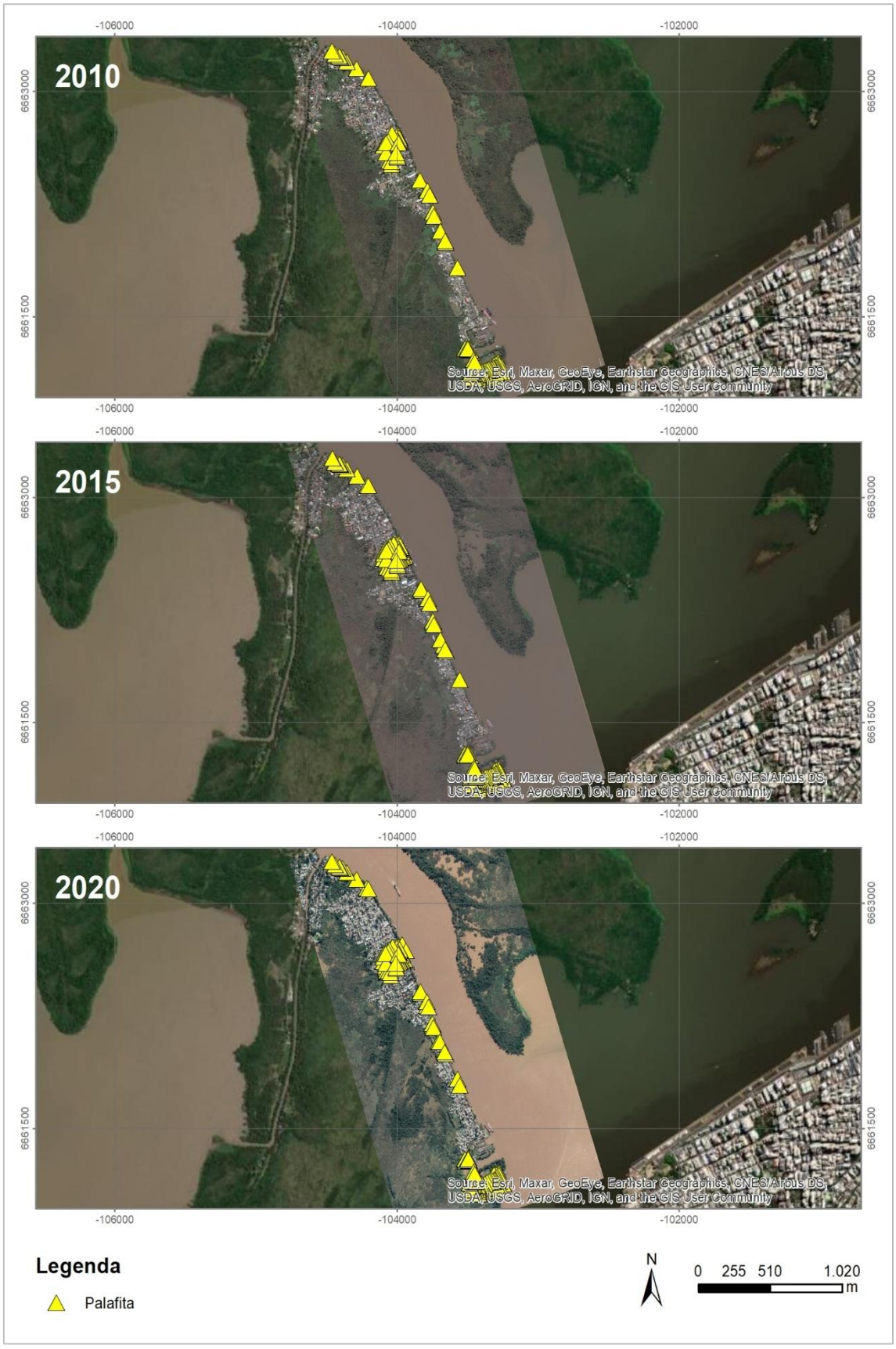

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Figura 36 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Sul (Cód. 15).

Em 2010, o número contabilizado foi de 112 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 151. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 161, com um aumento percentual de 43,75%.

As palafitas em Porto Alegre são comumente construídas na Ilha dos Marinheiros, sobre o Lago Guaíba.

Figura 36 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Sul (Cód. 15)




Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os dados obtidos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Quantidade de construções em cada comunidade estudada

| Região | Código da Palafita | Quantidade de Construções | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 2010 | 2015 | 2020 |
| Norte | 1 | 215 | 184 | 184 |
| | 2 | 286 | 343 | 345 |
| | 3 | 122 | 143 | 250 |
| Nordeste | 4 | 25 | 65 | 96 |
| | 5 | 314 | 525 | 663 |
| | 6 | 124 | 135 | 162 |
| Sudeste | 7 | 1050 | 1297 | 1632 |
| | 8 | 594 | 777 | 1055 |
| | 9 | 50 | 58 | 63 |
| Centro-Oeste | 10 | 6 | 9 | 9 |
| | 11 | 40 | 36 | 40 |
| | 12 | 2 | 2 | 5 |
| Sul | 13 | 45 | 44 | 45 |
| | 14 | 94 | 125 | 137 |
| | 15 | 112 | 151 | 161 |

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Através da análise da Tabela 2, pode-se inferir que:

- Na Região Norte, 2 das 3 áreas analisadas tiveram um crescimento de quantidade de construções;

- Já nas Regiões Nordeste e Sudeste, o número de palafitas foi crescente em todos os períodos e em todos os municípios;

- As Regiões Centro-Oeste e Sul tiveram resultados parecidos – 2 dos 3 municípios analisados tiveram crescimento na quantidade de construções, porém 1 município (em ambas regiões) apresentou resultado praticamente constante.

Deste modo, das 15 áreas de palafita, 12 tiveram um crescimento em termos de aglomerados subnormais, representando 80% do total analisado.

A partir dos dados obtidos foi calculado a evolução da população para os anos base do estudo, apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - População ao longo dos anos em cada comunidade estudada

| Região | Código da Palafita | População [hab.] | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 2010 | 2015 | 2020 |
| Norte | 1 | 600 | 514 | 514 |
| | 2 | 798 | 957 | 963 |
| | 3 | 341 | 399 | 698 |
| Nordeste | 4 | 70 | 182 | 268 |
| | 5 | 877 | 1465 | 1850 |
| | 6 | 346 | 377 | 452 |
| Sudeste | 7 | 2930 | 3619 | 4554 |
| | 8 | 1658 | 2168 | 2944 |
| | 9 | 140 | 162 | 176 |
| Centro-Oeste | 10 | 17 | 26 | 26 |
| | 11 | 112 | 101 | 112 |
| | 12 | 6 | 6 | 14 |
| Sul | 13 | 126 | 123 | 126 |
| | 14 | 263 | 349 | 383 |
| | 15 | 313 | 422 | 450 |

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Tabela 3 apresenta a população ao longo dos anos em diferentes regiões, divididas por códigos de palafitas. Observa-se que todas as regiões experimentaram um crescimento populacional entre 2010 e 2020. Em particular, o Nordeste destacou-se com um crescimento notável, especialmente na palafita 5, que quase dobrou sua população de 877 habitantes em 2010 para 1850 em 2020.

No Sudeste, a palafita 7 manteve-se como a mais populosa ao longo dos anos, alcançando 4554 habitantes em 2020. Esta região, no geral, apresenta as maiores populações, com crescimentos consistentes. Por outro lado, o Norte mostra variações menos acentuadas. Por exemplo, a palafita 1 teve um aumento modesto, de 600 habitantes em 2010 para 514 em 2020, mostrando pouca variação.

As regiões Centro-Oeste e Sul apresentam as menores populações. No Centro-Oeste, especialmente na palafita 12, a população se manteve muito baixa, com apenas 6 habitantes em 2020. O Sul, por sua vez, mostra um crescimento mais consistente, especialmente na palafita 13, que passou de 126 habitantes em 2010 para 383 em 2020.

A partir dos dados obtidos para população nos anos de base, foram estimadas as populações para os horizontes de planejamento 2025 e 2030, por métodos distintos, conforme apresentado na Tabela 4. Foram constatadas maiores discrepâncias entre os dois métodos quando calculadas previsões para regiões que apresentaram crescimento mais acentuado nos anos base. Tal fato ocorre devido ao método aritmético estimar o crescimento futuro da população com base na suposição de que o aumento populacional ocorre de forma linear, ou seja, a cada período analisado, o número de habitantes cresce em uma quantidade constante. A projeção aritmética é calculada somando um valor fixo de crescimento à população atual, com base na taxa de crescimento observada em períodos anteriores. Sua simplicidade torna-o uma opção fácil de aplicar, embora possa não refletir adequadamente as variações demográficas de longo prazo, como mudanças bruscas nas taxas de natalidade, mortalidade ou migração.

Por outro lado, o método geométrico de projeção populacional assume que a população cresce a uma taxa constante percentual ao longo do tempo, resultando em um crescimento exponencial. O método geométrico é mais apropriado para cenários em que as taxas de crescimento são aceleradas ou quando há um histórico de crescimento contínuo.

Por esse motivo, o resultado obtido pelo método geométrico foi considerado mais relevante e, portanto, adotado para a continuação dos cálculos do trabalho. Ressalta-se que outros métodos de projeção populacional (tais quais o método exponencial, o método de taxa constante, método dos componentes) também podem ser analisados em trabalhos futuros para a verificação de sua aplicação conforme seus pré-requisitos.

A relação final da evolução da população ao longo do tempo é apresentada na Tabela 5.

Tabela 4 - Previsão populacional para as comunidades de estudo – Horizontes 2025 e 2030

| Região | Cód. Palafita | Previsão populacional [hab.] método aritmético | | Previsão populacional [hab.] método geométrico | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 2025 | 2030 | 2025 | 2030 |
| Norte | 1 | 514 | 514 | 514 | 514 |
| | 2 | 969 | 975 | 969 | 975 |
| | 3 | 997 | 1296 | 1221 | 2136 |
| Nordeste | 4 | 354 | 440 | 395 | 581 |
| | 5 | 2235 | 2620 | 2336 | 2950 |
| | 6 | 527 | 602 | 542 | 650 |
| Sudeste | 7 | 5489 | 6424 | 5731 | 7211 |
| | 8 | 3720 | 4496 | 3998 | 5429 |
| | 9 | 190 | 204 | 191 | 208 |
| Centro-Oeste | 10 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| | 11 | 123 | 134 | 124 | 138 |
| | 12 | 22 | 30 | 33 | 76 |
| Sul | 13 | 129 | 132 | 129 | 132 |
| | 14 | 417 | 451 | 420 | 461 |
| | 15 | 478 | 506 | 480 | 511 |

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 5 - Relação final da evolução da população ao longo do tempo

| Região | Cód. Palafita | População [hab.] | | | Previsão populacional [hab.] método geométrico | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 |
| Norte | 1 | 600 | 514 | 514 | 514 | 514 |
| | 2 | 798 | 957 | 963 | 969 | 975 |
| | 3 | 341 | 399 | 698 | 1221 | 2136 |
| Nordeste | 4 | 70 | 182 | 268 | 395 | 581 |
| | 5 | 877 | 1465 | 1850 | 2336 | 2950 |
| | 6 | 346 | 377 | 452 | 542 | 650 |
| Sudeste | 7 | 2930 | 3619 | 4554 | 5731 | 7211 |
| | 8 | 1658 | 2168 | 2944 | 3998 | 5429 |
| | 9 | 140 | 162 | 176 | 191 | 208 |
| Centro-Oeste | 10 | 17 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| | 11 | 112 | 101 | 112 | 124 | 138 |
| | 12 | 6 | 6 | 14 | 33 | 76 |
| Sul | 13 | 126 | 123 | 126 | 129 | 132 |
| | 14 | 263 | 349 | 383 | 420 | 461 |
| | 15 | 313 | 422 | 450 | 480 | 511 |

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na Região Norte, a previsão populacional mostra estabilidade na palafita 1, com a população permanecendo constante em 514 habitantes de 2020 a 2030. Isso sugere uma ausência de crescimento, contrastando com a palafita 3, onde a população deve aumentar significativamente de 698 em 2020 para 2136 em 2030, indicando uma rápida expansão. Já a palafita 2 apresenta um crescimento mais moderado, passando de 963 para 975 habitantes no mesmo período.

No Nordeste, a palafita 4 mostra um aumento contínuo de 268 habitantes em 2020 para 581 em 2030. A palafita 5 também se destaca com um crescimento de 1850 para 2950 habitantes, reforçando uma tendência de expansão constante. A palafita 6, por sua vez, apresenta um aumento mais leve, de 452 para 650 habitantes, sugerindo um crescimento moderado.

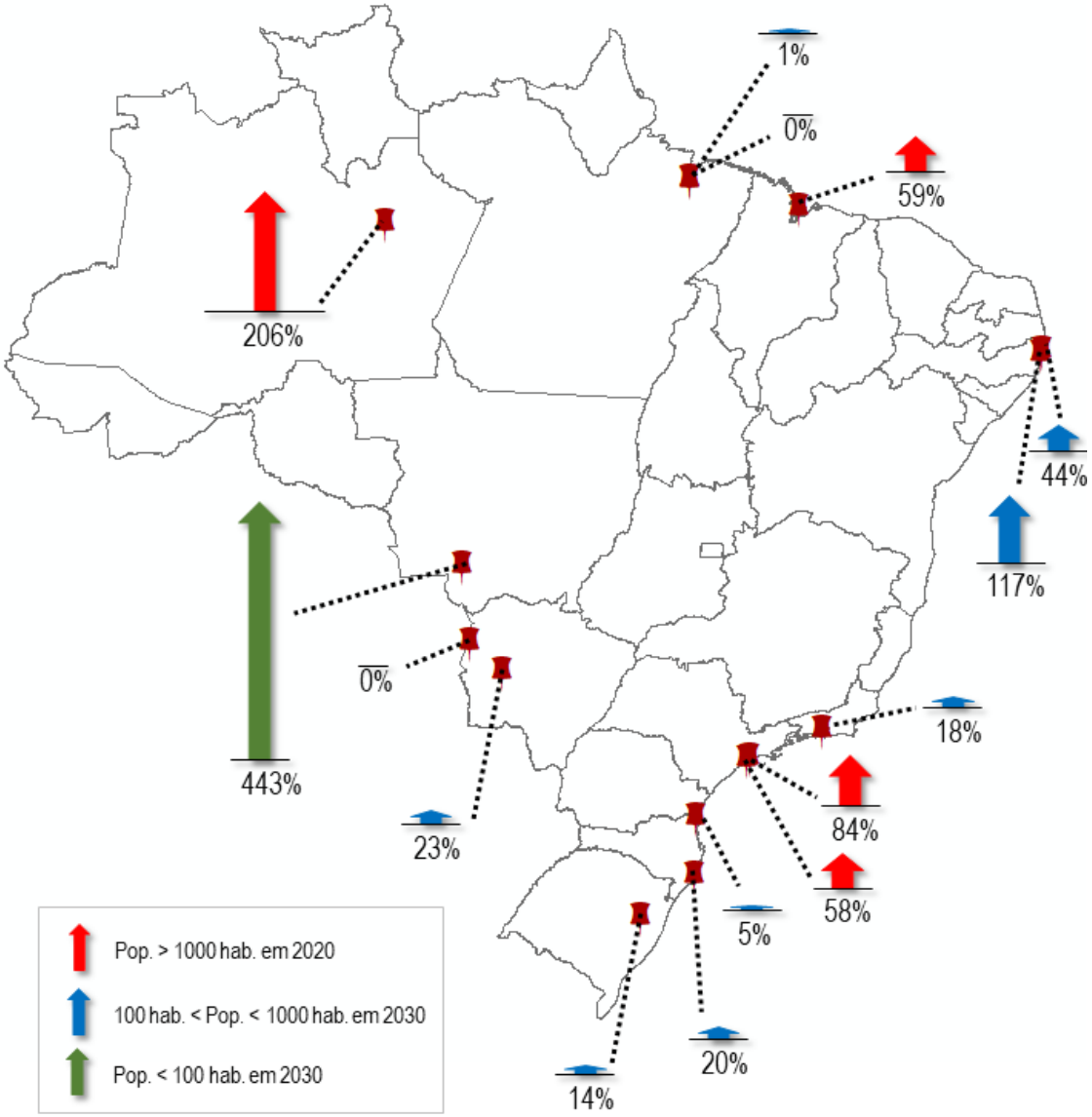
A Região Sudeste é marcada por um crescimento expressivo, especialmente na palafita 7, que passa de 4554 habitantes em 2020 para 7211 em 2030, mantendo-se como a mais populosa. A palafita 8 também se destaca, com a população aumentando de 2944 para 5429, demonstrando uma expansão acelerada. Em contraste, a palafita 9 apresenta um aumento menor, de 176 para 208 habitantes, refletindo um crescimento mais contido.

No Centro-Oeste, as palafitas 10 e 11 permanecem praticamente estáveis, com pouca variação populacional. A palafita 12, embora mostre um crescimento modesto de 26 para 28 habitantes, indica uma tendência de estagnação populacional, destacando-se como uma área de crescimento limitado.

Por fim, na Região Sul, a palafita 13 mostra um crescimento sólido, passando de 383 para 533 habitantes. A palafita 14 também apresenta um aumento moderado, de 420 para 461, enquanto a palafita 15 vê sua população crescer de 450 para 511, reforçando uma tendência de crescimento constante na região.

A Figura 37 abaixo ilustra o resumo da projeção do crescimento populacional entre 2020 e 2030 para as comunidades estudadas.

Figura 37 - Projeção do crescimento populacional entre 2020 e 2030 para as comunidades estudadas




Fonte: Elaboração do próprio autor.

Constatou-se, portanto, que as comunidades foco com crescimento populacional exacerbado encontram-se no Amazonas (206%), Maranhão (59%) e São Paulo (84% e 58%). Essas comunidades reúnem as características de alta população inicial (ano base de 2020) e alta tendência de crescimento para o horizonte de

planejamento de 2030. Por consequência, há tendência de apresentarem maiores impactos futuros, conforme abordado no item 5.2.

## 5.2 ESTIMATIVA DE IMPACTOS AO LONGO DO TEMPO

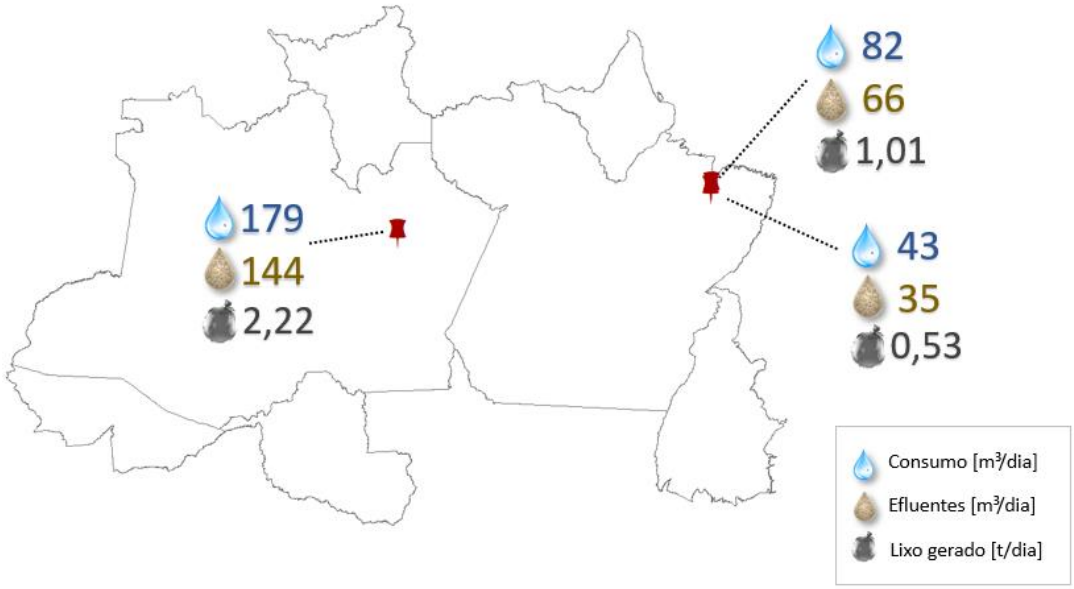
A relação entre os cálculos e projeções populacionais com os parâmetros encontrados na literatura possibilitou a estimativa dos cenários atual e futuro para impactos gerados na demanda de abastecimento, lançamento de efluentes e geração de lixo nas comunidades estudadas. A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos e, as Figuras de 38 a 42, enfatizam os desafios a serem enfrentados no horizonte de planejamento (2030).

Tabela 6 - Projeção de consumo e retorno para as comunidades estudadas

| Região | Cód. Palafita | Estimativas de consumo [m³/dia] | | | Estimativas do retorno de efluentes [m³/dia] | | | Lixo gerado [t/dia] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2020 | 2025 | 2030 | 2020 | 2025 | 2030 | 2020 | 2025 | 2030 |
| Norte | 1 | 43 | 43 | 43 | 35 | 35 | 35 | 0,53 | 0,53 | 0,53 |
| | 2 | 81 | 81 | 82 | 65 | 65 | 66 | 1,00 | 1,01 | 1,01 |
| | 3 | 59 | 103 | 179 | 47 | 82 | 144 | 0,73 | 1,27 | 2,22 |
| Nordeste | 4 | 22 | 33 | 48 | 18 | 26 | 39 | 0,28 | 0,41 | 0,60 |
| | 5 | 154 | 194 | 245 | 123 | 155 | 196 | 1,92 | 2,43 | 3,07 |
| | 6 | 38 | 45 | 54 | 30 | 36 | 43 | 0,47 | 0,56 | 0,68 |
| Sudeste | 7 | 651 | 820 | 1031 | 521 | 656 | 825 | 4,74 | 5,96 | 7,50 |
| | 8 | 421 | 572 | 776 | 337 | 457 | 621 | 3,06 | 4,16 | 5,65 |
| | 9 | 25 | 27 | 30 | 20 | 22 | 24 | 0,18 | 0,20 | 0,22 |
| Centro-Oeste | 10 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | 11 | 13 | 14 | 16 | 10 | 11 | 13 | 0,12 | 0,13 | 0,14 |
| | 12 | 2 | 4 | 9 | 1 | 3 | 7 | 0,01 | 0,03 | 0,08 |
| Sul | 13 | 15 | 16 | 16 | 12 | 12 | 13 | 0,13 | 0,13 | 0,14 |
| | 14 | 46 | 51 | 56 | 37 | 41 | 45 | 0,40 | 0,44 | 0,48 |
| | 15 | 54 | 58 | 62 | 44 | 46 | 49 | 0,47 | 0,50 | 0,53 |

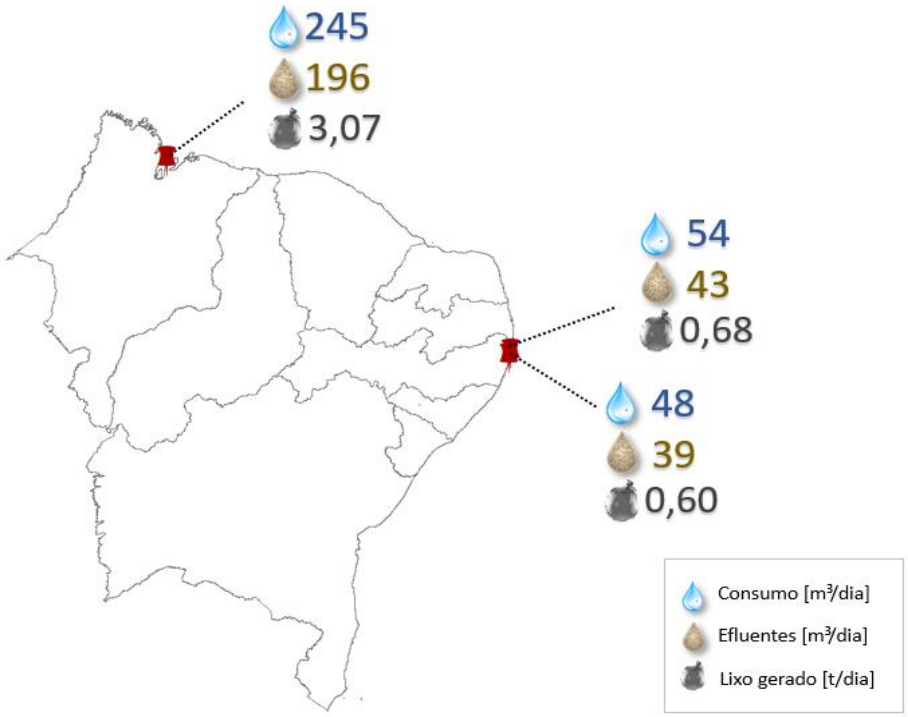
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 38 - Projeção de consumo e retorno para a região Norte em 2030



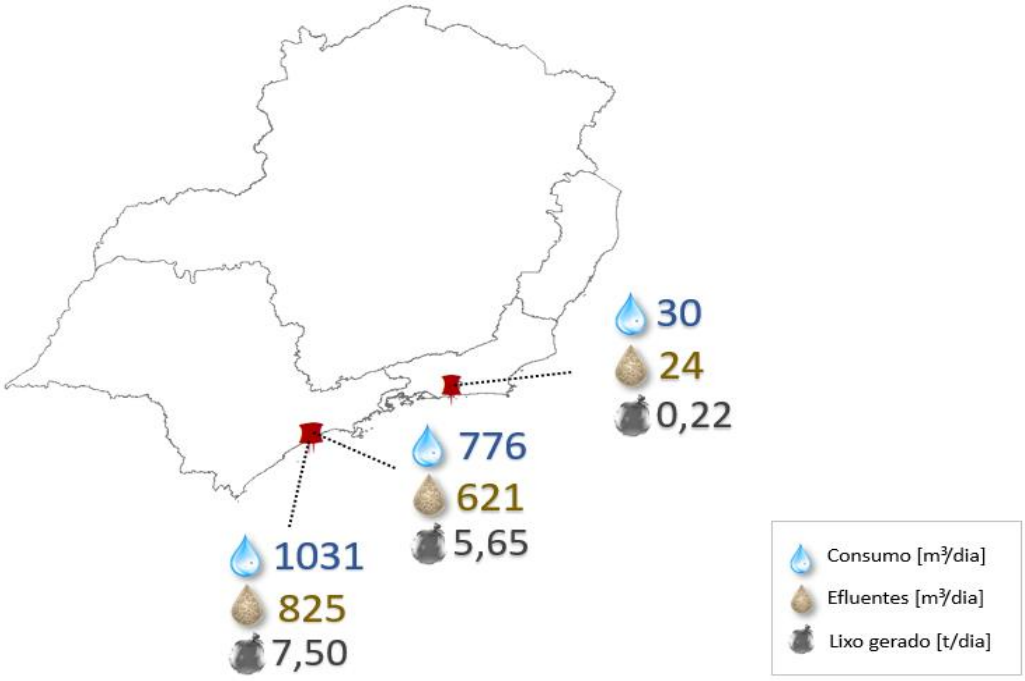

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 39 - Projeção de consumo e retorno para a região Nordeste em 2030



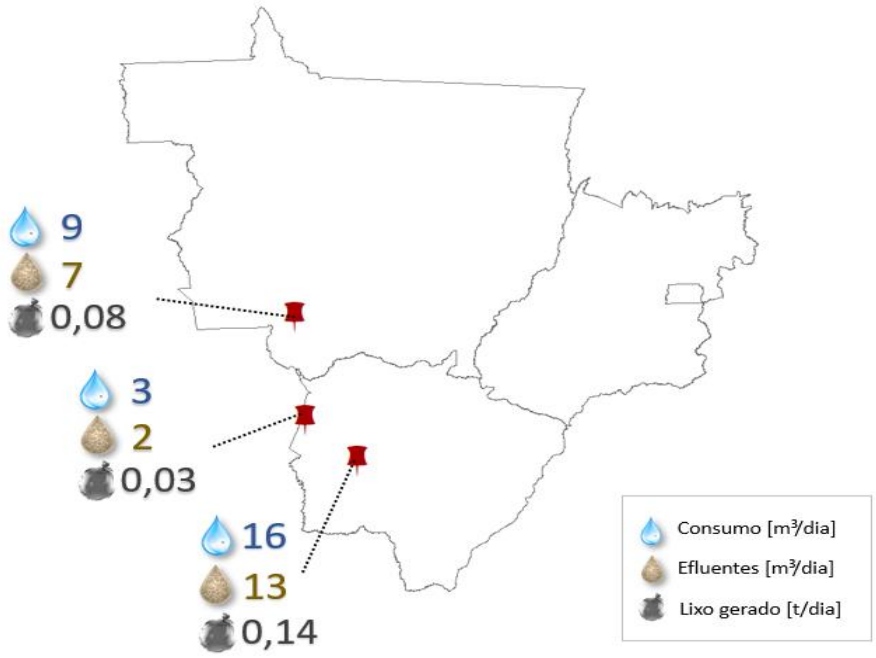

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 40 - Projeção de consumo e retorno para a região Sudeste em 2030



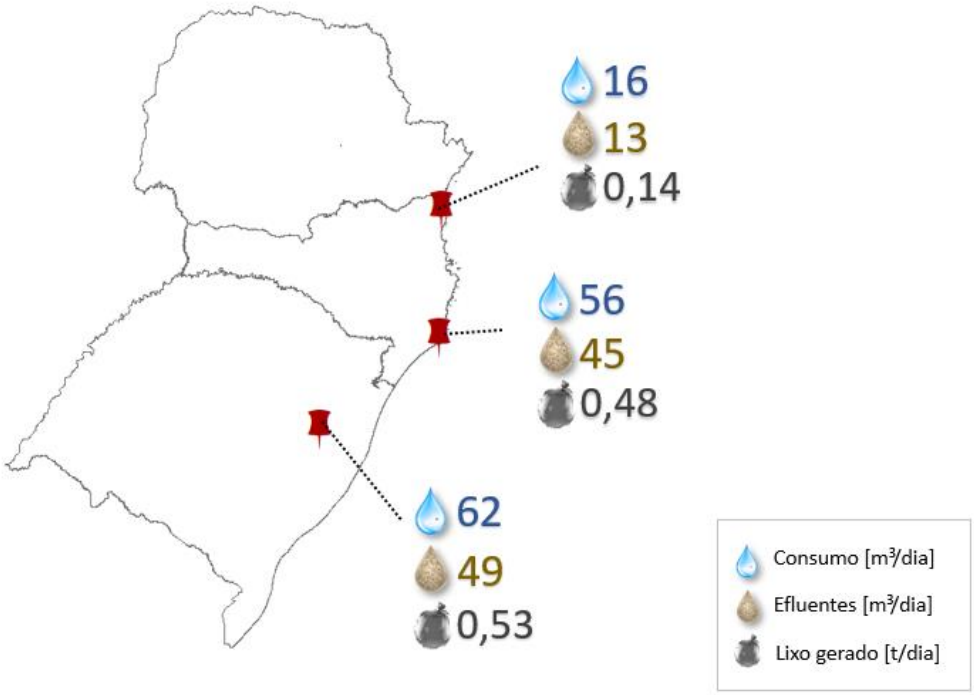

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 41 - Projeção de consumo e retorno para a região Centro-Oeste em 2030




Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 42 - Projeção de consumo e retorno para a região Sul em 2030




Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na palafita 1, o consumo de água se mantém constante em 43 m³/dia de 2020 a 2030, assim como o retorno de efluentes, que permanece em 35 m³/dia. A geração de lixo também se mantém estável em 0,53 t/dia, indicando pouca mudança nos padrões de consumo e retorno.

A palafita 2 apresenta um ligeiro aumento no consumo de água, de 81 m³/dia em 2020 para 82 m³/dia em 2030. O retorno de efluentes e a geração de lixo seguem essa tendência, aumentando para 66 m³/dia e 1,01 t/dia, respectivamente, o que sugere um crescimento populacional moderado.

Na palafita 3, há um aumento significativo no consumo de água, de 59 m³/dia em 2020 para 179 m³/dia em 2030. O retorno de efluentes sobe de 47 m³/dia para 144 m³/dia, e a geração de lixo aumenta de 0,73 t/dia para 2,22 t/dia, indicando um crescimento expressivo na demanda por recursos.

A palafita 4 mostra um aumento no consumo de água de 22 m³/dia em 2020 para 48 m³/dia em 2030. O retorno de efluentes também cresce, de 18 m³/dia para 39 m³/dia, e a geração de lixo sobe de 0,28 t/dia para 0,60 t/dia, refletindo um aumento gradual na demanda.

Na palafita 5, o consumo aumenta de 154 m³/dia em 2020 para 245 m³/dia em 2030, com o retorno de efluentes e a geração de lixo aumentando para 196 m³/dia e 3,07 t/dia, respectivamente. Isso sugere uma forte expansão populacional e um aumento significativo na geração de resíduos.

A palafita 6 apresenta um crescimento no consumo de água de 38 m³/dia para 54 m³/dia em 2030. O retorno de efluentes aumenta de 30 m³/dia para 43 m³/dia, enquanto a geração de lixo cresce de 0,47 t/dia para 0,68 t/dia, indicando um crescimento moderado.

Na palafita 7, o consumo de água cresce significativamente de 651 m³/dia em 2020 para 1031 m³/dia em 2030. O retorno de efluentes aumenta de 521 m³/dia para 825 m³/dia, e a geração de lixo sobe de 4,74 t/dia para 7,50 t/dia, sugerindo uma alta densidade populacional e aumento na geração de resíduos.

A palafita 8 apresenta um aumento no consumo de 421 m³/dia para 776 m³/dia em 2030. O retorno de efluentes e a geração de lixo também crescem significativamente, refletindo uma expansão rápida da comunidade e aumento na demanda por recursos.

Na palafita 9, o consumo de água aumenta ligeiramente de 25 m³/dia para 30 m³/dia, com o retorno de efluentes permanecendo estável em 22 m³/dia e a geração de lixo aumentando marginalmente, sugerindo estabilidade populacional.

A palafita 10 mostra um crescimento no consumo de água de 3 m³/dia para 4 m³/dia em 2030, com retorno de efluentes e geração de lixo permanecendo estáveis, indicando uma baixa densidade populacional.

Na palafita 11, o consumo de água aumenta de 12 m³/dia para 16 m³/dia, com o retorno de efluentes crescendo para 13 m³/dia e a geração de lixo subindo para 0,14 t/dia, mostrando uma leve tendência de crescimento populacional.

A palafita 12, com consumo de água subindo de 2 m³/dia para 3 m³/dia, apresenta um crescimento muito modesto, com pouco impacto no retorno de efluentes e geração de lixo.

Na palafita 13, o consumo de água aumenta de 16 m³/dia para 24 m³/dia em 2030, com o retorno de efluentes e a geração de lixo crescendo para 19 m³/dia e 0,29 t/dia, respectivamente, indicando um crescimento significativo.

A palafita 14 apresenta um aumento no consumo de 13 m³/dia para 20 m³/dia, com o retorno de efluentes subindo para 16 m³/dia e a geração de lixo para 0,24 t/dia, refletindo uma expansão moderada.

Por fim, a palafita 15 mostra um aumento de consumo de água de 54 m³/dia para 65 m³/dia, com um retorno de efluentes crescendo para 53 m³/dia e a geração de lixo aumentando para 0,53 t/dia, indicando uma expansão contínua.

Assim, as comunidades identificadas com maior impacto, em cada região, foram:

i) Região Norte: comunidade formada em Manaus - AM (Cód. 3);
ii) Região Nordeste: comunidade formada em São Luís – MA (Cód. 5);
iii) Região Sudeste: comunidades formadas em São Vicente – SP e Guarujá – SP (Cód. 7 e 8, respectivamente);
iv) Região Centro-Oeste: comunidade formada em Miranda – MS (Cód. 11), entretanto, com impacto consideravelmente menor quando comparada as demais regiões.
v) Região Sul: Comunidade formada em Porto Alegre – RS (Cód. 15).

## 5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O consumo de água no Brasil tem aumentado devido à urbanização acelerada e ao crescimento populacional. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o consumo médio per capita de água nas áreas urbanas passou de 150 litros por habitante/dia em 2010 para 154 litros em 2019 (SNIS, 2020).

Paralelamente, a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil também tem crescido: conforme o relatório da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE)**,** o Brasil gerou cerca de 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos em 2018, um aumento de 1% em relação ao ano anterior (ABRELPE, 2019).

Dessa forma, constata-se maior tendência de evolução dessas comunidades em regiões metropolitanas, densamente povoadas. Para as comunidades estudadas, o avanço dessas habitações sobre as águas não guarda relação com a região do país em que se encontram, mas com o padrão local de ocupação, tendo maior evolução em grandes centros urbanos, principalmente em capitais e arredores.

O crescimento populacional em regiões metropolitanas, especialmente em capitais e centros urbanos, pode impulsionar o aumento de palafitas. Fatores como a urbanização acelerada nesses centros, o custo elevado de moradia e a deficiência das políticas públicas podem aumentar ainda mais esse fenômeno.

Ressalta-se também que, no período de 2023 e 2024, a região Norte enfrentou uma forte seca, impulsionada por fenômenos como o El Niño e o aquecimento do Oceano Atlântico, sendo considerada uma das piores da história. A redução significativa das chuvas e o aumento das temperaturas resultaram em baixos níveis dos rios, afetando o abastecimento de água e a navegação fluvial, essenciais para a economia e o transporte na região.

A seca teve impactos devastadores nas comunidades ribeirinhas, que dependem dos rios para a pesca, a agricultura e o abastecimento de água. A falta de água potável e a escassez de alimentos contribuíram para a insegurança alimentar, agravando a situação socioeconômica das famílias locais (Andrade, 2024). Além disso, a seca intensificou a vulnerabilidade das palafitas, que dependem diretamente dos recursos hídricos.

Os crimes ambientais, como desmatamento e queimadas, agravam a situação, contribuindo para o desequilíbrio ecológico e o agravamento das condições climáticas. Essas atividades ilegais reduzem a capacidade de recuperação dos ecossistemas, aumentando a frequência e a intensidade de eventos climáticos extremos.

Apesar da região de Manaus apresentar uma tendência relevante de crescimento ao longo dos anos, o mesmo é identificado na região Sudeste, especialmente no litoral de São Paulo.

A região Sudeste, por apresentar padrões de consumo consideravelmente elevados em relação média do país, apresenta, portanto, as maiores tendências de impacto, sobressaindo como a região que mais necessita de planejamento para essas demandas.

A tendência mais preocupante foi identificada na região Sudeste. A região Centro-Oeste destacou-se como a menos impactada por palafitas, em acordo com o padrão identificado, uma vez que trata-se de uma região, majoritariamente rural e que não concentra altas densidades populacionais (com exceção das capitais e polos urbanos). A região Sul apresenta padrões similares às demais comunidades que não apresentaram tendências extremas.

Para amenizar o impacto no consumo de água, a implementação de sistemas de captação e reutilização de água da chuva pode auxiliar a reduzir significativamente a demanda por água potável, aliviando a pressão sobre os recursos hídricos locais. Programas de educação ambiental também podem ser efetivos para promover o uso

consciente da água e sensibilizar as comunidades sobre a importância da conservação dos recursos naturais.

Com relação ao retorno de efluentes, pode-se inferir que o tratamento inadequado de esgoto é um dos principais problemas nas palafitas. A instalação de sistemas de tratamento descentralizado, como fossas sépticas biodigestoras e *wetlands* construídos, pode ser uma solução viável e de baixo custo. Além disso, iniciativas de parcerias público-privadas (PPPs) podem atrair os investimentos necessários para o desenvolvimento de sistemas de água e esgoto, garantindo tarifas acessíveis para as comunidades de baixa renda.

A implementação de programas de coleta seletiva e compostagem pode reduzir substancialmente a quantidade de resíduos que são descartados diretamente nos cursos hídricos. Além disso, sistemas de coleta seletiva, combinados com cooperativas de catadores, podem criar empregos e reduzir a quantidade de resíduos.

Finalmente, o planejamento urbano integrado é crucial para a inclusão das palafitas nas políticas públicas de desenvolvimento urbano. Isso envolve a regularização fundiária e a provisão de infraestrutura básica, como água potável, esgoto e coleta de lixo. Governos locais podem auxiliar implementando incentivos para promover práticas sustentáveis nas palafitas. Isso pode incluir subsídios para tecnologias de eficiência hídrica e isenções fiscais para empresas que investem em infraestrutura de saneamento.

# 6 CONCLUSÃO

## 6.1 QUANTIFICAÇÃO E PREVISÃO POPULACIONAL

A contabilização manual das construções em regiões de palafitas permitiu concluir que, nas Regiões Norte, Centro-Oeste e Sul, 2 das 3 áreas analisadas por região sofreram um aumento no número total de construções de palafitas. Ademais, todas áreas de estudo das Regiões Nordeste e Sudeste apresentaram um aumento no total de palafitas.

Portanto, a análise das 15 áreas de estudo de palafitas permitiu inferir que 12 possuíram um crescimento em termos de aglomerados subnormais, representando 80% do total analisado.

De maneira similar, a análise de previsão populacional demonstrou um crescimento populacional em todas as regiões, com destaques para o Sudeste e o Nordeste, sendo a palafita 7 (São Vicente-SP) no Sudeste a mais populosa ao longo do período analisado.

Através da análise dos resultados obtidos, pode-se concluir que as regiões destacadas pelo aumento populacional excessivo estão localizadas no Amazonas (206%), Pará (59%) e São Paulo (84% e 58%), locais que se notou características iniciais em comum com densa população (referente a 2020) e uma tendência significativa de crescimento até o período de planejamento em 2030.

## 6.2 ESTIMATIVA DE IMPACTOS AO LONGO DO TEMPO

As projeções indicam um aumento geral no consumo de água e na geração de efluentes e lixo nas comunidades estudadas. Algumas áreas, como as palafitas 3 (Manaus-AM) e 7 (São Vicente-SP), apresentam crescimento elevado, enquanto outras, como as do Centro-Oeste, mantêm-se praticamente estáveis.

Em termos de estimativa de impactos ao longo do tempo, constatou-se que em regiões constituídas por metrópoles encontra-se uma maior tendência de evolução das comunidades de palafitas. Este resultado indica que o padrão de local de ocupação (regiões altamente populosas com alta densidade populacional) é extremamente relevante no grau de crescimento das comunidades de palafitas.

De todas as regiões analisadas, a Região Sudeste (com os municípios de São Vicente-SP, Guarujá-SP e Rio de Janeiro-RJ) apresentou um maior risco e, consequentemente, uma situação mais preocupante considerando sua tendência para os anos futuros. Tal Região reúne as características de alta tendência de crescimento, e grande volume de consumo e retorno, além de lixo produzido.

O aumento das palafitas nas regiões metropolitanas e urbanas do Brasil é um desafio complexo que requer soluções integradas e sustentáveis. A combinação de tecnologias de eficiência hídrica, sistemas descentralizados de tratamento de esgoto, programas de coleta seletiva e educação ambiental pode transformar a realidade dessas comunidades.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. O pantanal mato-grossense e a teoria dos refúgios. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 50, p. 9-57, 1988. Disponível em: https://biblio.fflch.usp.br/AbSaber_AN_1346211_OPantanalMatoGrossense.pdf. Acesso em: 10 out. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Novo Marco do Saneamento Básico**. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/saneamento-basico-no-brasil. Acesso em: 20 jun. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Panorama do Saneamento no Brasil**. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias/2020/julho/panorama-do-saneamento-no-brasil. Acesso em: 20 jun. 2023.

ALBERTI, M. **Advances in urban ecology**: integrating humans and ecological processes in urban ecosystems. New York: Springer, 2008.

ALVES, A. C.; FREITAS, I. S.; SANTOS, M. Q. Análise multitemporal da expansão urbana da cidade de Manaus, Amazonas, utilizando imagens de satélite. **GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeducacionais**, Fortaleza, v. 11, p. 369-387, 2020. Disponível em: https://www.redalyc.org/journal/5528/552861694029/html/. Acesso em: 03 dez. 2023.

ANDRADE, R. O. **Seca que afetou a Amazônia em 2023 causou a maior queda nos níveis dos rios já registrada, e está relacionada a mudanças climáticas**. [*s. l.: s. n.*]. Jornal da UNESP, 2024. Disponível em: https://jornal.unesp.br/2024/04/24/seca-que-afetou-a-amazonia-em-2023-causou-a-maior-queda-nos-niveis-dos-rios-ja-registrada-e-esta-relacionada-a-mudancas-climaticas-mostra-estudo/. Acesso em: 10 jun. 2023.

ARCHELA, E.; DE FRANÇA, V.; CELLIGOI, A.. Geologia, geomorfologia e disponibilidade hídrica subterrânea na bacia hidrográfica do Ribeirão Jacutinga. **GEOGRAFIA**, Londrina, v. 12, n. 2, p. 131–140, 2010. DOI: 10.5433/2447-1747.2003v12n2p131. Disponível em: https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/6675. Acesso em: 29 jan. 2023.

ASSAD, T. A problemática das “invasões” na cidade de Manaus: perspectivas de legalização fundiária à luz do estatuto da cidade. *In*: CONGRESSO NACIONAL DO CONPED, 15., 2006, Manaus. **Anais** [...]. Manaus: CONPED, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama de Resíduos Sólidos do Brasil – 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2021. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7212936/mod_resource/content/1/Panorama-2020-V5-unicas%20%282%29.pdf. Acesso em: 23 janeiro 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018**. São Paulo: ABRELPE, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. São Paulo: ABRELPE, 2018. Disponível em: https://belasites.com.br/clientes/abrelpe/site/wp-content/uploads/2018/09/SITE_grappa_panoramaAbrelpe_ago_v4.pdf Acesso em: 22 jan. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS ESTADUAIS DE SANEAMENTO – AESBE. **Sanear**: Revista Técnica de Saneamento e Meio Ambiente. Brasília: AESBE, 2007. Disponível em: https://aesbe.org.br/novo/wp-content/uploads/2007/09/Sanear_01.pdf Acesso em: 17 jul. 2023.

BARBOSA, C. **Na Vila da Barca, a população vive cotidianamente com o lixo.** [*S. l.:s. n.*]. Brasil de Fato. 2021. Disponível em: https://www.cna7.com.br/noticia/4213/como-vivem-os-moradores-de-uma-das-maiores-favelas-de-palafitas-do-brasil Acesso em: 11 jun. 2024.

BASHIR, I.; LONE, F. A.; BHAT, R. A.; MIR, S. A.; DAR, Z. A.; DAR, S. A. **Concerns and Threats of Contamination on Aquatic Ecosystems. In: Plant Ecophysiology and Adaptation under Climate Change: Mechanisms and perspectives.** *[s. l.]*, Springer, 2020. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-35691-0_1. 14 fev. 2024.

BATISTA, G. T. **Acesso à água potável: é um direito humano?**. *[S.l]*. SciELO em Perspectiva: Humanas, 2017. Disponível em: https://humanas.blog.scielo.org/blog/2017/02/14/acesso-a-agua-potavel-e-um-direito-humano/ Acesso em: 20 jan. 2023.

BATTY, M. **The New Science of Cities**. Cambridge: The MIT Press, 2013.

BECKER, B. Surtos de Crescimento de Manaus. **Espaço Aberto**, Rio de Janeiro, Brasil, v. 3, n. 1, p. 19–44, 2013. DOI: 10.36403/espacoaberto.2013.2099. Disponível em: https://revistas.ufrj.br/index.php/EspacoAberto/article/view/2099. Acesso em: 22 mai. 2023.

BIRKMANN, J.; CARDONA, O. D.; CARRION, E.; BARDAJI, M.; FELLER, E.; ROME, E.; SCHNEIDERBAUER, S.; KEILER, M.; WANNER, M.; PELLEGRINNI, A. T.; MONTOYA, L. Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. **Natural Hazards**, [*s. l.*], v. 67, n. 2, p. 193-211, 2013.

BONOTTO, D. M. B.; CARVALHO, M. B. S. S. **Educação Ambiental e valores na escola: buscando espaços, investindo em novos tempos**. São Paulo: Cultura

Acadêmica, 2016. ISBN 978-85-7983-762-3. Disponível em: https://doi.org/10.7476/9788579837623. Acesso em: 01 mar. 2022.

BOLSTAD, P. **GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems**. 5. ed. Minnesota: Eider Press, 2016.
BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm Acesso em: 12 jan. 2022.

BRASIL, Ministério das Cidades. **Regularização Fundiária Urbana: como Aplicar a Lei Federal nº 11.977/2009** – Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação e Secretaria Nacional de Programas Urbanos. Brasília, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11977.htm Acesso em: 11 dez. 2022.

BRASIL. **Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007- 2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 20 jun. 2023.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF. Brasil, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 13 fev. 2023.

BRASIL. **Proposta de Emenda Constitucional 6/21**. Inclui a água potável na lista de direitos e garantias fundamentais da Constituição. Brasília, DF. Brasil , 2021. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2277279&fichaAmigavel=nao#:~:text=Proposta%20de%20Emenda%20à%20Constituição&text=Inclui%2C%20na%20Constituição%20Federal%2C%20o,os%20direitos%20e%20garantias%20fundamentais. Acesso em: 29 set. 2022.

BROWN, E. **Stilt Houses: How an Ancient Architectural Design Could Become a Climate Solution**. [*S. l.*]: The Sweaty Penguin, 2023.

CÂMARA, G., DAVIS Jr., C., & MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. [*S. l.*]: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2018.

CASTRO, J. E. **Gestão democrática nos serviços de saneamento**. In: Água e democracia na América Latina. Campina Grande: EDUEPB, 2016. p. 244-304.

CHAINEY, S., TOMPSON, L., & UHLIG, S. The utility of hotspot mapping for predicting spatial patterns of crime. **Security Journal**, [*s. l.*], v. 21, n. 1-2, p. 4-28. 2008.

CHANG, K. **Introduction to Geographic Information Systems**. 9. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2019.

CITELLI, J. C.; FALCÃO, T. M. Socio-environmental Educommunication: city and school. Intercom: **Revista Brasileira de Ciências da Comunicação**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 21-35, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/interc/a/D35LthVgKVpwPqLV5XBf3rd/?format=pdf&lang=en. Acesso em: 10 out. 2023.

COMPANHIA DE HABITAÇÃO DA BAIXADA SANTISTA – COHAB. **Projeto Integrado de Urbanização do Dique Vila Gilda**. Santos: COHAB-ST, 2007.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2013.

COSTA, C. W. Fragilidade ambiental e escassez hídrica em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 946-958, 2015.

CUTTER, S. L., BORUFF, B. J., SHIRLEY, W. L. Social vulnerability to environmental hazards. **Social Science Quarterly**, *[s. l.]*, v. 84, n. 2, p. 242-261, 2003. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1540-6237.8402002. Acesso em: 19 dez. 2023.

DEMERS, M. N. **Fundamentals of Geographic Information Systems**. 4. ed. Hoboken: Wiley, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/964417/1/BPD-46-2004-Santa-Catarina-.pdf Acesso em: 22 mai. 2023

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/338818. Acesso em: 11 ago. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Uso agrícola dos solos brasileiros.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/328096/uso-agricola-dos-solos-brasileiros. Acesso em: 22 mar 2023.

FERREIRA, A. Favelas no Rio de Janeiro: nascimento, expansão, remoção e, agora, exclusão através de muros**. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales,** Universidad de Barcelona, v. XIV, n. 828, 25 jun. 2009.

FERREIRA, T. O. **Solos de mangue do Rio Crumahú (Guarujá - SP): pedologia e contaminação por esgoto doméstico.** Piracicaba, 113 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.

FLANAGAN, B., GREGORY, E., HALLISEY, E., HEITGERD, J., LEWIS, B. A Social Vulnerability Index for disaster management. **Journal of Homeland Security and Emergency Management**, Berkeley Electronic Press, *[s. l.]*, v. 8, n. 1, p. 3, 2011.

FOLEY, J. A., DEFRIES, R., ASNER, G. P., BARFORD, C., BONAN, G., CARPENTER, S. R. Global consequences of land use. **Science**, *[s. l.]*, v. 309, n. 5734, p. 570-574. 2005**.**

GATRELL, A. C., BAILEY, T. C., & DIGGLE, P. J. Spatial point pattern analysis and its application in geographical epidemiology. **Transactions of the Institute of British Geographers**, *[s. l.]*, v. 26, n 2, p. 216-235, 1996.

GIANNINI, P. Complexo Lagunar centro-sul catarinense: valioso patrimônio sedimentológico, arqueológico e histórico. *In*: SITIOS geológicos e paleontológicos do Brasil. Brasilia: DNPM, 2002. Disponível em: https://repositorio.usp.br/directbitstream/1ac61599-c760-42b0-b174-6304361cf74d/1347100.pdf. Acesso em: 08 mar. 2023.

GIANNINI, P. C. F., SAWAKUCHI, A. O., MARTINHO, C. T., TATUMI, S. H. Eolian depositional episodes controlled by Late Quaternary relative sea level changes on the Imbituba–Laguna coast (southern Brazil). **Marine Geology**, *[s. l.]*, v. 237, n. 3–4, p. 143–168, 2007.

GOLLEDGE, R.G., & STIMSON, R.J. **Spatial Behavior: A Geographic Perspective.** *[s. l.]*, Guilford Press. 2011.

GONZAGA, M.R., COSTA, J. V. Compressão da mortalidade: tendências e diferenciais regionais na variabilidade da idade à morte no Brasil 1980-2010. *In*: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE POBLACIÓN, 7.; ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 20., 2016, Foz do Iguaçu. **Anais** […]. Foz do Iguaçu: Abep, 2016.

GUERRA, A. J. T., FULLEN, M. A., JORGE, M. C. O., BEZERRA, J. F. R., SHOKR, S. M. The effects of biological geotextiles on gully stabilization in São Luís, Brazil. **Natural Hazards**, *[s. l.]*, 2015.

GUIMARÃES, C.R. Cidades latino-americanas convivem cada vez mais com urbanização e desordem física e social. **Cadernos de Saúde Pública**, *[s. l.],* v. 39, n. 9, e00038423, 2023. Disponível em: https://pressreleases.scielo.org/blog/2023/11/13/cidades-latino-americanas-convivem-cada-vez-mais-com-urbanizacao-e-desordem-fisica-e-social/. Acesso em: 08 jun. 2023.

GUIMARÃES, L.F.C. Palafitas de Santos e São Vicente – Desenvolvimento Sustentável**. Revista Cecília**, *[s. l.]*, v. 2, n. 1, p.14-15, jun. 2010. Disponível em:

https://sites.unisanta.br/revistaceciliana/edicao_03/1-2010-14-15.pdf. Acesso em: 13 fev. 2023.

GUTIÉRREZ, R. Modelos e imaginarios europeos en urbanismo americano 1900-1950*. Revista de* **Arquitectura**, *[s. l.]*, v. 7, n. 8, p. p. 2–3, 1996. Disponível em: https://dearquitectura.uchile.cl/index.php/RA/article/view/30377. Acesso em: 22 abr. 2023.

HARDOY, J.E. **Urbanization in Latin America: approaches and issues**. New York: Anchor Press, 1975.

NAHAR S., MORAN, S. Local Communities in Water and Sanitation: Practices and Challenges. **Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals Clean Water and Sanitation,** *[s. l.]*, p. 390-401, Springer International Publishing, 2022.

HILLESHEIM, B. Inclusão e educação de populações em situações de risco ou vulnerabilidade social**. Cad. CEDES**, *[s. l.]*, v. 41, n. 114, p. 84-86, 2021. Disponível em: http://ref.scielo.org/gps3zt Acesso em: 07 set. 2023.

HRYCZYSZYN, K., NEIL, D. Overwater Stilt Housing in Can Tho, Vietnam: Distribution Patterns and Implications for Development Policy. **International Development Planning Review**, *[s. l.]***,** v 36, n 4**,** 2014.

HUMMELL, B., CUTTER, S., EMRICH, C. Social vulnerability to natural hazards in Brazil. **International Journal of Disaster Risk Science**, *[s. l.]*, v. 7, n. 2, p. 111-122, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Aglomerados subnormais**: primeiros resultados: Censo Demográfico. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=792. Acesso em: 23 jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cartas e Mapas Temáticos.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-tematicos.html. Acessado em: 30 de abr. de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010:** Características da população e dos domicílios. Rio de Janeiro: IBGE,2010. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/cd_2010_caracteristicas_populacao_domicilios.pdf. Acesso em: 02 de mar. de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2020:** Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. Rio de Janeiro: IBGE. 2021. Disponível em: https://censo2020.ibge.gov.br/caracteristicas-gerais-da-populacao.html. Acesso em: 24 de mar. de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2022: população e domicílios.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2102011. Acesso em: 13 fev. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 2020.** Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-vicente.html. Acesso em: 22 de mai. De 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estimativas da população**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html. Acesso em: 25 de set. de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Climatologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101703_informativo.pdf. Acesso em: 23 de set. de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2006. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv6687.pdf. Acesso em: 23 de ago. de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapa de biomas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004 Disponível em: https://mapas.ibge.gov.br/biomas-divisao-continuas-1. Acesso em: 06 de jan. de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Síntese de Indicadores Sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponíve em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101892 Acesso em: 02 mai 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Subnormal Agglomerates**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/indicadores. Acesso em: 26 jun. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA. **Monitoramento de recursos hídricos.** Rio de Janeiro: INEA, 2021. Disponível em: https://www.inea.rj.gov.br/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/. Acesso em: 15 de nov. de 2022.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE- INEA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: INEA, 2014. Disponível em: https://www.agevap.org.br/downloads/Relatorio-Metas-Estrategias.pdf Acesso em: 04 dez. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020.** Brasília, DF: INMET, 2022. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/normais. Acesso em: 22 de abr. de 2023.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing:** a remote sensing perspective. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, 2005.

JENSEN, J. R., & COWEN, D. C. **Remote sensing of urban and suburban areas:** an introduction. *[s. l.],* CRC Press. 2010.

JUSTUS, J. O.; MACHADO, M. L. A.; FRANCO, M. S.; M. Geomorfologia. *In*: LEVANTAMENTO de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, p.313-404, 1986.

LAGACHERIE, P., MCBRATNEY, A. B., VOLTZ, M. (eds). Digital soil mapping: an introductory perspective. **Developments in soil science**, v. 31. Elsevier, Amsterdam, 2007.

LAITURI, M. J. Cultural Perspectives of Flooding. **Inland Flood Hazards: Human, Riparian, and Aquatic Communities**. *[s. l.]*, Cambridge University Press, 2000.

LAMBIN, E.F., GIBBS, H.K., HEILMAYR, R., CARLSON, K.M., FLECK, L.C., GARRET. R.D., DE WAROUX, Y.P., MCDERMOTT, C.L., MCLAUGHLIN, D., NEWTON, P., NOLTE, C., PACHECO, P., RAUSCH, L.L., STRECK, C., THORLAKSON, T., WALKER, N.F. The role of supply-chain initiatives in reducing deforestation. **Nature Climate Change**. *[s. l.]*, v. 8, 109-116. 2018.

LATHRAP, D. W. **The upper Amazon**. London: Thames & Hudson, 1970.

LEITE FILHO, D. Ocupações pré-coloniais no litoral e nas bacias lacustres do Maranhão. *In*: PEREIRA, E.; GUAPINDAIA, V. (Orgs.). **Arqueologia amazônica.** *[s. l.]*, 2010. 2 vols. pp. 743-773.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L. do; OLIVEIRA, S. V. W. B. de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública,** *[s. l.]*, v. 45, n. 2, 2011.

LIMA, E. **RN está entre os estados que já têm a lei aprovada para o Marco do Saneamento**. Portal BZNotícias. 2021. Disponível em: https://bznoticias.com.br/noticia/rn-esta-entre-os-estados-que-ja-tem-a-lei-aprovada-para-o-marco-do-saneamento Acesso em: 11 mar 2024.

MA, W., LIU, J., ZHANG, J., DAI, S., ZHANG, Q. Sustainable Ecological Sanitation System. In: YANG, Y., MA, M. (eds**) Green Communications and Networks**. Dordrecht, Lecture Notes in Electrical Engineering, v. 113. Springer, 2012.

MAGALHÃES, A.S., *et al*. Desordem física e social da vizinhança em cidades da América Latina: revisão de escopo. **Cad. de Saúde Pública**, *[s. l.]*, v. 39, n. 9, e00038423, 2023. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/csp/a/sFBJSyBtYHFP4GHzPBKf5LM/. Acesso em: 13 fev. 2023.

MARICATO, E. **Brasil, cidades:** alternativas para a crise urbana. Petrópolis: Vozes. 2001.

MARICATO, E. **O Impasse da Política Urbana no Brasil**. Petrópolis: Vozes, 2011.

MARTIN, G. **Pré-história do Nordeste brasileiro**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005.

MARTINELLI, M. L.; WANDERLEY, M. B. and PAZ, R. D. O. da **Intersetorialidade: desafio para as políticas públicas**. *[s. l.]*, SciELO em Perspectiva: Humanas, 2020 Disponível em: https://humanas.blog.scielo.org/blog/2020/05/14/intersetorialidade-desafio-para-as-politicas-publicas/ Acesso em: 13 fev. 2023.

MÉDICOS SEM FRONTEIRAS (MSF). **Relatório de atividades**. *[s. l.; s. n.]*, 2008. Disponível em: https://www.msf.org.br/wp-content/uploads/2014/07/83.pdf#:~:text=Após%20a%20redução%20da%20violência,e%20realizou%206.100%20intervenções%20cirúrgicas. Acesso em: 07 abr. 2023.

MILLER, H. J., & SHAW, S. L. **Geographic information systems for transportation: principles and applications**. Oxford University Press. 2001.

MORAES, C. de P., NEVES, E. G**.** O Ano 1000: Adensamento Populacional, Interação e Conflito na Amazônia Central. **Amazônica: Revista de Antropologia**, *[s. l.]*, v. 4, p. 122-148, 2012.

MOREIRA, F., ARAÚJO, L., SANTOS, C. Disponibilidade hídrica e regime hidrológico da região metropolitana do recife (RMR). *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 2002, *[s. l.]*. **Anais** [...]. Curitiba: ABRHIDRO, 2002. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/154/357.pdf. Acesso em: 12 fev. 2023.

NAVARRO, A. G. O povo das águas: carta arqueológica das estearias da porção centro-norte da Baixada Maranhense. **Cadernos de Pesquisa**, [*s. l.]*, v. 20, p. 57-65, 2013.

PIROLI, E. L. Considerações finais. *In*: PIROLI, E. D. **Água e bacias hidrográficas:** planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas. São Paulo: Editora UNESP, 2022. Disponível em: https://books.scielo.org/id/wphz3/pdf/piroli-9786557142981-08.pdf Acesso em: 13 fev. 2023.

PREFEITURA DO GUARUJÁ**. Guarujá defende fim das palafitas, expansão portuária e ampliação do desenvolvimento**. Guarujá: *[s. n.]*, 2023. Disponível em: https://www.guaruja.sp.gov.br/guaruja-defende-fim-das-palafitas-expansao-portuaria-e-ampliacao-do-desenvolvimento. Acesso em: 5 de junho de 2024.

PREFEITURA DO GUARUJÁ. **Remoção de 580 famílias que viviam em palafitas recebe premiação nacional.** Guarujá: *[s. n.],* 2024. Disponível em:

https://www.guaruja.sp.gov.br/remocao-de-580-familias-que-viviam-em-palafitas-recebe-premiacao-nacional. Acesso em: 5 de junho de 2024.

QUESADA, C. A., LLOYD, J., ANDERSON, L. O., FYLLAS, N. M., SCHWARZ, M., CZIMCZIK, C. I. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. **Biogeosciences,** Göttingen, v. 7, n. 5, p. 1515-1541, 2010.

RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais:** geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1973.

RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: DNPM/Projeto RadamBrasil, 1982.

RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais:** geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1983.

RASHID, S., *et al*. A critical review on phytoremediation of environmental contaminants in aquatic ecosystem. **Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali**, *[s. l.]*, 2023. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s12210-023-01169-x. Acesso em: 13 fev. 2023.

REVISTA BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS (RBRH). Gestão de recursos hídricos na região Amazônica: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, São Paulo, v. 28, elocation e5, 2023.

RICHARDS, J. **A. Remote Sensing Digital Image Analysis**. 5. ed. New York: Springer, 2013.

RIVERA-COLLAZO, I. **Taíno Stilt Houses May Have Been an Adaptation to Climate Change**. *[s. l.]*: Eos, 2020.

ROLNIK, R. **Guerra dos lugares:** a colonização da terra e da moradia na era das finanças. São Paulo: Boitempo, 2015.

RUSHTON, G. Public health, GIS, and spatial analytic tools. **Annual Review of Public Health**, *[s. l.],* 24, 43-56. 2003.

RUSHTON, G. Public health, GIS, and spatial analytic tools. **Annual Review of Public Health,** *[s. l.]*, 24: 43-56, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.24.012902.140843 Acesso em: 13 fev. 2023.

SCHREINER, O. H. **Avaliação da disponibilidade de água na bacia do rio Botucaraí para atender à demanda do arroz irrigado**. Canoas: Universidade Luterana do Brasil, 2003.

SCHUURMAN, N.; BELL, N. Social dimensions of health and GIS: a critical literature review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [*s. l.*], v. 7, n. 2, p. 1002-1025, 2010. Disponível em:

https://www.sfu.ca/geog/gis/schuurman/PDF/_ijerph-07-01002.pdf Acesso em: 22 fev 2023.

SETO, K. C., FRAGKIAS, M., GÜNERALP, B., & REILLY, M. K. A meta-analysis of global urban land expansion. PLoS One, *[s. l.]*, v. 6, n. 8, e23777, 2012.

SETO, K. C., GÜNERALP, B., & HUTYRA, L. R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, *[s. l.]*, v. 109, n. 40, p. 16083-16088, 2012**.**

SHARMA, A. In Photos: **Stilt Houses in Assam Help People Withstand Floods**. *[s. l.]*: Dialogue.Earth, 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2019**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020.

SMITH, K., & LI, L. **Geographic information science and technology for disaster risk managemen**t. *[s. l.]*: Springer, 2018.

SOMBROEK, W. G. Spatial and temporal patterns of Amazon rainfall**. Ambio,** Stockholm, v. 30, n. 7, p. 388-396, 2001.

SORRENTINO, M. **Educação ambiental e unidades de conservação.** *[S. l.]*: SciELO Livros, 2016.

SOUZA, C. M. N. **Saneamento: promoção da saúde, qualidade de vida e sustentabilidade ambiental.** Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2015.

STRECK, E. V., KÄMPF, N., DALMOLIN, R. S. D., KLAMT, E., NASCIMENTO, P. C., & SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002.

TOMLINSON, R.F. **Thinking about GIS: geographic information system planning for managers.** ESRI Press, 2007. Disponível em: https://archive.org/details/thinkingaboutgis0000toml. Acesso em: 22 out. 2022.

TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de água**. 3.ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TSUTYA, M.T., & ALEM SOBRINHO, P. **Projeção Populacional: Métodos Aritmético, Geométrico e da Curva Logística**. Universidade de São Paulo, 1999. Disponível em: https://repositorio.usp.br/item/001038409. Acesso em: 13 fev. 2023.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 485-525. 2001.

TUNDISI, José Galizia. Recursos hídricos no Brasil: uma síntese. In: TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no Brasil:** problemas, desafios e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. 90 p. cap. 5, p. 4-12.

UNESCO. **World Water Development Report 2018:** Nature-based Solutions for Water. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 2018.

UNITED NATIONS. **Sustainable Development Goals:** 17 Goals to Transform Our World. United Nations. 2017.Disponível em: https://sdgs.un.org/goals Acesso em: 02 de nov. de 2022.

UNITED NATIONS. **The State of the World's Cities 2018:** Data for Development. UN-Habitat. 2018. Disponível em: https://digitallibrary.un.org/record/3799524/files/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf Acesso em: 02 jan. 2023.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **New Atlas of Human Development in Brazil:** 1991-2000. New York: *[s. n.],* 2000. Disponível em: https://hdr.undp.org/content/new-atlas-human-development-brazil Acesso em: 08 ago. 2023.

VÁRZEA ENGENHARIA. **Projeto Casa de Várzea**. *[s. l.: s. n],* 2019. Disponível em: https://casadevarzea.com.br/o-projeto/ Acesso em: 22 abr. 2024.

WARDLOW, B.D., & EGBERT, S. L. Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: An assessment for the U.S. Central Great Plains. **Remote Sensing of Environment**, *[s. l.],* v. 112, n. 3, p. 1096-1116, 2008. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425707002788. 14 fev. 2024.

WIENAND, I.; NOLTING, U.; KISTEMANN, T. Using Geographical Information Systems (GIS) as an instrument of water resource management: a case study from a GIS-based Water Safety Plan in Germany. **Water Sci Technol**, *[s. l.]*, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Progress on drinking water, sanitation and hygiene:** 2017 update and SDG Baselines. World Health Organization, 2017. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789241512893 Acesso em: 22 de mar. 2023

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017:** Special focus on inequalities. World Health Organization, 2019. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789241516235. Acesso em: 31 de abr. de 2023.

XIAN, G.Z. **Remote Sensing Applications for the Urban Environment**. *[S. l.]*: CRC Press, 2015.

YAKUBU, P. **The Floating Village of Ganvie: A Model for Socio-Ecological Urbanism**. [*S. l.*]: ArchDaily, 2023.