

UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS – UNIEVANGÉLICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIEDADE, TECNOLOGIA E
MEIO AMBIENTE (PPG STMA)

**AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO E SAÚDE AMBIENTAL NA
MICRORREGIÃO DE ANÁPOLIS, GOIÁS, BRASIL**

RICARDO CARVALHO SILVA

ANÁPOLIS

2024

RICARDO CARVALHO SILVA

**AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO E SAÚDE AMBIENTAL NA
MICRORREGIÃO DE ANÁPOLIS, GOIÁS, BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente da Universidade Evangélica de Goiás - UniEVANGÉLICA, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências Ambientais, Área de Concentração: Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente, Linha de Pesquisa: Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável.

Orientadora: Prof.^a Dra. Josana de Castro Peixoto

ANÁPOLIS

2024

S586

Silva, Ricardo Carvalho.

Avaliação do saneamento e saúde ambiental na microrregião
de Anápolis, Goiás, Brasil / Ricardo Carvalho Silva
Anápolis: Universidade Evangélica de Goiás – UniEvangélica, 2024.

136p.; il.

Orientadora: Profa. Dra. Josana de Castro Peixoto.

Tese (doutorado) – Programa de pós-graduação *stricto sensu*
Doutorado em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente –
Universidade Evangélica de Goiás - UniEvangélica, 2024.

1. Saneamento básico 2. Meio ambiente 3. Índice 4. Gestão pública
5. Salubridade I. Peixoto, Josana de Castro II. Título

CDU 504

Catálogo na Fonte

Elaborado por Rosilene Monteiro da Silva CRB1/3038



Programa de Pós-Graduação em
Sociedade, Tecnologia e
Meio Ambiente

FOLHA DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO E SAÚDE AMBIENTAL NA MICRORREGIÃO DE ANÁPOLIS, GOIÁS, BRASIL.

Ricardo Carvalho Silva

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente/ PPG STMA da Universidade Evangélica de Goiás/ UniEVANGÉLICA como requisito parcial à obtenção do grau de **DOUTOR**.

Aprovado em 24 de setembro de 2024.

Linha de pesquisa: Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável

Documento assinado digitalmente



JOSANA DE CASTRO PEIXOTO
Data: 01/10/2024 11:41:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Josana de Castro Peixoto
Presidente/Orientador (UniEVANGÉLICA)

Documento assinado digitalmente



JOAO MAURICIO FERNANDES SOUZA
Data: 30/09/2024 16:25:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. João Mauricio Fernandez Souza
Examinador Interno (UniEVANGÉLICA)

Documento assinado digitalmente



FRANCISCO LEONARDO TEJERINA GARRO
Data: 27/09/2024 20:52:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Francisco Leonardo Tejerina-Garro
Examinador Interno (UniEVANGÉLICA)

Documento assinado digitalmente



ALLINY DAS GRACAS AMARAL
Data: 26/09/2024 09:47:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Alliny das Graças Amaral
Examinador Externo (UEG)

Documento assinado digitalmente



ANDREIA JULIANA RODRIGUES CALDEIRA
Data: 24/09/2024 19:18:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Andreia Juliana Rodrigues
Examinador Externo (UEG)

DEDICATÓRIA

Essencialmente a minha esposa Cibele, que sempre me apoiou, mesmo com os desafios vivenciados nesta longa jornada. A meus pais, Manoel e Lourdes, aos meus filhos Maria Eduarda, Brenda e Pedro pelo amor incondicional!

AGRADECIMENTOS

À DEUS por sua infinita bondade, pela força nos momentos de fraqueza, pelas inspirações e sabedoria nos momentos de perecimento e ignorância e por toda a tranquilidade nos momentos de desgaste e desânimo.

De maneira irrestrita à minha esposa Cibele, pelo carinho, pela constante parceria, estímulo e equilíbrio, me fazendo ter convicção que posso mais do que imagino.

Aos meus filhos Maria Eduarda, Brenda e Pedro, pela compreensão, ao serem privados em várias ocasiões da minha presença e atenção, pelo amor e carinho durante os momentos de ansiedade e tensão.

Aos meus pais, Manoel e Lourdes que dedicaram as suas vidas para educar seus filhos, obrigado pelo apoio integral, pela educação, pelos exemplos de vida, por terem me ensinado a nunca desistir, obrigado pelas orações e por sempre acreditar e confiar em mim.

À Professora Doutora Josana de Castro Peixoto, minha orientadora, pela confiança e por ter acreditado em minha competência, por ter me apoiado significativamente a dar o primeiro passo, considerado por muitos o mais importante, por sua disponibilidade, pelos aconselhamentos positivos, pelo estímulo permanente e por fim, por sua amizade.

Agradeço ainda aos meus amigos, em especial às colegas de trabalho Professora Alliny Amaral e Professora Cristiane Alves e familiares que ao longo desta etapa me impeliram e me apoiaram, fazendo acreditar que os aperfeiçoamentos espiritual, profissional e humano são indissociáveis.

Ao Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente da Universidade Evangélica de Goiás (STMA/UniEVANGÉLICA) pela oportunidade de desenvolver meu projeto de doutorado. De maneira igual, estendo os meus agradecimentos aos docentes e funcionários da STMA, os quais me acompanharam durante esse percurso e que de certa forma colaboraram para o meu aprimoramento profissional.

Por fim, agradeço a todos que atuaram de maneira direta ou indiretamente para o sucesso deste trabalho, o meu infindável agradecimento.

EPÍGRAFE

É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.

Theodore Roosevelt

RESUMO GERAL

O ecossistema natural tem sido fortemente afetado ao longo dos anos devido aos processos de urbanização e mau uso do meio ambiente. A ocupação rápida e irregular deste espaço provoca problemas na estruturação urbana e aumenta a ocorrência de adversidades relacionadas às habitações e a saúde da população. O Índice de Avaliação do Saneamento e Saúde Ambiental (ISSA) é um instrumento de gestão que ampara as decisões dos administradores públicos e possibilita a análise da saúde em diversos municípios de forma comparativa, direcionando dessa forma as ações e os investimentos públicos. O principal propósito desta tese consistiu em fazer uma análise do saneamento e da saúde ambiental dos municípios pertencentes a Microrregião de Anápolis (MAPS), por meio do ISSA, a fim de fornecer um diagnóstico detalhado que auxilie no planejamento de ações e investimentos necessários para a melhoria sanitária. A metodologia de trabalho adotada envolveu a realização do cálculo do índice de cobertura vegetal (I_{CV}), do índice de área verde (I_{AV}) e do ISSA pelo método da Shibasaki (2022). Com exceção dos dados usados na obtenção do I_{CV} e I_{AV} , todas as demais informações foram extraídas de plataformas digitais. O estudo mostrou que dos 20 municípios avaliados, 17 (85%) foram classificados com baixa salubridade ($25,51\% < ISSA < 50,50\%$) e os demais apresentaram média salubridade ($50,51\% < ISSA < 75,50\%$). As análises do I_{CV} e do I_{AV} , mostraram que todos os municípios, com exceção de São Francisco de Goiás, apresentaram um percentual de cobertura vegetal abaixo do preconizado pela Organização das Nações Unidas. Em síntese o estudo mostrou a importância da investigação sobre a condição de saúde nos municípios analisados e permitiu verificar quais serviços precisam receber intervenções imediatas e, portanto, requerem investimento tanto econômico quanto técnico.

Palavras-chave: Saneamento Básico; Meio Ambiente; Índice; Gestão Pública; Salubridade

ABSTRACT

The natural ecosystem has been significantly impacted over the years due to urbanization processes and environmental misuse. The rapid and irregular occupation of these spaces provokes urban structuring problems and increases the occurrence of adversities related to housing and public health. The Sanitation and Environmental Health Assessment Index (ISSA) is a management tool that supports the public administrator decisions and enables health comparative analysis across different municipalities, consequently, guiding public actions and investments. The main purpose of this thesis is to analyze the sanitation and environmental health of the municipalities within the Anápolis Microregion (MAPS) using the ISSA, providing a detailed diagnosis that assists in planning necessary actions and investments for sanitary improvements. The adopted methodology involved calculating the vegetation cover index (VCI) and the green area index (GAI), along with computing the ISSA using the Shibasaki method (2022). Except for the data used to obtain VCI and GAI, all other information was extracted from digital platforms. The study showed that among the 20 municipalities evaluated, 17 (85%) were classified as having low healthiness ($25.51\% < \text{ISSA} < 50.50\%$), while the others presented medium healthiness ($50.51\% < \text{ISSA} < 75.50\%$). The analyses of VCI and GAI showed that all municipalities, except for São Francisco de Goiás, had a percentage of vegetation cover below the level recommended by the United Nations. In summary, the study highlighted the importance of investigating the analyzed municipalities health conditions and allowed identifying which services require immediate interventions, therefore necessitating both economic and technical investments.

Keywords: Basic Sanitation; Environment; Index; Public Management; Salubrity

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO

Figura 1 - Representação do Estado de Goiás - Microrregião de Anápolis	17
---	----

ARTIGO 1

Figura 1 - Localização da área de estudo - Microrregião de Anápolis.....	25
Figura 2 - Índice de Área Verde (IAV) de cada município da microrregião de Anápolis	29
Figura 3 - Índice de Cobertura Vegetal (ICV) de cada município da microrregião de Anápolis	31
Figura 4 - Percentual de Cobertura Verde (PCV) de cada município da microrregião de Anápolis.....	32

ARTIGO 2

Figura 1 - Organograma de formação do ISSA.....	43
Figura 2 - Resultado dos Indicadores e do ISSA final dos 20 municípios da Microrregião de Anápolis.....	55
Figura 3 - Resultados alcançados para o I_{AB} da Microrregião de Anápolis	58
Figura 4 - Resultados alcançados para o I_{ES} da Microrregião de Anápolis.....	61
Figura 5 - Resultados alcançados para o I_{RS} da Microrregião de Anápolis.....	63
Figura 6 - Resultados alcançados para o I_{DU} da Microrregião de Anápolis	65
Figura 7 - Resultados alcançados para o I_{AM} da Microrregião de Anápolis.....	67
Figura 8 - Resultados alcançados para o I_{SP} da Microrregião de Anápolis.....	69
Figura 9 - Resultados alcançados para o I_{SE} da Microrregião de Anápolis.....	71

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1 - Classes adotadas com os respectivos valores resultantes do NDVI 27

Tabela 2 - Classificação do PCV para a Microrregião de Anápolis 28

ARTIGO 2

Tabela 1 - Pesos considerados para os indicadores do ISSA..... 44

Tabela 2 - Pesos considerados para os subindicadores do ISSA 45

Tabela 3 - Estado do saneamento e saúde ambiental em função da pontuação do ISSA 46

Tabela 4 - Pontuação do subindicador de saturação do sistema produtor 48

Tabela 5 - Pontuação do subindicador de saturação do tratamento de esgoto..... 50

Tabela 6 - Pontuação do subindicador de índice de áreas verdes 52

Tabela 7 - Classes adotadas com os respectivos valores resultantes do NDVI 52

Tabela 8 - Critérios de pontuação para os subindicadores de dengue do eixo de Saúde Pública 54

Tabela 9 - Critérios de pontuação para os subindicadores da esquistossomose do eixo de Saúde Pública 53

Tabela 10 - Critérios de pontuação para os subindicadores da leptospirose do eixo de Saúde Pública 54

Tabela 11 - Valores dos subindicadores para o abastecimento de água 59

Tabela 12 - Faixas de pontuação do Subindicador de Qualidade da Água Distribuída (IQA).. 60

Tabela 13 - Valores dos subindicadores para o esgoto sanitário 62

Tabela 14 - Valores dos subindicadores para os resíduos sólidos 63

Tabela 15 - Valores dos subindicadores para o indicador ambiental 67

Tabela 16 - Valores dos subindicadores para o indicador de saúde pública 70

Tabela 17 - Valores dos subindicadores para o indicador socioeconômico 71

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

AGNU	Assembleia Geral das Nações Unidas
CONESAN/SP	Conselho Estadual de Saneamento do Estado de São Paulo
DAIA	Distrito Agroindustrial de Anápolis
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DRSAI	Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
I _{AB}	Indicador de Abastecimento de Água
I _{AM}	Indicador Ambiental
I _{AU}	Subindicador de Atendimento Urbano de Água
IAV	Índice de Área Verde
I _{AV} (no ISSA)	Subindicador de Índice de Áreas Verdes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
I _{CE}	Subindicador de Cobertura em Coleta de Esgotos e Tanques Sépticos
I _{CR}	Subindicador de Coleta de Resíduos
I _{CS}	Subindicador de Taxa de Cobertura da Coleta Seletiva porta a porta em Relação a População Urbana
ICV	Índice de Cobertura Vegetal
I _{CV} (no ISSA)	Subindicador de Índice de Cobertura Vegetal
I _{DE}	Subindicador de Dengue
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
I _{DU}	Indicador de Drenagem Urbana
I _{ES} (no ISA/Urbano)	Indicador de Esgotos Sanitários
I _{ES} (no ISSA)	Indicador de Esgotos Sanitários
I _{ES} (no ISSA)	Subindicador de Esquistossomose
I _{IDHM}	Subindicador de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
I _{IVS}	Subindicador de Índice de Vulnerabilidade Social
I _{LP}	Subindicador de Leptospirose
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

I _{PD}	Subindicador de Perdas na Distribuição
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
I _{QA}	Subindicador de Qualidade da Água Distribuída
I _{RD}	Subindicador de Drenagem Urbana
I _{RS}	Indicador de Resíduos Sólidos
ISA	Indicador de Salubridade Ambiental
I _{SA} (no ISSA)	Subindicador de Saturação do Sistema Produtor
ISA/Urbano	Indicador de Salubridade Ambiental / Urbano
I _{SE}	Indicador Socioeconômico
I _{SP}	Indicador de Saúde Pública
ISSA	Índice para Avaliação do Saneamento e Saúde Ambiental
I _{ST}	Subindicador de Saturação do Tratamento
I _{TD}	Subindicador de Tratamento e Disposição Final
I _{TE}	Subindicador de Tratamento de Esgotos e Tanques Sépticos
MAPS	Microrregião de Anápolis
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada)
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PCV	Percentual de Cobertura Verde
PIB	Produto Interno Bruto
PNDR	Política Nacional de Desenvolvimento Regional
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SBAU	Sociedade Brasileira de Arborização Urbana
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIH/SUS	Sistema de Informações Hospitalares do SUS
SINAN	Sistema de Informações de Agravos de Notificação
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TABNET	Tabulador Genérico de Domínio Público

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
OBJETIVOS	17
GERAL	17
ESPECÍFICOS	17
MATERIAIS E MÉTODOS	17
TIPO DE ESTUDO.....	17
ÁREA DO ESTUDO	17
COLETA DE DADOS.....	19
REFERÊNCIAS.....	21
ARTIGO 1 (SUBMETIDO).....	23
RESUMO.....	23
INTRODUÇÃO	24
MATERIAIS E MÉTODOS	25
ÁREA DE ESTUDO.....	25
ÍNDICE DE ÁREAS VERDES (IAV)	26
ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL (ICV)	27
PERCENTUAL DE COBERTURA VEGETAL (PCV)	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS.....	36
ARTIGO 2 (A PUBLICAR)	41
RESUMO.....	41
INTRODUÇÃO	42
MATERIAIS E MÉTODOS	43
ÁREA DE ESTUDO.....	43
ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO E SAÚDE AMBIENTAL (ISSA).....	44
CÁLCULO DOS INDICADORES E SUBINDICADORES	47
Indicador de Abastecimento de Água (I_{AB}).....	47
Indicador de Esgoto Sanitário (I_{ES})	50
Indicador de Resíduos Sólidos (I_{RS}).....	51

Indicador de Drenagem Urbana (IDU)	52
Indicador Ambiental (IAM)	52
Indicador de Saúde Pública (ISP)	54
Indicador Socioeconômico (ISE)	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
Indicador de Abastecimento de Água (IAB).....	59
Indicador de Esgoto Sanitário (IES)	61
Indicador de Resíduos Sólidos (IRS).....	64
Indicador de Drenagem Urbana (IDU)	66
Indicador Ambiental (IAM)	67
Indicador de Saúde Pública (ISP)	69
Indicador Socioeconômico (ISE)	71
CONCLUSÃO.....	73
REFERÊNCIAS.....	75
 CONCLUSÃO GERAL	 79
APÊNDICE	81

INTRODUÇÃO GERAL

O saneamento básico é entendido como o conjunto de medidas ou serviços públicos realizado pelo homem com o objetivo da promoção à saúde, segurança à vida, ao patrimônio público e privado, além da proteção ambiental (Ferreira *et al.*, 2016; Pitassi; Ferreira, 2019). No Brasil o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição de 1988 e regulado pela Lei 11.445/2007 (a “Lei do Saneamento Básico”), recentemente alterada pela Lei 14.026/20.

Conforme o inciso I do art. 3º da Lei 14.026/20, saneamento básico é compreendido como o conjunto de quatro serviços públicos:

- a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição;
- b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reuso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente;
- c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: constituídos pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana; e
- d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes.

O conceito de saneamento surgiu a partir do convívio urbano construído ao longo da humanidade. Dessa maneira, como vários outros conceitos, sua origem é apontada como decorrência do contexto social, do desenvolvimento do conhecimento e da retenção deste pela população (Tomeleri; Campos; Morete, 2013). Da mesma maneira surgiu o conceito de saneamento ambiental, que está vinculado à salubridade ambiental, o que sinaliza que a população e a administração pública têm o dever de manter a salubridade do meio ambiente, prevenindo desta maneira a transmissão de doenças (Moraes *et al.*, 2012).

A partir dos conceitos é possível notar a correlação estreita entre saneamento, saúde pública e meio ambiente (Almeida; Cota; Rodrigues, 2020). É importante destacar que o saneamento básico é o alicerce de todo o sistema de saúde de uma população. A falta de saneamento básico aumenta, proporcionalmente, o número de doenças infecciosas e contagiosas em uma população. Já o aparecimento de morbidades infecciosas resulta na queda de produtividade das pessoas e no aumento do custo da medicina curativa (Massa; Chiavegatto Filho, 2020).

O mesmo acontece com o meio ambiente: se a população não tem uma rede de coleta de esgoto, não realiza seu tratamento ou não faz a sua eliminação correta, somado ao lixo sólido que o homem também produz, resultará na contaminação da natureza (Pitassi; Ferreira, 2019). Toda essa contaminação causará diversos problemas ao ambiente e à saúde pública, ao atingir rios, lagos e lençóis freáticos, além de atrair insetos, roedores e pequenos animais vinculadores de zoonoses (Almeida; Cota; Rodrigues, 2020). Assim, a resultante desse processo é um grande ciclo de doenças que se originam pela falta de saneamento básico.

Apesar da importância do saneamento básico para a população e da Assembleia Geral das Nações Unidas (AGNU) ter reconhecido o acesso à água e ao esgotamento sanitário como direito humano, o Brasil é um país que ainda apresenta importantes desafios relacionados aos serviços de saneamento. Entre esses desafios, destaca-se a polêmica em torno do marco legal do saneamento básico, que envolve o risco de privatização dos serviços e o possível desinvestimento em áreas que não são economicamente rentáveis, como o esgotamento sanitário em regiões afastadas ou de difícil acesso (Ferreira; GOMES; Dantas, 2021). Além disso, há dificuldades institucionais e incertezas jurídicas devido ao modelo federal de autoridade compartilhada, o que gera disputas entre Estados e municípios e limita o desenvolvimento de políticas resilientes para o setor (Sampaio; Sampaio, 2020). Outro ponto crítico é a precariedade da infraestrutura de saneamento em algumas regiões do país, especialmente no Norte e Nordeste, que dificulta a implementação de medidas preventivas, como ficou evidente durante a pandemia de COVID-19, em que a falta de serviços adequados de água e esgoto esteve associada a uma maior transmissão do vírus (Silva *et al.*, 2021). Por fim, há um histórico de baixo desempenho dos programas de saneamento, como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que teve baixa execução orçamentária e muitas obras paralisadas ou não iniciadas, em função dos obstáculos institucionais locais e da falta de colaboração federativa eficaz (Sousa; Gomes, 2019).

O Instituto Trata Brasil (2023) em seu relatório técnico anual mostrou que em 2021 algumas capitais brasileiras ainda apresentavam indicadores totais de abastecimento de água próximos ou abaixo de 50%, como é o caso de Rio Branco (AC) com 60,73%, Macapá (AP) com 36,60% e Porto Velho (RO) com 26,05%. Os autores conseguiram retratar que o serviço de esgotamento sanitário é ainda pior, apenas 8 capitais têm índice de cobertura populacional superior a 90%. Todavia os indicadores de atendimento de esgoto na região Norte são alarmantemente baixos, com cobertura inferior a 20% em várias capitais, como Rio Branco (AC) com 22,67%, Belém (PA) com 17,12%, Macapá (AP) com 10,55%, e Porto Velho (RO) com 5,80%.

Diante do cenário brasileiro e do visível déficit de políticas públicas de saneamento básico e considerando que a maior parte do esgoto não recebe qualquer tipo de tratamento, situação que gera impreterível reflexo a saúde da população, o presente estudo objetivou analisar o saneamento e a saúde ambiental dos municípios pertencentes a Microrregião de Anápolis (MAPS) por meio do Índice de Avaliação do Saneamento e Saúde Ambiental (ISSA).

OBJETIVOS

GERAL

O objetivo geral da pesquisa foi analisar o saneamento e a saúde ambiental dos municípios pertencentes à Microrregião de Anápolis (MAPS) por meio do Índice de Avaliação do Saneamento e Saúde Ambiental (ISSA).

ESPECÍFICOS

- a) Avaliar o Índice de Áreas Verdes (IAV), o Índice de Cobertura Vegetal (ICV) e o Percentual de Cobertura Vegetal (PCV) nos municípios pertencentes à MAPS, usando imagens gratuitas e de alta resolução espacial do satélite WPM/CBERS-4A.
- b) Aplicar o ISSA nos municípios pertencentes à MAPS com o propósito de avaliar as condições de saneamento e saúde ambiental das regiões estudadas;
- c) Propor, com bases nos resultados, orientações para a priorização de ações e de investimento público nos municípios estudados.

MATERIAIS E MÉTODOS

TIPO DE ESTUDO

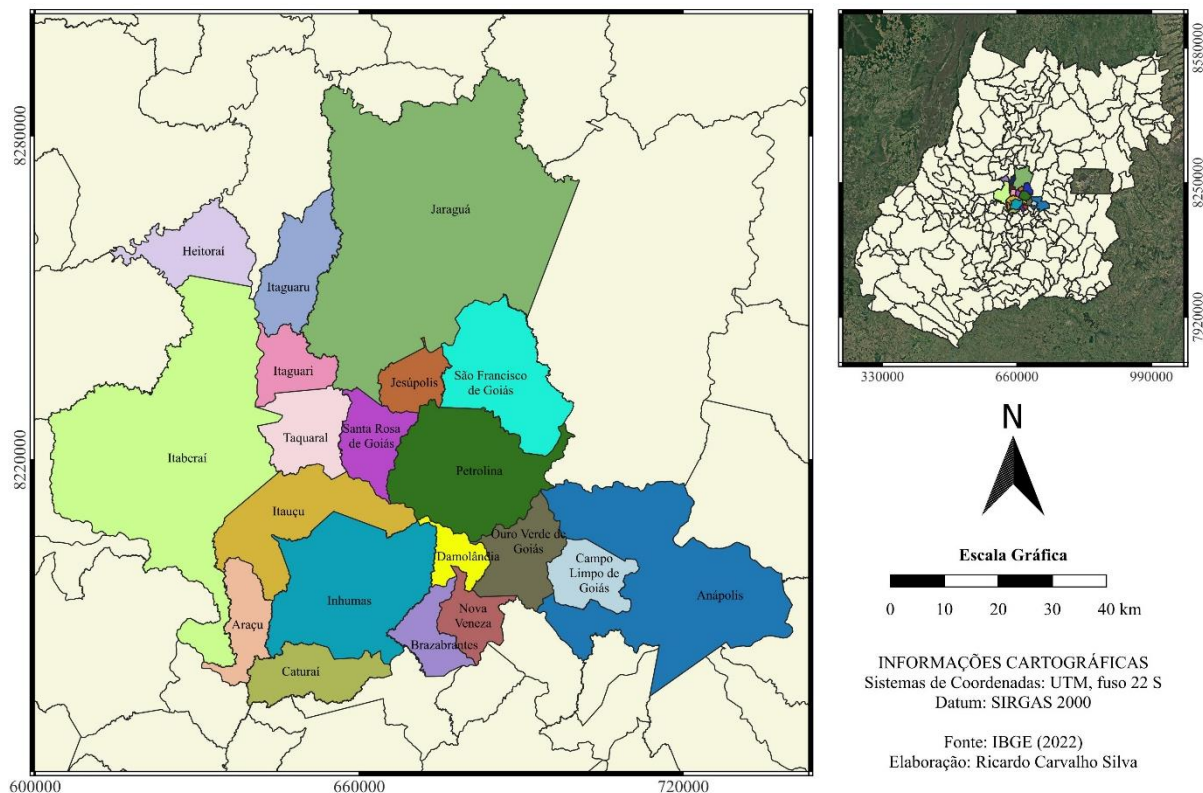
O método epidemiológico utilizado foi um estudo ecológico de caráter analítico e exploratório, que pode ser entendido como um estudo epidemiológico que emprega conjuntos populacionais como unidade de análise. Isto é, nos estudos ecológicos a investigação analítica é feita em áreas geográficas ou em conjuntos populacionais bem definidos. Dessa maneira as observações ou mesmo as interpelações são feitas em variáveis ou indicadores populacionais e a partir das análises globais faz-se inferências individuais (Lima-Costa; Barreto, 2003).

ÁREA DO ESTUDO

O estudo foi realizado em 20 municípios pertencentes à mesorregião do Centro Goiano, os quais juntos formam a microrregião de Anápolis. Segundo o censo de 2022, essa área possui uma população de 624.173 habitantes distribuída entre os municípios estudados, a saber:

Anápolis, Araçu, Brazabrantes, Campo Limpo de Goiás, Caturai, Damolândia, Heitorai, Inhumas, Itaberaí, Itaguari, Itaguaru, Itauçu, Jaraguá, Jesúpolis, Nova Veneza, Ouro Verde de Goiás, Petrolina de Goiás, Santa Rosa de Goiás, São Francisco de Goiás e Taquaral de Goiás, Figura 1.

Figura 1 - Representação do Estado de Goiás - Microrregião de Anápolis



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

A população estudada corresponde cerca de 9% da população do estado de Goiás, apesar de ter sido bem representativa, 86,67% residem nas quatro cidades mais populosas, as quais são (em ordem decrescente): Anápolis, Inhumas, Jaraguá e Itaberaí. A região ocupa uma área de 8.344,620 Km², apresenta uma densidade populacional de 74,80 hab/Km², entretanto, acerca dos dados do censo do IBGE de 2010, 92,74% da população pertence a zona urbana com uma média de IDHM 0,699.

No que tange à renda, a microrregião de Anápolis se caracteriza por uma renda elevada, conforme os parâmetros da Política Nacional de Desenvolvimento Regional (PNDR), que classifica as sub-regiões brasileiras com base em indicadores como rendimento domiciliar per capita e crescimento do PIB (Macedo; Porto, 2018). Em termos populacionais, em 2022, a microrregião registrou um aumento de 15,54% em comparação aos dados de 2010, valor bem superior à média de crescimento nacional, que foi de 6,45%. Esse crescimento demográfico e econômico na região é, em grande parte, impulsionado pela presença do Distrito Agroindustrial

de Anápolis (DAIA), que desempenha um papel crucial na geração de empregos (Furtado; Barbosa, 2019; Silva *et al.*, 2020). O desenvolvimento contínuo da região é previsto, especialmente com o aumento da oferta de empregos decorrente da expansão industrial e de serviços (Governo do Estado de Goiás, 2024). Tal expansão é fomentada pela finalização da Ferrovia Norte-Sul e sua integração com a Ferrovia Centro Atlântica, que, juntas, melhoram significativamente a infraestrutura logística e atraem investimentos industriais para o município de Anápolis (Castro; Schlag; Campos, 2018). Adicionalmente, os editais de expansão do DAIA, que visam atrair novas empresas e investimentos (Governo do Estado de Goiás, 2024), reforçam a projeção de crescimento da área de trabalho na região, consolidando-a como um polo industrial estratégico no Centro-Oeste brasileiro.

COLETA DE DADOS

O presente estudo foi elaborado utilizando-se de dados primários e secundários associados aos municípios da microrregião de Anápolis. O período de estudo variou conforme a análise requerida ou até mesmo a disponibilidade de acesso aos dados secundários.

No artigo 1, os procedimentos metodológicos para a análise da infraestrutura verde urbana foram divididos em duas etapas principais. A primeira envolveu a análise de imagens de satélite do WPM/CBERS-4A e do *Google Earth Pro*, para quantificar o Índice de Área Verde (IAV) e o Índice de Cobertura Vegetal (ICV), utilizando a técnica do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI). Esses índices permitiram uma avaliação detalhada da quantidade e distribuição da vegetação urbana nos municípios estudados.

Para o artigo 2, a metodologia focou na aplicação do Índice de Saneamento e Saúde Ambiental (ISSA), que compreende sete eixos temáticos: abastecimento de água (I_{AB}), esgoto sanitário (I_{ES}), resíduos sólidos (I_{RS}), drenagem urbana (I_{DU}), ambiental (I_{AM}), saúde pública (I_{SP}), e socioeconômico (I_{SE}). Para tanto, dados secundários foram obtidos de plataformas como o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

As informações demográficas e dimensionais foram obtidas na plataforma do IBGE (2022), enquanto os dados necessários para alimentar os diferentes indicadores do ISSA foram retirados do SNIS. O indicador ambiental, presente em ambos os capítulos, utilizou o *software* gratuito do Sistema de Informação Geográfica (SIG), QGIS 3.28.10, e imagens do satélite CBERS-4A do ano de 2023, para calcular as métricas ambientais, incluindo o IAV e o ICV.

Além disso, os dados relativos ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) foram extraídos do sítio eletrônico do PNUD (2023), e os valores do Índice de Vulnerabilidade Social foram obtidos do IPEA. Já os valores relativos aos indicadores de saúde, incluindo internações, mortalidade, incidências de casos e outros, foram obtidos no Departamento de Informação e Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS / TABNET).

Dessa forma, cada capítulo teve sua metodologia específica, mas todos os dados foram coletados para proporcionar uma visão integrada da saúde, saneamento e infraestrutura verde dos municípios estudados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. S.; COTA, A. L. S.; RODRIGUES, D. F. Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana. **Ciência & Saúde Coletiva**, vol. 25, no 10, p. 3857–3868, 1 out. 2020. <https://doi.org/10.1590/1413-812320202510.30712018>.
- BRASIL. **Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, Seção 1, p. 3, jan. 2007. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/legislacao>. Acesso em: 8 nov. 2023.
- BRASIL. **Lei no 14.026, de 15 de julho de 2020**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, Seção 01, p. 01, jul. 2020. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/legislacao>. Acesso em: 8 nov. 2023.
- CASTRO, A. C.; SCHLAG, F.; CAMPOS, F. R. Análise das contribuições econômicas da Ferrovia Norte-Sul nos municípios goianos. **Revista de Economia do Centro Oeste**, Goiânia, vol. 4, no 1, p. 31–48, 2018. <https://doi.org/10.5216/reoeste.v4i1.50202>.
- FERREIRA, J. G.; GOMES, M. F. B.; DANTAS, M. W. A. Desafios e controvérsias do novo marco legal do saneamento básico no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, vol. 7, no 7, p. 65449–65468, 2 jul. 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n7-019>.
- FERREIRA, P. S. F.; MOTTA, P. C.; SOUZA, T. C.; SILVA, T. P.; OLIVEIRA, J. F.; SANTOS, A. S. P. Avaliação preliminar dos efeitos da ineficiência dos serviços de saneamento na saúde pública brasileira. **Revista Internacional de Ciências**, vol. 6, no 2, p. 214–229, 22 dez. 2016. <https://doi.org/10.12957/ric.2016.24809>.
- FURTADO, L. P.; BARBOSA, Y. M. A Influência de um polo industrial na geração de empregos em um município: O caso de Anápolis-GO. **RDE - Revista de Desenvolvimento Econômico**, vol. 3, no 44, p. 368–394, dez. 2019. <https://doi.org/https://doi.org/10.36810/rde.v3i44.6459>.
- GOVERNO DO ESTADO DE GOIÁS. **Lançado edital de licitação para expansão do DAIA**, em Anápolis. 19 abr. 2024. Governo do Estado de Goiás. Disponível em: <https://goias.gov.br/lancado-edital-de-licitacao-para-expansao-do-daia>. Acesso em: 11 set. 2024.
- INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento do Instituto Trata Brasil de 2023 (SNIS 2021)**. Trata Brasil & GO Associados, 2023. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2023/>. Acesso em: 27 dez. 2023.
- LIMA-COSTA, M. F.; BARRETO, S. M. Tipos de estudos epidemiológicos: conceitos básicos e aplicações na área do envelhecimento. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, vol. 12, no 4, p. 189–201, dez. 2003. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742003000400003>.
- MASSA, K. H. C.; CHIAVEGATTO FILHO, A. D. P. Basic sanitation and self-reported health in brazilian capitals: A multilevel analysis. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, vol. 23, p. 1–13, 2020. <https://doi.org/10.1590/1980-549720200050>.

MORAES, L. R. S.; ÁLVARES, M. L. P.; SANTOS, F. P.; COSTA, N. C. A. Saneamento e Qualidade das Águas dos Rios em Salvador, 2007-2009. **Revista Interdisciplinar de Gestão Social**, vol. 1, no 1, p. 47–60, 2012. Disponível em: www.rigs.ufba.br. Acesso em: 27 dez. 2023.

PITASSI, S. L. B.; FERREIRA, A. P. A atuação do Poder Judiciário na concreção das políticas públicas de saneamento básico: possibilidades e limites. **Saúde em Debate**, vol. 43, no spe 4, p. 111–125, 2019. <https://doi.org/10.1590/0103-11042019s410>.

SAMPAIO, P. R.P.; SAMPAIO, R. S.R. The challenges of regulating water and sanitation tariffs under a three-level shared-authority federalism model: The case of Brazil. **Utilities Policy**, vol. 64, 1 jun. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101049>.

SILVA, R. R.; RIBEIRO, C. J.N.; MOURA, T. R.; SANTOS, M. B.; SANTOS, A. D.; TAVARES, D. S.; SANTOS, P. L. Basic sanitation: A new indicator for the spread of COVID-19? **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, vol. 115, no 7, p. 832–840, 1 jul. 2021. <https://doi.org/10.1093/trstmh/traa187>.

SILVA, S. M.; CRUZ, J. E.; SILVA, J. S.; VIEIRA, D. R.; CAVALCANTI, M. S. Diagnóstico das Empresas Transportadoras de Cargas de Anápolis, Goiás, Brasil. **Revista de Administração da UEG (RAU/UEG)**, vol. 11, no 1, p. 56–67, abr. 2020. DOI <https://doi.org/10.31668/rau.v11i1>.

SOUSA, A. C. A.; GOMES, J. P. Desafios para o investimento público em saneamento no Brasil. **Saúde em Debate**, vol. 43, no spe7, p. 36–49, 2019. <https://doi.org/10.1590/0103-11042019s703>.

TOMELERI, D. B.; CAMPOS, T. R.; MORETE, V. S. Saneamento Ambiental e Sustentabilidade: Essencialidade à Vida Humana e à Proteção do Meio Ambiente. **Revista de Ciências Jurídicas e Empresariais**, vol. 14, no 2, p. 233–241, 2013. <https://doi.org/10.17921/2448-2129.2013v14n2p%25p>.

ARTIGO 1 (SUBMETIDO)

SILVA, R.C.; AMARAL, A.G.; PEIXOTO, J.C. Análise Espacial da Infraestrutura Verde da Microrregião de Anápolis-GO: Implicações para o Planejamento Urbano. **Pesquisa em Educação Ambiental**, São Carlos, SP, v.XX, n.X, p. yy-xx, 202X.

(Estrutura, de acordo com as normas de publicação da revista)

Análise Espacial da Infraestrutura Verde da Microrregião de Anápolis-GO: Implicações para o Planejamento Urbano

Spatial Analysis of Green Infrastructure in the Microregion of Anápolis-GO: Implications for Urban Planning

Análisis Espacial de la Infraestructura Verde de la Microrregión de Anápolis-GO: Implicaciones para la Planificación Urbana

Ricardo Carvalho Silva
Alliny das Graças Amaral
Josana Castro Peixoto

RESUMO

O crescente aumento da população urbana e os impactos incontestáveis das alterações climáticas globais e regionais ressaltam cada vez mais a necessidade de investigar os espaços verdes nessas paisagens. A infraestrutura verde urbana melhora a variabilidade do ecossistema, diminui a poluição ambiental e impede a formação das ilhas de calor. Dessa forma, torna-se imperativo avaliar a presença e a quantidade de superfície verde nas áreas populacionais, e baseado nisso o presente estudo objetivou analisar o Índice de Área Verde (IAV), o Índice de Cobertura Vegetal (ICV) e o Percentual de Cobertura Vegetal (PCV) nas áreas urbanas habitadas de 20 cidades da microrregião de Anápolis, Goiás. Os procedimentos metodológicos foram divididos em duas etapas, na primeira analisou as imagens do satélite WPM/CBERS-4A e do Google Earth Pro para quantificar o IAV, já a etapa final empregou o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) para calcular a área com cobertura vegetal. De acordo com os resultados a cidade de Anápolis tem a maior área de vegetação urbana, entretanto os municípios de Taquaral, Damolândia e São Francisco de Goiás apresentaram os maiores IAV e ICV. O valor mais elevado para o PCV foi o de São Francisco de Goiás (35,06%), seguido por Damolândia (29,27%) e Araçu (28,29%). Em suma, o estudo mostrou evidências contundentes da necessidade de políticas de arborização municipal, com vistas a propiciar melhores condições socioambientais para seus habitantes.

Palavras-chave: Índice de vegetação; Indicadores ambientais; Infraestrutura verde; SIG

ABSTRACT

The increasing growth of the urban population and the undeniable impacts of global and regional climate changes increasingly highlight the need to investigate green spaces in these landscapes. Urban green infrastructure enhances ecosystem variability, reduces environmental pollution, and prevents the formation of heat islands. Thus, it becomes imperative to assess the presence and amount of green surface in populated areas. Based

on this, the present study aimed to analyze the Green Area Index (GAI), the Vegetation Cover Index (VCI), and the Vegetation Cover Percentage (VCP) in the inhabited urban areas of 20 cities in the microregion of Anápolis, Goiás. The methodological procedures were divided into two stages: the first analyzed images from the WPM/CBERS-4A satellite and Google Earth Pro to quantify the GAI, while the final stage employed the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to calculate the area with vegetation cover. According to the results, the city of Anápolis has the largest area of urban vegetation. However, the municipalities of Taquaral, Damolândia, and São Francisco de Goiás presented the highest GAI and VCI. The highest value for VCP was found in São Francisco de Goiás (35.06%), followed by Damolândia (29.27%) and Araçu (28.29%). In summary, the study provided compelling evidence for the need for municipal afforestation policies, aimed at providing better socio-environmental conditions for their inhabitants.

Keywords: Vegetation Index; Environmental Indicators; Green Infrastructure; GIS

INTRODUÇÃO

O intensificado crescimento urbano no Brasil, especialmente a partir da década de 60, resultou em uma grande expansão das cidades e, conseqüentemente, acarretou vários problemas, como a formação de ilhas de calor, a poluição do ar e da água, e uma notável redução da vegetação nas cidades (Rubira, 2016; Souza; Frutuoso, 2018). Pesquisas indicam que essa expansão descontrolada das áreas urbanas, sem um planejamento adequado, tem gerado efeitos prejudiciais na qualidade de vida das pessoas. Isso inclui o aumento de doenças respiratórias, devido à poluição atmosférica, o estresse térmico causado pelas ilhas de calor e a escassez de espaços verdes para lazer e recreação, impactando negativamente a saúde mental e física da população (Piracha; Chaudhary, 2022). No entanto, essas adversidades podem ser melhoradas através de uma gestão responsável que reforce a área verde interurbana e, portanto, melhore a qualidade de vida da população (Bokaie *et al.*, 2016; Mirici, 2022; Pamukcu-Albers *et al.*, 2021). Todavia, a distribuição e a manutenção desses espaços nem sempre são adequados, especialmente em áreas populacionais de médio porte (Bao *et al.*, 2016; Skarbit; Unger; Gál, 2024).

Para melhor compreender as adversidades manifestadas a partir do crescimento das cidades, muitos pesquisadores passaram a avaliar os espaços verdes interurbanos. Em virtude disso, alguns estudiosos conseguiram mostrar uma correlação positiva entre a manutenção da biodiversidade e a atenuação dos eventos climáticos extremos (Mahecha *et al.*, 2022). Do mesmo modo, Mirici (2022) e Pamukcu-Albers *et al.* (2021) estudando a vegetação urbana, concluíram que a presença desses ambientes garante a diminuição da temperatura nas áreas populacionais e dessa forma melhora a qualidade de vida dos habitantes. Além disso os espaços verdes presentes nas cidades desempenham um papel significativo na promoção da saúde psicológica e física da população (Gianfredi *et al.*, 2021). Adicionalmente, estudos

longitudinais também confirmam os benefícios à longo prazo desses ambientes para a saúde pública (Shahfahad *et al.*, 2020).

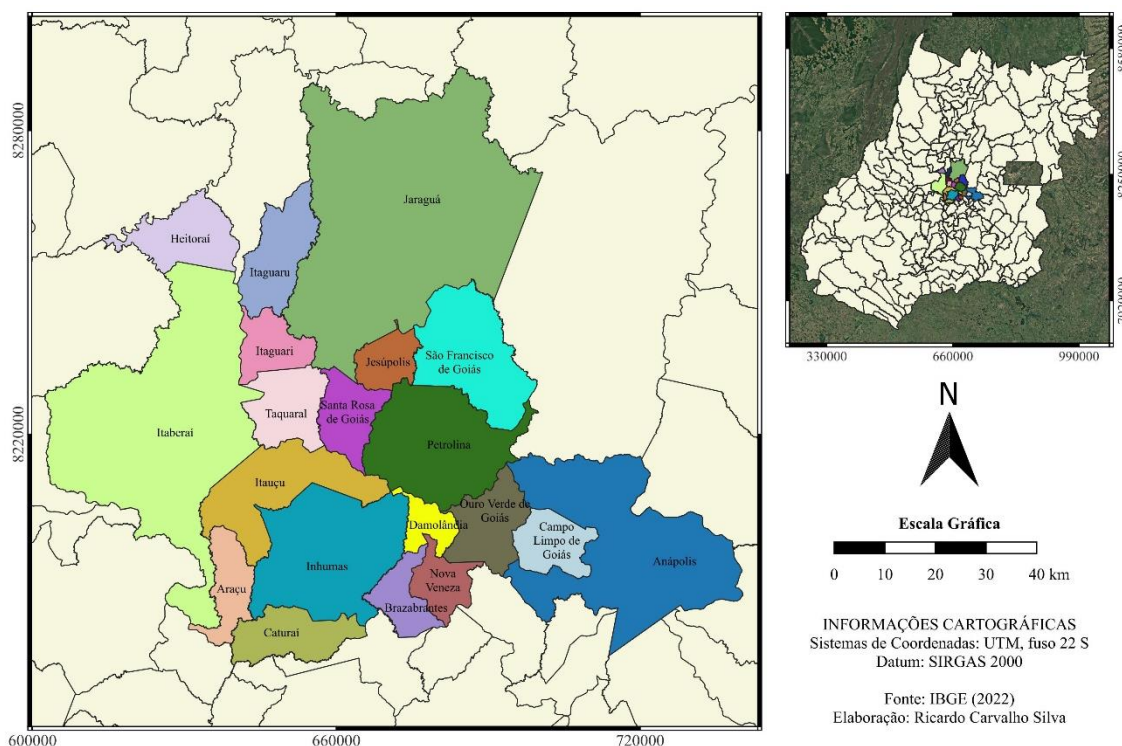
Por outro lado, apesar do reconhecimento dos benefícios da vegetação verde nos espaços urbanos, ainda existem lacunas significativas na literatura referentes a sua distribuição e adequação nos centros populacionais de médio porte (Rahaman *et al.*, 2022). A maior parte dos estudos está focado em analisar grandes metrópoles e deixa de lado os pequenos municípios, os quais também enfrentam desafios ambientais críticos (Seabra; Cruz, 2013). Além disso, atualmente há uma necessidade de metodologias mais precisas e acessíveis aos gestores com recurso financeiro escasso, e que, acima de tudo, assegurem uma boa avaliação das áreas verdes interurbanas (Deng *et al.*, 2019; Mascarenhas; Ferreira; Ferreira, 2009; Souza; Frutuoso, 2018).

O presente artigo procurou preencher essas lacunas, analisando a cobertura verde de 20 cidades pertencentes à microrregião de Anápolis, Goiás. Assim, o estudo objetivou avaliar o Índice de Áreas Verdes (IAV), o Índice de Cobertura Vegetal (ICV) e o Percentual de Cobertura Vegetal (PCV) desses municípios, usando imagens gratuitas e de alta resolução espacial do satélite WPM/CBERS-4A. A metodologia proposta, que analisa a distribuição e a adequação da vegetação interurbana, pode subsidiar as políticas públicas para a expansão e a manutenção dessas áreas. Por fim, é importante ressaltar que este estudo não apenas preencheu uma lacuna significativa na literatura, mas também forneceu subsídios valiosos para o planejamento urbano sustentável, fomentando, assim, uma melhor qualidade de vida para a população.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área estudada está localizada no estado de Goiás e corresponde à 20 municípios pertencentes à mesorregião do Centro Goiano, onde juntos formam a microrregião de Anápolis. Segundo o censo de 2022, essa região somam uma população de 624.173 habitantes, distribuídos entre os municípios de Anápolis, Araçu, Brazabrantes, Campo Limpo de Goiás, Caturai, Damolândia, Heitorai, Inhumas, Itaberaí, Itaguari, Itaguaru, Itauçu, Jaraguá, Jesópolis, Nova Veneza, Ouro Verde de Goiás, Petrolina de Goiás, Santa Rosa de Goiás, São Francisco de Goiás e Taquaral de Goiás (Figura 1).

Figura 1 - Localização da área de estudo - Microrregião de Anápolis

Fonte: Os autores (2024)

A população estudada correspondeu cerca de 9% da população do estado de Goiás, apesar de ter sido bem representativa, 86,67% residem nas quatro cidades mais populosas - Anápolis, Inhumas, Jaraguá e Itaberaí. A região ocupa uma área de 8.344,620 Km², apresenta uma densidade populacional de 74,80 hab/Km² e uma média de 0,699 de IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal).

ÍNDICE DE ÁREAS VERDES (IAV)

O primeiro passo para calcular o IAV foi definir as praças e parques das áreas de estudos que deveriam ser usadas no trabalho. Essa escolha, das áreas verdes públicas, foi feita a partir da análise de fotos/imagens das áreas pesquisadas, utilizando três estratégias: imagens do satélite WPM/CBERS-4A do ano de 2023 (Shahtahmassebi *et al.*, 2021), imagens do *Google Earth Pro* (Taylor *et al.*, 2011) e, por fim, imagens postadas nas redes sociais e de sites das prefeituras (Li *et al.*, 2024; Richards; Passy; Oh, 2017). A seleção das áreas considerou se o espaço era de acesso livre à população e se apresentava as funções de estética, ecológica e lazer.

Uma vez definido as áreas verdes públicas que fariam parte das análises, o próximo ponto foi calcular a área, em m², desses ambientes. Os valores das áreas foram obtidos a partir da criação de uma camada de polígonos, tendo como referência os limites das praças e dos

parques visualizados no mapa base do Google satélite do *software QGIS 3.28.10*. Para esse tipo de análise a ferramenta em questão possui uma margem de confiabilidade muito alta, como já comprovado por muitos pesquisadores (Felipe; Cardoso, 2017; Khuwaja *et al.*, 2017; Potere, 2008; Taylor *et al.*, 2011).

Por fim, para o cálculo do IAV o trabalho considerou a interpretação de Faustino *et al.* (2019) e Harder, Ribeiro e Tavares (2006), o qual entende que o IAV corresponde o produto do somatório das áreas verdes dos espaços públicos, em m², dividido pela quantidade de habitantes da região analisada (Equação 1).

$$IAV = \frac{\sum \text{das áreas verdes (m}^2\text{)}}{n. \text{ de habitantes da área urbana}} \quad Eq. (1)$$

ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL (ICV)

Para determinar o ICV foi inicialmente necessário calcular a cobertura vegetal das áreas urbanas habitadas e para tal usou-se o cálculo do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Segundo Pereira (2021) o NDVI é o índice de vegetação mais usado no mundo, tem por função destacar a disparidade da radiação refletida nos intervalos espectrais do vermelho e infravermelho, seu resultado elucida a atividade fotossintética da área analisada. Dessa maneira, a partir do NDVI é possível saber a saúde de uma vegetação, a sua densidade e até mesmo, os impactos relacionados as atividades humanas (Mascarenhas; Ferreira; Ferreira, 2009).

Entretanto para conseguir o valor de NDVI foi necessário passar por diversas etapas, a primeira delas consistiu na obtenção de imagens do satélite *WPM/CBERS-4A* do ano de 2023. As imagens foram adquiridas a partir do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Todavia, para o presente artigo usou-se apenas três bandas das imagens baixadas: Banda “0” (Band0), que corresponde a Banda Pancromática (PAN) com 2 metros de resolução espacial, Banda “3” (Band3), corresponde à região do espectro eletromagnético do vermelho (RED) com 8 metros de resolução espacial e Banda “4” (Band4), corresponde às regiões do espectro eletromagnético do infravermelho próximo (NIR) com 8 metros de resolução espacial.

As etapas seguintes do processo foram realizadas com o auxílio do *software QGIS 3.28.10*. Primeiro, as imagens foram reprojetadas para alterar o sistema de coordenadas, utilizou-se o *EPSG: 31982 - SIRGAS 2000 / UTM zone 22S*; em seguida a resolução das Band3 e Band4 foi melhorada e para tal usou-se a ferramenta *Orfeo ToolBox (OTB)*, através dos

aplicativos *Superimpose e Pansharpening*; por último, a equação do NDVI foi então executada na calculadora raster, $NDVI = [(NIR - RED) / (NIR + RED)]$.

Após isso, os *rasters* das Band3 e Band4 foram recortados utilizando uma camada máscara, com polígonos limitando apenas as áreas urbanas habitadas, tendo por base as imagens do satélite *WPM/CBERS-4A*, *Google Earth* e a base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Na sequência o NDVI foi reclassificado e mensurado, utilizando o aplicativo *r.recorde do plugin Geographic Resources Analysis Support System (GRASS GIS)* do QGIS, considerou-se apenas quatro classes conforme a codificação na coluna "QGIS" da Tabela 1.

Tabela 1 - Classes adotadas com os respectivos valores resultantes do NDVI

Classes Adotadas	Valores resultantes do NDVI	QGIS
(1) Áreas Edificadas e Recursos Hídricos	-1,0 a 0,0	-1.0:0.0:1
(2) Solo Exposto e Áreas Edificadas	0,0 a 0,4	0.0:0.4:2
(3) Vegetação Esparsa e Gramíneas	0,4 a 0,6	0.4:0.6:3
(4) Vegetação Densa	0,6 a 1,0	0.6:1.0:4

Fonte: Os autores (2024)

O arquivo raster foi então convertido em vetor, permitindo assim definir melhor os polígonos entre as quatro classes predefinidas, assim cada pixel da imagem passou a ter apenas uma faixa de valor preestabelecido. Finalmente, as áreas (m²) das classes foram determinadas, para isso utilizou-se a calculadora de campo e posteriormente buscou os resultados através do painel estatístico.

Em suma, para a obtenção da cobertura vegetal, considerou-se apenas o somatório das áreas das classes 3 e 4, vegetação esparsa e vegetação densa, respectivamente. Com esse somatório e considerando a população urbana do censo do IBGE de 2022, concluiu-se o cálculo do ICV (Equação 2).

$$ICV = \frac{\sum \text{cobertura vegetal (m}^2\text{)}}{n. \text{ de habitantes da área urbana}} \quad \text{Eq. (2)}$$

PERCENTUAL DE COBERTURA VEGETAL (PCV)

O PCV foi outra importante variável ambiental calculada, para seu cálculo empregou-se a Equação 3, sendo que o resultado do NDVI correspondeu a “cobertura vegetal” e o “total

da área urbana habitada” consistiu na área do polígono (contorno da área urbana habitada das cidades) usado no cálculo do NDVI.

$$PCV = \frac{\sum \text{cobertura vegetal (m}^2\text{)}}{\text{total de área urbana habitada (m}^2\text{)}} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

É importante ressaltar que o PCV é um indicador independente da concentração populacional e, por isso, é considerado uma boa ferramenta de análise da qualidade ambiental (Santos, 2018). Nesse estudo o cálculo do PCV foi expresso em percentual, dividindo a área total da cobertura vegetal pela área urbana habitada da cidade. Para a sua interpretação, foram utilizados os parâmetros definidos por Matule, Ponzoni e Chaves (2017), que categorizaram o PCV em cinco classes (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação do PCV para a Microrregião de Anápolis

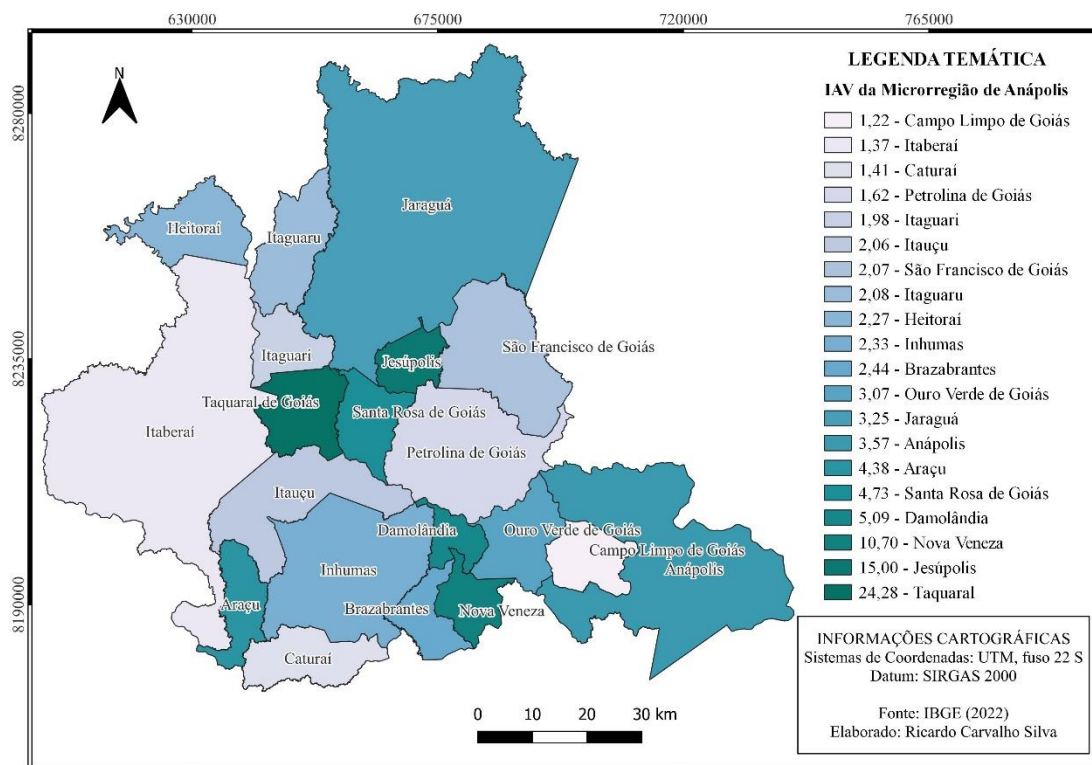
Valor do PCV	Classes
0,00% a 13,00%	Muito Baixo
13,10% a 24,00%	Baixo
24,10% a 35,00%	Médio
35,10% a 46,00%	Alto
≥ 46,10%	Muito Alto

Fonte: Adaptado de Matule *et al.* (2017)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados das áreas das praças e dos parques, medidos em metros quadrados (m²) para cada cidade da microrregião de Anápolis, foram gerados para calcular o Índice de Área Verde (IAV). A partir da obtenção desses valores e considerando a população urbana divulgada pelo censo de 2022 do IBGE, foi possível determinar o IAV de cada município estudado (Figura 2).

Figura 2 - Índice de Área Verde (IAV) de cada município da microrregião de Anápolis



Fonte: Os autores (2024)

A análise do IAV dos municípios da microrregião de Anápolis mostrou uma grande disparidade na quantidade de áreas verdes disponíveis para a população. A Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) recomenda que o IAV seja superior a 15 m² por habitante para assegurar uma boa qualidade de vida urbana (SBAU, 1996). No entanto, apenas alguns municípios da microrregião alcançaram ou superaram esse valor ideal, evidenciando sérias deficiências na arborização urbana em muitos locais.

Os resultados mostraram que Jesúpolis (15,00 m²/hab) e Taquaral (24,28 m²/hab) alcançaram os maiores valores de IAVs. Esses índices mais altos podem indicar uma gestão prioritária das áreas verdes ou menor densidade populacional e desenvolvimento urbano, o que permite a preservação de mais espaços verdes. Da mesma maneira, considerando-se os valores preconizados pela OMS, que segundo Souza *et al.* (2021), são de no mínimo 9 m²/hab, mas o ideal precisaria estar entre 10 e 16 m²/hab, nota-se que apenas Jesúpolis e Taquaral possuem IAV superior ao que é considerado ideal. Além desta análise de cada índice, é relevante a observação do número de habitantes e a quantidade de áreas verdes por habitante.

Por outro lado, Campo Limpo de Goiás apresenta um dos menores IAVs, com apenas 1,22 m²/hab, isso sugere a necessidade de políticas mais eficazes para a ampliação das áreas verdes urbanas.

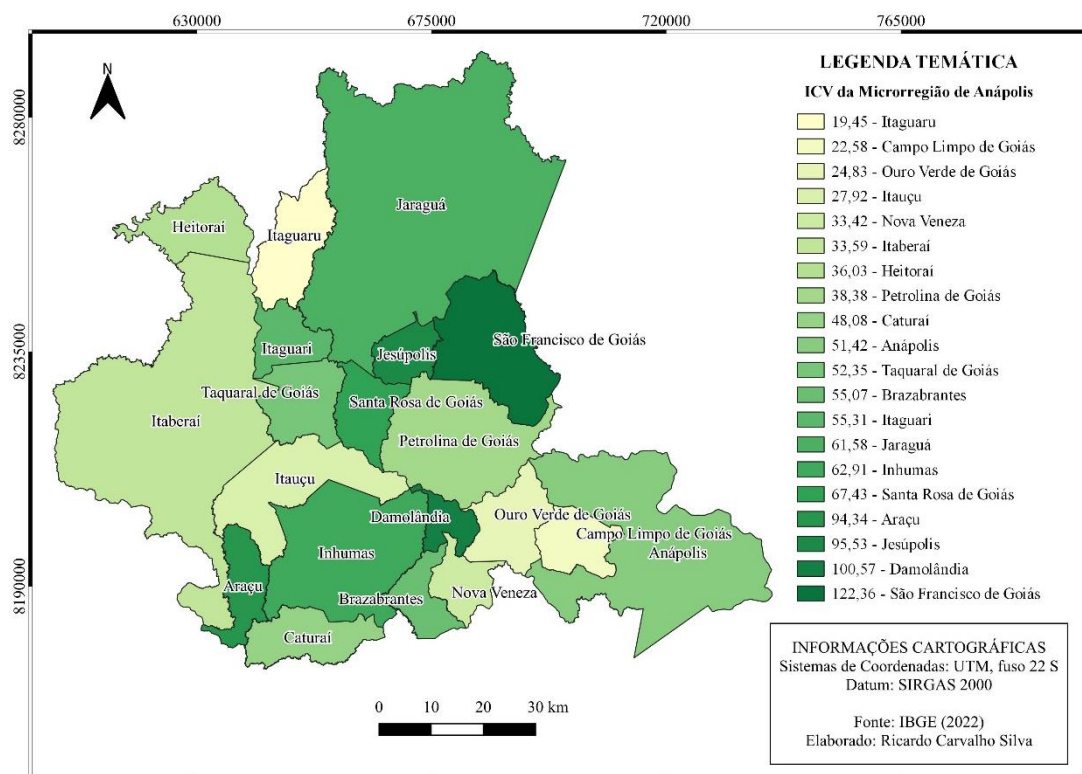
Os resultados, aqui destacados, corroboram a outros estudos que já mostraram valores de IAV bem abaixo do previsto pela OMS, é o caso das análises de Bolkaner e Asilsoy (2023), onde em seus estudos sobre áreas verdes no norte de Nicósia, capital do Chipre, assinalaram um valor de IAV de 3,35 m²/hab. Fato também observado pelos estudos de Adigüzel e Doğan (2020), os pesquisadores estudaram as áreas verdes ativas da cidade de Cukurova, distrito da província de Adana na Turquia, suas análises mostraram um IAV de 2,53 m²/hab para o município.

Em contrapartida, é possível encontrar países como a Bélgica, Alemanha e Austrália com IAV de quase 200 m²/hab, entretanto também existem cidades e países na Europa com IAV de aproximadamente 4 m²/hab, é o caso da Espanha, Macedônia e cidades do sul da Itália (Pouya; Majid, 2022). Essa variação no IAV entre países, cidades e até mesmo bairros de uma mesma cidade, só reforça a falta de planejamento e omissão do Estado, o resultado desse processo é o desequilíbrio ecológico e consequentemente, o surgimento de doenças (Ramos; Nunes; Santos, 2020).

Além das análises mencionados anteriormente, a metodologia do NDVI destacou-se como outro expressivo resultado dentro do presente estudo. O emprego do NDVI para esse tipo de ensaio foi usado por Paiva *et al.* (2022) com a finalidade de medir a distribuição espacial da vegetação e das áreas verdes na cidade de Fortaleza/CE. Já Mouly *et al.* (2023) investigou os espaços verdes residenciais nas maiores cidades australianas e evidenciaram uma resposta satisfatória com o uso do NDVI.

Os dados apurados a partir do NDVI originaram as áreas de cobertura vegetal dos espaços urbanos, que, por consequência foram usadas para calcular o ICV (Figura 3) e o PCV (Figura 4) dos municípios da microrregião de Anápolis. A análise conjunta desses dados permitiu uma visão mais completa sobre a gestão das áreas verdes e a distribuição da vegetação nas áreas urbanas. Os municípios de São Francisco de Goiás (122,36 m²/hab) e Damolândia (100,57 m²/hab) apresentaram os maiores ICVs, seguidos por Jesúpolis (95,53 m²/hab) e Araçu (94,34 m²/hab). Em contrapartida, Itaguaru apresentou o menor índice, com apenas 19,45 m² por habitante (Figura 3).

Figura 3 - Índice de Cobertura Vegetal (ICV) de cada município da microrregião de Anápolis

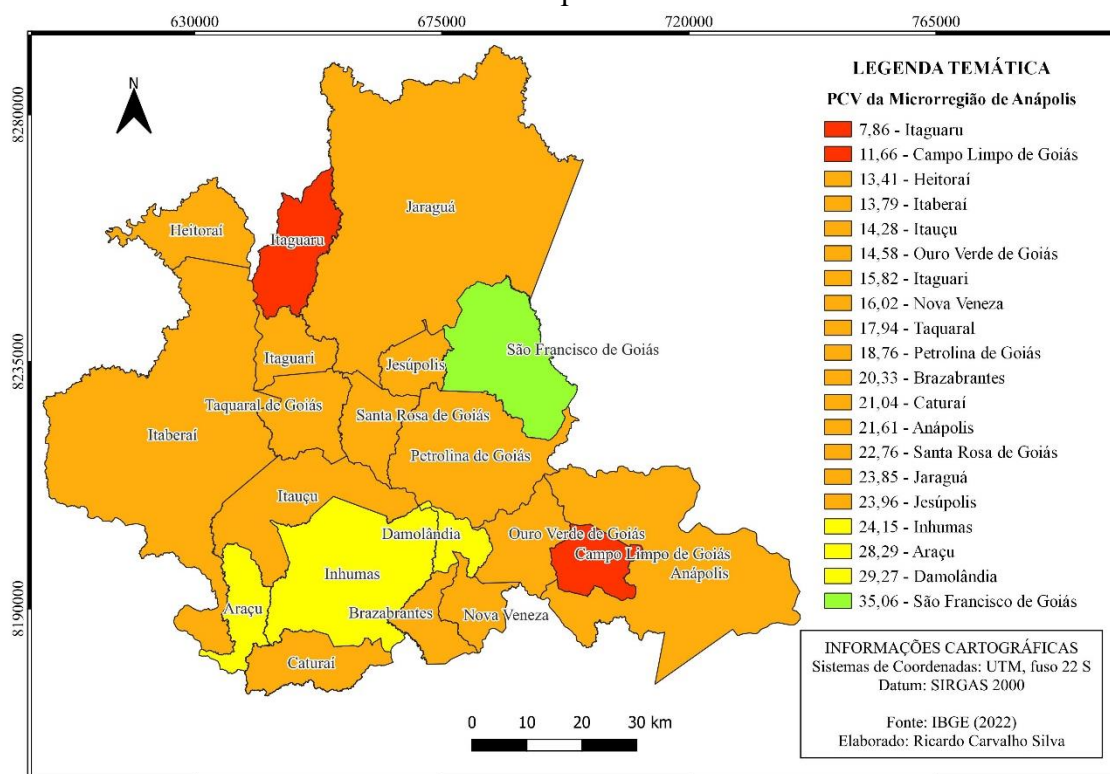


Fonte: Os autores (2024)

Essa variação no ICV pode ser atribuída a vários fatores como a extensão das áreas verdes urbanas, as políticas de preservação ambiental e a densidade populacional (Rehman *et al.*, 2023; Zhu; Li; Chen, 2023). Municípios com menor densidade populacional e maior área de cobertura vegetal tendem a exibir ICVs mais elevados. A melhor cobertura vegetal observada em Damolândia e São Francisco de Goiás pode indicar uma maior preservação das áreas verdes ou menores taxas de urbanização (Feng *et al.*, 2024; Li *et al.*, 2019; Puplampu; Bofo, 2021).

Por conseguinte, o PCV complementou as análises ao indicar a proporção de cobertura vegetal em relação à área urbana habitada. Os municípios que tiveram os melhores ICVs foram os mais bem avaliados nas investigações do PCV, com São Francisco de Goiás apresentando um PCV de 35,06% e Damolândia de 29,27%, mostrando que uma boa parte da área urbana é coberta por vegetação. Por outro lado, Itaguaru e Campo Limpo de Goiás apresentaram os menores PCVs, com 7,86% e 11,66%, respectivamente (Figura 4).

Figura 4 - Percentual de Cobertura Verde (PCV) de cada município da microrregião de Anápolis



Fonte: Os autores (2024)

Entretanto, é importante destacar que todos os municípios, com exceção de São Francisco de Goiás, exibiram um PCV abaixo do recomendado pela ONU. Esse dado é preocupante, considerando que estudos realizados sobre os parâmetros das áreas verdes urbanas, recomenda-se que a cobertura vegetal alcance aproximadamente 30% para garantir um balanço térmico adequado. Em regiões onde esse índice é inferior a 5%, as condições climáticas podem se assemelhar às de áreas desérticas (Matule; Ponzoni; Chaves, 2017; Silva *et al.*, 2018). De uma maneira geral, a cobertura vegetal nas cidades da microrregião de Anápolis variou entre 7,86% e 35,06%; e considerando as cidades com PCV inferior à 30%, pelo menos 6 (30% do total) apresentaram PCV inferior a 15% e apenas uma cidade registrou um PCV abaixo de 10% (Itaguara). Segundo Silva *et al.* (2018) os baixos índices de cobertura vegetal encontrados nos municípios brasileiros se devem a rápida e desordenada expansão urbana ocorrida no Brasil a partir da segunda metade do século XX.

A comparação entre ICV e PCV revela que os municípios com altos ICVs tendem também a apresentar altos PCVs, sugerindo uma correlação positiva entre a quantidade de vegetação por habitante e a proporção de vegetação na área urbana. Essa correlação evidencia que políticas e práticas de preservação ambiental não apenas aumentam a quantidade de

vegetação disponível por habitante, mas também promovem uma distribuição equilibrada de vegetação nas áreas urbanas (Edeigba *et al.*, 2024; Pamukcu-Albers *et al.*, 2021).

Todavia em comparação a outros estudos sobre cobertura vegetal, Silva *et al.* (2018) encontraram o valor de 0,72% para a zona urbana do município de Salto de Pirapora – SP. Outro estudo singular foi feito por Richards, Passy e Oh (2017), os pesquisadores correlacionaram a densidade populacional e o poder econômico com os espaços verdes interurbanos em 111 cidades do Sudeste Asiático, as análises conseguiram concluir que quanto maior a densidade populacional menor a cobertura percentual do espaço verde, é o caso por exemplo de Mandalay, em Myanmar, com 17% de cobertura verde.

Em suma é importante destacar que a análise dessas métricas é crucial para o desenvolvimento de estratégias de planejamento urbano sustentável, pois, municípios com baixos ICVs e PCVs podem necessitar de intervenções específicas para aumentar a cobertura vegetal urbana, promovendo benefícios ambientais como a melhoria da qualidade do ar, regulação do microclima e aumento da biodiversidade (Gonçalves *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2024). Além disso, a integração de áreas verdes no planejamento urbano pode proporcionar benefícios sociais e psicológicos aos residentes, promovendo uma melhor qualidade de vida (Kwon *et al.*, 2021).

Por fim, diante dos resultados obtidos é possível concluir que as cidades da microrregião de Anápolis tiveram falhas no planejamento durante o processo de crescimento urbano, pois os valores dos índices que avaliam a Infraestrutura Verde estão discrepantes dos recomendados por órgãos internacionais. Dessa forma, os achados são um alerta aos gestores públicos para a necessidade de investimento em projetos de arborização das áreas urbanas, pois a infraestrutura verde interfere positivamente na saúde da população. A título de exemplo, é capaz de reduzir os níveis de poluição do ar (Ai; Zhang; Zhou, 2023), melhorando sobremaneira as crises de asma em crianças (Hu *et al.*, 2023; Ye *et al.*, 2023), reduz os sintomas de ansiedade dos moradores, beneficiando a saúde psicológica (Mouly *et al.*, 2023; Zewdie *et al.*, 2022) e ainda, reduz a formação das ilhas de calor (Amorim, 2017; Bokaie *et al.*, 2016; Rahaman *et al.*, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados mostraram uma considerável variação na distribuição e adequação das áreas verdes interurbanas na microrregião de Anápolis, Goiás. A análise do IAV, do ICV e do PCV realçaram a variação da vegetação urbana entre os municípios estudados, enquanto algumas regiões exibiram resultados satisfatórios, quando seus valores foram comparados com os dados preconizados pelos órgãos internacionais, como a OMS, a maioria das cidades, contudo,

apresentaram índices muito baixos. Esse contraste pôde evidenciar a falta ou mesmo a carência de planejamento urbano, além de tornar evidente a necessidade impreterível de políticas públicas focadas na preservação e expansão dos espaços verdes urbanos.

Nesse sentido, o estudo foi fundamental e necessário para compreender a necessidade das mudanças, pois a adoção de medidas voltadas para a ampliação da cobertura vegetal nas cidades pode promover muitos benefícios ambientais, conforme amplamente discutido no trabalho. Por outro lado, o planejamento urbano dessas áreas deve considerar as peculiaridades de cada região, além de envolver a população. Em suma, nosso estudo não apenas preencheu uma lacuna valiosa na literatura sobre a distribuição do verde interurbano em cidades de médio porte, mas também forneceu informações inestimáveis para o desenvolvimento e a implantação de políticas públicas que visem e valorizem a sustentabilidade e à melhoria da qualidade de vida das pessoas que vivem nessas regiões. Todavia, a continuidade das análises e a implementação de ações concretas são essenciais e vitais para transformar os achados em benefícios tangíveis para a população da microrregião de Anápolis.

REFERÊNCIAS

- ADIGÜZEL, F.; DOĞAN, M. Analysis of Sufficiency and Accessibility of Active Green Areas in Cukurova. **Journal of Engineering and Science**, vol. 6, nº 2, p. 95–106, 2020. Disponível em: <https://dergipark.org.tr/en/pub/kastamonujes/issue/58573/826508>. Acesso em: 10 dez. 2023.
- AI, H.; ZHANG, X.; ZHOU, Z. The impact of greenspace on air pollution: Empirical evidence from China. **Ecological Indicators**, vol. 146, 1 fev. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109881>.
- AMORIM, M. C. C. T. Detecção remota de ilhas de calor superficiais: Exemplos de cidades de porte médio e pequeno do ambiente tropical, Brasil. **Finisterra**, vol. 52, nº 105, p. 111–133, 2017. <https://doi.org/10.18055/Finis6888>.
- BAO, T.; LI, X.; ZHANG, J.; ZHANG, Y.; TIAN, S. Assessing the Distribution of Urban Green Spaces and its Anisotropic Cooling Distance on Urban Heat Island Pattern in Baotou, China. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, vol. 5, nº 2, 1 fev. 2016. <https://doi.org/10.3390/ijgi5020012>.
- BOKAIE, M.; ZARKESH, M. K.; ARASTEH, P. D.; HOSSEINI, A. Assessment of Urban Heat Island based on the relationship between land surface temperature and Land Use/ Land Cover in Tehran. **Sustainable Cities and Society**, vol. 23, p. 94–104, 1 mai. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.03.009>.
- BOLKANER, M. K.; ASILSOY, B. Reinventing the Urban Neighborhood Green Index in the Context of Urban Ecology as a Conceptual Framework in Northern Nicosia, Cyprus. **Sustainability (Switzerland)**, vol. 15, nº 18, 1 set. 2023. <https://doi.org/10.3390/su151813880>.
- DENG, J.; HUANG, Y.; CHEN, B.; TONG, C.; LIU, P.; WANG, H.; HONG, Y. A Methodology to Monitor Urban Expansion and Green Space Change Using a Time Series of Multi-Sensor SPOT and Sentinel-2A Images. **Remote Sensing**, vol. 11, nº 1230, 1 mai. 2019. <https://doi.org/10.3390/rs11101230>.
- EDEIGBA, B. A.; ASHINZE, U. K.; UMOH, A. A.; BIU, P. W.; DARAOJIMBA, A. I. Urban green spaces and their impact on environmental health: A Global Review. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, vol. 21, nº 2, p. 917–927, 28 fev. 2024. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.2.0518>.
- FAUSTINO, V. B.; LOURENÇO, R. W.; LOPES, E. R. N.; SALES, J. C. A. Análise dos indicadores de cobertura vegetal e a distribuição de renda do município de Sorocaba. 2019. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto [...]**. Santos, SP: [s. n.], 2019. p. 2240–2243. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/09.13.17.49/doc/97513.pdf>. Acesso em: 17 set. 2023.
- FELIPE, A. L. S.; CARDOSO, L. G. Avaliação de Área e Distâncias em Planta Obtida via Google Earth. **Energia na Agricultura**, vol. 32, nº 2, p. 189–194, 2017. <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2017v32n2p189-194>.

FENG, F.; YANG, X.; JIA, B.; LI, X.; LI, X.; XU, C.; WANG, K. Variability of urban fractional vegetation cover and its driving factors in 328 cities in China. **Science China Earth Sciences**, vol. 67, n° 2, p. 466–482, 1 fev. 2024. <https://doi.org/10.1007/s11430-022-1219-2>.

GIANFREDI, V.; BUFFOLI, M.; REBECCHI, A.; CROCI, R.; ORADINI-ALACREU, A.; STIRPARO, G.; MARINO, A.; ODONE, A.; CAPOLONGO, S.; SIGNORELLI, C. Association between urban greenspace and health: A systematic review of literature. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, vol. 18, n° 10, 2 mai. 2021. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105137>.

GONÇALVES, L. M.; MONTEIRO, P. H. S.; SANTOS, L. S.; MAIA, N. J. C.; ROSAL, L. F. Arborização Urbana: a Importância do seu Planejamento para Qualidade de Vida nas Cidades. **Ensaios e Ciência C. Biológicas Agrárias e da Saúde**, vol. 22, n° 2, p. 128, 25 jan. 2018. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2018v22n2p128-136>.

HARDER, I. C. F.; RIBEIRO, R. C. S.; TAVARES, A. R. Índices de Área Verde e Cobertura Vegetal para as Praças do Município de Vinhedo, SP. **Sociedade de Investigações Florestais**, vol. 30, n° 2, p. 277–282, 2006.

HU, Y.; CHEN, Y.; LIU, S.; TAN, J.; YU, G.; YAN, C.; YIN, Y.; LI, S.; TONG, S. Residential greenspace and childhood asthma: An intra-city study. **Science of the Total Environment**, vol. 857, 20 jan. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159792>.

KHUWAJA, Z.; ARAIN, J.; ALI, R.; MEGHWAR, S. L.; JATOI, M. A.; SHAIKH, F. A. Accuracy Measurement of Google Earth Using GPS and Manual Calculations. 2017. **International Conference on Sustainable Development in Civil Engineering** [...]. Jamshoro, Paquistão: Mehran University of Engineering and Technology - MUET, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/323292318>. Acesso em: 16 jul. 2024.

KWON, O. H.; HONG, I.; YANG, J.; WOHN, D. Y.; JUNG, W. S.; CHA, M. Urban green space and happiness in developed countries. **EPJ Data Science**, vol. 10, n° 1, 1 dez. 2021. <https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-021-00278-7>.

LI, F.; ZHENG, W.; WANG, Y.; LIANG, J.; XIE, S.; GUO, S.; LI, X.; YU, C. Urban Green Space Fragmentation and Urbanization: A Spatiotemporal Perspective. **Forests**, vol. 10, n° 4, 2019. <https://doi.org/10.3390/f10040333>.

LI, J.; GAO, J.; ZHANG, Z.; FU, J.; SHAO, G.; ZHAO, Z.; YANG, P. Insights into citizens' experiences of cultural ecosystem services in urban green spaces based on social media analytics. **Landscape and Urban Planning**, vol. 244, 1 abr. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104999>.

LIU, K.; LI, J.; SUN, L.; YANG, X.; XU, C.; YAN, G. Impact of Urban Forest and Park on Air Quality and the Microclimate in Jinan, Northern China. **Atmosphere**, vol. 15, n° 4, 1 abr. 2024. <https://doi.org/10.3390/atmos15040426>.

MAHECHA, M. D.; BASTOS, A.; BOHN, F. J.; EISENHAUER, N.; FEILHAUER, H.; HARTMANN, H.; HICKLER, T.; KALESSE-LOS, H.; MIGLIAVACCA, M.; OTTO, F. E. L.; PENG, J.; QUAAS, J.; TEGEN, I.; WEIGELT, A.; WENDISCH, M.; WIRTH, C. Biodiversity loss and climate extremes - study the feedbacks. **Nature**, vol. 612, p. 30–32, 1 dez. 2022. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-04152-y>.

MASCARENHAS, L. M. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, vol. 21, nº 1, p. 5–18, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132009000100001>.

MATULE, E. D.; PONZONI, F. J.; CHAVES, J. M. Análise espaço-temporal dos índices de cobertura vegetal no município da Matola, Moçambique. **Sociedade & Natureza**, vol. 29, nº 3, p. 371–385, 2017. <https://doi.org/10.14393/SN-v29n3-2017-1>.

MIRICI, M. E. The Ecosystem Services and Green Infrastructure: A Systematic Review and the Gap of Economic Valuation. **Sustainability**, vol. 14, nº 1, 1 jan. 2022. <https://doi.org/10.3390/su14010517>.

MOULY, T. A.; MISHRA, G. D.; HYSTAD, P.; NIEUWENHUIJSEN, M.; KNIBBS, L. D. Residential greenspace and anxiety symptoms among Australian women living in major cities: A longitudinal analysis. **Environment International**, vol. 179, 1 set. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108110>.

PAIVA, A. C.Q.; CARVALHO, R. G.; ESCOBAR, M. L.; SOARES, I. A.; BASTOS, F. H. Análise da distribuição espacial da vegetação e áreas verdes na cidade de Fortaleza – CE. **Caminhos de Geografia**, vol. 23, nº 89, p. 131–149, 10 out. 2022. <https://doi.org/10.14393/RCG238960266>.

PAMUKCU-ALBERS, P.; UGOLINI, F.; LA ROSA, D.; GRĂDINARU, S. R.; AZEVEDO, J. C.; WU, J. Building green infrastructure to enhance urban resilience to climate change and pandemics. **Landscape Ecology**, vol. 36, nº 3, p. 665–673, 1 mar. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01212-y>.

PEREIRA, V. C. **Uso de imagens WPM/CBERS 04A para análise da situação das áreas de preservação permanente no Distrito Federal**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2021. Disponível em: <http://repositorio2.unb.br/jspui/handle/10482/42686>. Acesso em: 10 dez. 2023.

PIRACHA, A.; CHAUDHARY, M. T. Urban Air Pollution, Urban Heat Island and Human Health: A Review of the Literature. **Sustainability (Switzerland)**, vol. 14, nº 15, 1 ago. 2022. <https://doi.org/10.3390/su14159234>.

POTERE, D. Horizontal Positional Accuracy of Google Earth's High-Resolution Imagery Archive. **Sensors**, vol. 8, nº 12, p. 7973–7981, dez. 2008. <https://doi.org/10.3390/s8127973>.

POUYA, S.; MAJID, A. Evaluation of urban green space per capita with new remote sensing and geographic information system techniques and the importance of urban green space during the COVID-19 pandemic. **Environmental Monitoring and Assessment**, vol. 194, nº 9, 1 set. 2022. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10298-z>.

PUPLAMPU, D. A.; BOAFO, Y. A. Exploring the impacts of urban expansion on green spaces availability and delivery of ecosystem services in the Accra metropolis. **Environmental Challenges**, vol. 5, 1 dez. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100283>.

RAHAMAN, Z. A.; KAFY, A. A.; SAHA, M.; RAHIM, A. A.; ALMULHIM, A. I.; RAHAMAN, S. N.; FATTAH, M. A.; RAHMAN, M. T.; KALAIVANI, S.; FAISAL, A. A.; RAKIB, A. A. Assessing the impacts of vegetation cover loss on surface temperature, urban heat island and carbon emission in Penang city, Malaysia. **Building and Environment**, vol. 222, 15 ago. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109335>.

RAMOS, H. F.; NUNES, F. G.; SANTOS, A. M. Índice de áreas verdes como estratégia ao desenvolvimento urbano sustentável das Regiões Norte, Noroeste e Meia Ponte de Goiânia-GO, Brasil. **Cuadernos de Geografia: Revista Colombiana de Geografia**, vol. 29, nº 1, p. 86–101, 2020. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29.n1.72844>.

REHMAN, A.; AZIZ, A.; ANWAR, M. M.; MAJEED, M.; ALBANAI, J. A.; ALMOHAMAD, H.; ABDO, H. G. Quantifying the impacts of urbanization on urban green, evidences from Maga City, Lahore Pakistan. **Discover Sustainability**, vol. 4, nº 1, 1 dez. 2023. <https://doi.org/10.1007/s43621-023-00169-z>.

RICHARDS, D. R.; PASSY, P.; OH, R. R.Y. Impacts of population density and wealth on the quantity and structure of urban green space in tropical Southeast Asia. **Landscape and Urban Planning**, vol. 157, p. 553–560, 1 jan. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.005>.

RUBIRA, F. G. Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espços livres e degradação ambiental/impacto ambiental. **Caderno de Geografia**, vol. 26, nº 45, p. 134–150, 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=333243260008>. Acesso em: 10 dez. 2023.

SANTOS, R. A. **Cobertura vegetal e a temperatura de superfície no meio intraurbano: um estudo em Salvador**. 2018. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/28672>. Acesso em: 10 dez. 2023.

SEABRA, V. S.; CRUZ, C. M. Mapeamento da Dinâmica da Cobertura e uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio São João, RJ. **Sociedade & Natureza**, vol. 25, nº 2, p. 411–426, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132013000200015>.

SHAHFAHAD; KUMARI, B.; TAYYAB, M.; AHMED, I. A.; BAIG, Mirza R. I.; KHAN, M. F.; RAHMAN, A. Longitudinal study of land surface temperature (LST) using mono- and split-window algorithms and its relationship with NDVI and NDBI over selected metro cities of India. **Arabian Journal of Geosciences**, vol. 13, nº 1040, 1 out. 2020. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06068-1>.

SHAHTAHMASSEBI, A. R.; LI, C.; FAN, Y.; WU, Y.; LIN, Y.; GAN, M.; WANG, K.; MALIK, A.; BLACKBURN, G. A. Remote sensing of urban green spaces: A review. **Urban Forestry and Urban Greening**, vol. 57, 1 jan. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126946>.

SILVA, D. M.; GRANDINE, G.; SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C. Análise espacial da cobertura vegetal no centro urbano do município de salto de Pirapora (SP). **Caminhos de Geografia**, vol. 19, nº 68, p. 361–371, 19 dez. 2018. <https://doi.org/10.14393/RCG196824>.

SKARBIT, N.; UNGER, J.; GÁL, T. Evaluating the Impact of Heat Mitigation Strategies Using Added Urban Green Spaces during a Heatwave in a Medium-Sized City. **Sustainability (Switzerland)**, vol. 16, nº 8, 1 abr. 2024. <https://doi.org/10.3390/su16083296>.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA – SBAU. “Carta a Londrina e Ibiporã”. **Boletim Informativo**, Recife, PE, vol. 3, nº 5, p. 3, 1996.

SOUZA, J.; FRUTUOZO, J. V. P. Rio de Janeiro: Considerações sobre os processos de expansão urbana e interiorização do crescimento (1980-2010). **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, vol. 10, nº 1, p. 124–139, abr. 2018. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.010.001.ao12>.

SOUZA, L. F.; GOMES, N. S.; OLIVEIRA, R. A. P.; GUIMARÃES, C. R. R. Caracterização de áreas verdes urbanas no município de Goianorte/TO. **Revista Novos Desafios**, vol. 01, nº 01, p. 71–82, 2021. Disponível em: <https://novosdesafios.inf.br/index.php/revista/article/view/12>. Acesso em: 10 dez. 2023.

TAYLOR, B. T.; FERNANDO, P.; BAUMAN, A. E.; WILLIAMSON, A.; CRAIG, J. C.; REDMAN, S. Measuring the quality of public open space using google earth. **American Journal of Preventive Medicine**, vol. 40, nº 2, p. 105–112, 1 fev. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2010.10.024>.

YE, T.; GUO, Y.; ABRAMSON, M. J.; LI, T.; LI, S. Greenspace and children’s lung function in China: A cross-sectional study between 2013 and 2015. **Science of the Total Environment**, vol. 858, 1 fev. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159952>.

ZEWDIE, H. Y.; WHETTEN, K.; DUBIE, M. E.; KENEA, B.; BEKELE, T.; TEMESGEN, C.; MOLLA, W.; PUFFER, E. S.; OSTERMANN, J.; HOBBIE, A. M.; GRAY, C. L. The association between urban greenspace and psychological health among young adults in Addis Ababa, Ethiopia. **Environmental Research**, vol. 215, 1 dez. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114258>.

ZHU, Z.; LI, J.; CHEN, Z. Green space equity: spatial distribution of urban green spaces and correlation with urbanization in Xiamen, China. **Environment, Development and Sustainability**, vol. 25, nº 1, p. 423–443, 1 jan. 2023. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02061-0>.

ARTIGO 2 (A PUBLICAR)

Desigualdades no Saneamento e Saúde Ambiental na Microrregião de Anápolis: Análise do Índice de Saneamento e Saúde Ambiental e Seus Impactos

Ricardo Carvalho Silva

Josana Castro Peixoto

RESUMO

O saneamento inadequado tem sido reconhecido como um fator-chave no comprometimento da saúde pública, especialmente em regiões que enfrentam deficiências na infraestrutura básica. Nesse contexto, o presente estudo avaliou as condições de saneamento e saúde ambiental dos municípios da microrregião de Anápolis utilizando o Índice de Saneamento e Saúde Ambiental (ISSA). Foram analisados sete eixos temáticos: abastecimento de água (I_{AB}), esgoto sanitário (I_{ES}), resíduos sólidos (I_{RS}), drenagem urbana (I_{DU}), ambiental (I_{AM}), saúde pública (I_{SP}) e socioeconômico (I_{SE}). Os resultados revelaram que 85% dos municípios atingiram salubridade média para o indicador de resíduos sólidos, enquanto Petrolina de Goiás foi classificado como insalubre. O I_{SP} apresentou os menores valores entre os indicadores, com todos os municípios registrando casos de dengue, sendo que 40% apresentaram casos de dengue hemorrágica. Quanto ao I_{AB} , Anápolis apresentou o menor valor, com 62,58 pontos, enquanto Ouro Verde de Goiás obteve a maior pontuação (78,32). Esses resultados demonstram a necessidade de investimentos em saneamento básico, especialmente no controle de vetores e drenagem urbana, para melhorar as condições de saúde pública e ambiental.

Palavras-chave: Gestão Pública; Indicador; Salubridade Ambiental; Saúde Ambiental

ABSTRACT

Inadequate sanitation has been recognized as a key factor in the impairment of public health, particularly in regions that face deficiencies in basic infrastructure. In this context, the present study assessed the sanitation and environmental health conditions of the municipalities in the Anápolis microregion using the Environmental Sanitation and Health Index (ISSA). Seven thematic axes were analyzed: water supply (I_{AB}), sanitary sewage (I_{ES}), solid waste (I_{RS}), urban drainage (I_{DU}), environmental (I_{AM}), public health (I_{SP}), and socioeconomic (I_{SE}). The results revealed that 85% of the municipalities achieved medium salubrity for the solid waste indicator, while Petrolina de Goiás was classified as unsanitary. The I_{SP} showed the lowest values among the indicators, with all municipalities recording dengue cases, 40% of which reported cases of hemorrhagic dengue. Regarding the I_{AB} , Anápolis had the lowest score, with 62.58 points, while Ouro Verde de Goiás achieved the highest score (78.32). These results demonstrate the need for investments in basic sanitation, especially in vector control and urban drainage, to improve public and environmental health conditions.

Keywords: Public Management; Indicator; Environmental Salubrity; Environmental Health

RESUMEN

El saneamiento inadecuado ha sido reconocido como un factor clave en el deterioro de la salud pública, especialmente en regiones que enfrentan deficiencias en infraestructura básica. En este contexto, el presente estudio evaluó las condiciones de saneamiento y salud ambiental de los municipios de la microrregión de Anápolis utilizando el Índice de Saneamiento y Salud Ambiental (ISSA). Se analizaron siete ejes temáticos: abastecimiento de agua (I_{AB}),

alcantarillado sanitario (I_{ES}), residuos sólidos (I_{RS}), drenaje urbano (I_{DU}), ambiental (I_{AM}), salud pública (I_{SP}) y socioeconómico (I_{SE}). Los resultados revelaron que el 85% de los municipios alcanzaron una salubridad media en el indicador de residuos sólidos, mientras que Petrolina de Goiás fue clasificada como insalubre. El ISP presentó los valores más bajos entre los indicadores, con todos los municipios registrando casos de dengue, y el 40% reportando casos de dengue hemorrágico. En cuanto al IAB, Anápolis presentó el valor más bajo, con 62,58 puntos, mientras que Ouro Verde de Goiás obtuvo la mayor puntuación (78,32). Estos resultados demuestran la necesidad de inversiones en saneamiento básico, especialmente en el control de vectores y drenaje urbano, para mejorar las condiciones de salud pública y ambiental.

Palabras clave: Gestión Pública; Indicador; Salubridad Ambiental; Salud Ambiental

INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada nas cidades tem gerado uma concentração populacional acompanhada por um aumento significativo no consumo de mercadorias, o que resulta em uma maior produção de resíduos e poluentes. Além disso, o elevado grau de impermeabilização do solo intensifica os impactos ambientais e compromete a saúde pública. Essas transformações vêm impondo novos desafios para a gestão ambiental, uma vez que as mudanças globais levam a fenômenos naturais extremos e a crises de salubridade ambiental. Dessa forma, os gestores públicos enfrentam desafios crescentes na busca por soluções eficazes, o que tem incentivado uma série de estudos e pesquisas nessa área (Adedeji, 2023; Anthonj *et al.*, 2020; Apata *et al.*, 2019; Braga *et al.*, 2022; Braga; Bezerra; Scalize, 2022; Duarte; Bezerra; Gonçalves, 2021).

A salubridade ambiental de uma região é um parâmetro essencial para avaliar a situação da saúde de sua população, uma vez que está diretamente relacionada às condições socioeconômicas e ambientais locais (Braga, 2021). Um ambiente é considerado salubre quando apresenta serviços adequados de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, gestão eficiente de resíduos sólidos e águas pluviais, além de uma infraestrutura de saúde e educação satisfatória (Braga, 2021; Lima; Arruda; Scalize, 2019; Silva, 2017). Dada a importância de medir essas condições, o Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) foi desenvolvido em 1999 pelo Conselho Estadual de Saneamento de São Paulo (CONESAN/SP) para fornecer uma avaliação uniforme das condições ambientais nos municípios paulistas. Desde sua concepção, o ISA foi amplamente adotado em outras regiões do Brasil, sendo utilizado para avaliar não apenas cidades, mas também comunidades e bairros (Teixeira; Prado Filho; Santiago, 2018).

Embora o ISA tenha se consolidado como uma ferramenta relevante, a sua aplicação frequentemente envolve adaptações, como a inclusão ou exclusão de indicadores e a alteração de seus pesos, o que pode comprometer sua comparabilidade ao longo do tempo (Braga; Bezerra; Scalize, 2022). Um levantamento bibliográfico realizado por Teixeira, Prado Filho e

Santiago (2018) identificou mais de 60 estudos que utilizaram o ISA, evidenciando as várias modificações realizadas em sua estrutura original. O próprio manual do ISA (CONESAN, 1999) previu a necessidade de adaptações, mas alertou para a importância de que elas sejam feitas de forma criteriosa, levando em consideração as especificidades das regiões estudadas e os objetivos das pesquisas. As mudanças aleatórias, sem esse rigor, resultam na perda de comparabilidade entre os dados, um princípio essencial para a utilização de indicadores (Braga, 2021; Teixeira, 2017).

Além das adaptações, há também uma necessidade de atualização do ISA, visto que ele foi desenvolvido em um período no qual temas como vulnerabilidade social, coleta seletiva e consumo per capita de água não eram amplamente discutidos. Isso justifica a busca por novos indicadores que reflitam essas questões contemporâneas. Shibasaki (2022) desenvolveu uma nova ferramenta mais abrangente e atual, o Índice para Avaliação do Saneamento e Saúde Ambiental (ISSA), que propõe uma avaliação mais completa e adequada à realidade atual.

Diante desse contexto e com base na metodologia de Shibasaki (2022), esta pesquisa investigou as condições de saneamento e saúde ambiental dos municípios goianos, com foco especial na microrregião de Anápolis. O objetivo foi identificar as deficiências na gestão pública, especialmente no que se refere ao saneamento básico e ambiental.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

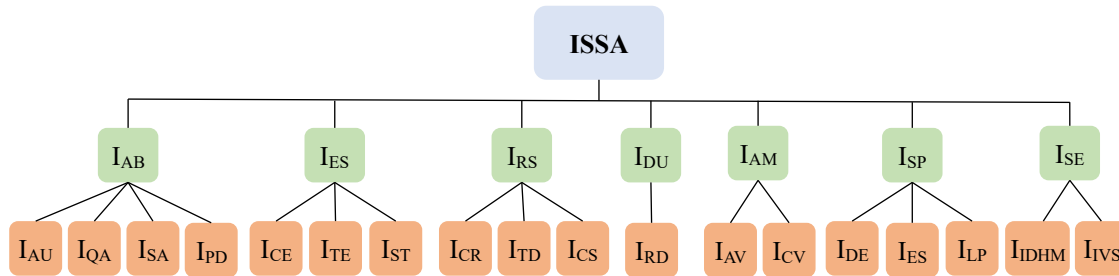
A área de estudo abrange os 20 municípios que compõem a microrregião de Anápolis, localizada na mesorregião do Centro Goiano, no estado de Goiás. Segundo o Censo Demográfico de 2022, a população dessa microrregião é de 624.173 habitantes, distribuídos entre os municípios de Anápolis, Araçu, Brazabrantes, Campo Limpo de Goiás, Caturai, Damolândia, Heitorai, Inhumas, Itaberaí, Itaguari, Itaguaru, Itauçu, Jaraguá, Jesópolis, Nova Veneza, Ouro Verde de Goiás, Petrolina de Goiás, Santa Rosa de Goiás, São Francisco de Goiás e Taquaral de Goiás (IBGE).

Com uma área total de 8.344,620 km², a microrregião apresenta uma densidade populacional média de 74,80 habitantes por km², caracterizando uma ocupação intermediária em termos demográficos. Entre os 20 municípios, a distribuição populacional é desigual, com aproximadamente 86,67% dos habitantes concentrados nos quatro municípios mais populosos: Anápolis, Inhumas, Jaraguá e Itaberaí. Esses municípios possuem uma infraestrutura urbana maior, evidenciada pela presença de serviços essenciais como saúde e educação, adequados para atender a maior densidade populacional da microrregião.

ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO E SAÚDE AMBIENTAL (ISSA)

Neste estudo foi utilizado o Índice de Avaliação do Saneamento e Saúde Ambiental (ISSA), que tem por objetivo avaliar as condições de saneamento e saúde ambiental das regiões estudadas. O ISSA é derivado do Indicador de Salubridade Ambiental (ISA), desenvolvido em 1999 pelo Conselho Estadual de Saneamento do Estado de São Paulo (CONESAN). Em 2022, Shibasaki introduziu o ISSA como uma ferramenta mais atualizada e flexível, composta por 18 subindicadores distribuídos em 7 eixos temáticos: Abastecimento de Água (I_{AB}), Esgoto Sanitário (I_{ES}), Resíduos Sólidos (I_{RS}), Drenagem Urbana (I_{DU}), Ambiental (I_{AM}), Saúde Pública (I_{SP}) e Socioeconômico (I_{SE}), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Organograma de formação do ISSA



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

O presente trabalho seguiu a metodologia original do ISSA proposta por Shibasaki (2022), contudo, algumas adaptações foram necessárias devido à indisponibilidade de certos dados secundários específicos para a região estudada. Essas adaptações envolveram ajustes metodológicos, detalhados posteriormente na seção “Cálculo dos Indicadores e Subindicadores”. Assim, o ISSA foi calculado para os municípios da microrregião de Anápolis conforme a Equação (01)

$$ISSA = (A \cdot I_{AB}) + (B \cdot I_{ES}) + (C \cdot I_{RS}) + (D \cdot I_{DU}) + (E \cdot I_{AM}) + (F \cdot I_{SP}) + (G \cdot I_{SE}) \quad (Eq. 01)$$

Sendo que:

$ISSA$ - Índice de Avaliação do Saneamento e Saúde Ambiental;

I_{AB} - Indicador de Abastecimento de Água;

I_{ES} - Indicador de Esgotos Sanitários;

I_{RS} - Indicador de Resíduos Sólidos;

I_{DU} - Indicador de Drenagem Urbana;

I_{AM} - Indicador Ambiental;

I_{SP} - Indicador de Saúde Pública;

I_{SE} - Indicador Socioeconômico.

Conforme demonstrado na Equação (1), o ISSA é uma soma ponderada dos eixos temáticos, cujos pesos foram estabelecidos na metodologia original apresentada por Shibasaki (2022). Este estudo seguiu essas mesmas ponderações, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Pesos considerados para os indicadores do ISSA

Indicador	Letra Representativa	Peso
Abastecimento de Água	A	0,201
Esgoto Sanitário	B	0,199
Resíduos Sólidos	C	0,132
Drenagem Urbana	D	0,112
Ambiental	E	0,118
Saúde Pública	F	0,107
Socioeconômico	G	0,131

Fonte: Adaptado de Shibasaki (2022)

Como apresentado na Equação (01), o resultado do ISSA depende dos valores dos eixos temáticos. Portanto, para facilitar a compreensão da metodologia adotada, as equações utilizadas para o cálculo dos indicadores são apresentadas a seguir.

$$I_{AB} = (H \cdot I_{AU}) + (I \cdot I_{QA}) + (J \cdot I_{SA}) + (K \cdot I_{PD}) \quad (Eq. 02)$$

$$I_{ES} = (L \cdot I_{CE}) + (M \cdot I_{TE}) + (N \cdot I_{ST}) \quad (Eq. 03)$$

$$I_{RS} = (O \cdot I_{CR}) + (P \cdot I_{TD}) + (Q \cdot I_{CS}) \quad (Eq. 04)$$

$$I_{DU} = (R \cdot I_{RD}) \quad (Eq. 05)$$

$$I_{AM} = (S \cdot I_{AV}) + (T \cdot I_{CV}) \quad (Eq. 06)$$

$$I_{SP} = (U \cdot I_{DE}) + (V \cdot I_{ES}) + (W \cdot I_{LP}) \quad (Eq. 07)$$

$$I_{SE} = (X \cdot I_{IVS}) + (Y \cdot I_{IDHM}) \quad (Eq. 08)$$

Sendo que:

I_{AU} - Subindicador de Atendimento Urbano de Água;

I_{QA} - Subindicador de Qualidade da Água Distribuída;

I_{SA} - Subindicador de Saturação do Sistema Produtor;

I_{PD} - Subindicador de Perdas na Distribuição;

I_{CE} - Subindicador de Cobertura em Coleta de Esgotos e Tanques Sépticos;

I_{TE} - Subindicador de Tratamento de Esgotos e Tanques Sépticos;

I_{ST} - Subindicador de Saturação do Tratamento;

I_{CR} - Subindicador de Coleta de Resíduos;

I_{TD} - Subindicador de Tratamento e Disposição Final;

I_{CS} - Subindicador de Taxa de Cobertura da Coleta Seletiva porta a porta em Relação a População Urbana;

I_{RD} - Subindicador de Drenagem Urbana;

I_{AV} - Subindicador de Índice de Áreas Verdes;

I_{CV} - Subindicador de Índice de Cobertura Vegetal;

I_{DE} - Subindicador de Dengue;

I_{ES} - Subindicador de Esquistossomose;

I_{LP} - Subindicador de Leptospirose;

I_{IVS} - Subindicador de Índice de Vulnerabilidade Social;

I_{IDHM} - Subindicador de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal.

Todas as equações usadas para calcular os eixos temáticos (Eq. 02 a Eq. 08) são somas ponderadas dos valores de seus subindicadores. A metodologia original definiu os pesos para cada subindicador, e, para garantir consistência e comparabilidade dos resultados, este estudo adotou as mesmas ponderações, conforme detalhado na Tabela 2.

Tabela 2 - Pesos considerados para os subindicadores do ISSA

Indicador	Subindicador	Letra Representativa	Peso
Abastecimento de Água	Atendimento Urbano de Água	H	0,213
	Qualidade da Água Distribuída	I	0,530
	Saturação do Sistema Produtor	J	0,140
	Perdas na Distribuição	K	0,117
Esgotos Sanitários	Cobertura em Coleta de Esgoto e Tanques Sépticos	L	0,514
	Tratamento de Esgotos e Tanques Sépticos	M	0,327
	Saturação do Tratamento	N	0,158
Resíduos Sólidos	Coleta de Resíduos Sólidos	O	0,541
	Tratamento e Disposição Final	P	0,308
	Taxa de Cobertura da Coleta Seletiva porta a porta em relação a População Urbana	Q	0,151
Drenagem Urbana	Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais	R	1,00
Ambiental	Índice de Áreas Verdes	S	0,205
	Índice de Cobertura Vegetal	T	0,795
Saúde Pública	Dengue	U	0,608
	Esquistossomose	V	0,129
	Leptospirose	W	0,263
Socioeconômico	Índice de Vulnerabilidade Social	X	0,815
	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	Y	0,185

Fonte: Adaptado de Shibasaki (2022)

Ressalta-se que, ao término das análises e com base nos resultados, os municípios com ISSA superior a 75,51 pontos foram considerados salubres, conforme delineado na Tabela 3.

Tabela 3 - Estado do saneamento e saúde ambiental em função da pontuação do ISSA

Pontuação	Condição para os Indicadores	Condição para o ISSA
0,00 a 25,50	Ruim	Insalubridade
25,51 a 50,50	Regular	Baixa Salubridade
50,51 a 75,50	Bom	Média Salubridade
75,51 a 100	Ótima	Salubre

Fonte: Adaptado de Shibasaki (2022)

A seguir, será detalhado o cálculo dos indicadores e subindicadores do ISSA, considerando as metodologias adotadas e os dados disponíveis para a microrregião de Anápolis.

CÁLCULO DOS INDICADORES E SUBINDICADORES

Indicador de Abastecimento de Água (I_{AB})

O I_{AB} faz parte do Indicador de Salubridade Ambiental (ISA), conforme metodologia proposta pelo CONESAN (1999), e pode ser aplicado de forma flexível para diferentes finalidades. Neste estudo, o I_{AB} foi calculado pela soma ponderada dos subindicadores: atendimento urbano de água (I_{AU}), qualidade da água distribuída (I_{QA}), saturação do sistema produtor (I_{SA}) e perdas na distribuição (I_{PD}), como apresentado na Equação (02).

Para alcançar o valor do I_{AB} , foi necessário obter os valores dos subindicadores, conforme descrito abaixo.

a) Subindicador de Atendimento Urbano de Água (I_{AU})

O objetivo deste subindicador é demonstrar o percentual da população servida pelo sistema de abastecimento de água com controle sanitário. Para o cálculo do I_{AU} , foram considerados os valores do Índice de Atendimento Urbano de Água (IN023) do SNIS (2021) de água e esgoto.

b) Subindicador de Qualidade da Água Distribuída (I_{QA})

De acordo com Alvares (2020) o I_{QA} inspeciona a qualidade da água em relação aos coliformes, cloro e turbidez. O Manual Básico do ISA (CONESAN, 1999) complementa afirmando que o I_{QA} assegura a potabilidade da água. Este subindicador foi calculado utilizando a Equação (09).

$$I_{QA} = K \cdot \frac{NAA}{NAR} \cdot 100(\%) \quad (Eq. 09)$$

Sendo que:

I_{QA} – Subindicador de Qualidade da Água Distribuída;

K – N° de amostras realizadas pelo n° mínimo de amostras a serem efetuadas pelo serviço de abastecimento público, sendo K menor ou igual a 1;

NAA – Quantidade de amostras consideradas como sendo de água potável, relativas à colimetria, cloro e turbidez (ano);

NAR – Quantidade de amostras realizadas (ano).

Calculado por meio dos dados de:

K = Quando todos os municípios e prestadores de serviços realizarem o número mínimo de análises obrigatório, conforme legislação, adota-se $K = 1$ (Costa, 2017)

$NAA = (QD006 - QD007) + (QD008 - QD009) + (QD026 - QD027)$

$NAR = QD006 + QD008 + QD026$

Calculado por meio dos dados secundário do SNIS, 2021:

Índice $QD006$ – Amostras para Análise de Cloro Residual Analisadas;

Índice $QD007$ – Resultados fora do padrão para Análise de Cloro Residual;

Índice $QD008$ – Amostras para Análise de Turbidez Analisadas;

Índice $QD009$ – Resultados fora do padrão para Análise de Turbidez;

Índice $QD026$ – Amostras para Análise de Coliformes Fecais Analisadas;

Índice $QD027$ – Resultados fora do padrão para Análise de Coliformes Fecais.

c) Subindicador de Saturação do Sistema Produtor (I_{SA})

Conforme descrito no Manual Básico do ISA (CONESAN, 1999), este subindicador avalia em quantos anos o sistema ficará saturado. Seu cálculo considera três variáveis principais: capacidade de produção, volume anual necessário para abastecimento integral e perdas durante o período de análise. O cálculo foi realizado utilizando a Equação (10).

$$n = \frac{\log \frac{CP}{VP \left(\frac{K_2}{K_1} \right)}}{\log(1 + t)} \quad (Eq. 10)$$

Sendo que:

n – Número de anos em que o sistema ficará saturado;

CP = Capacidade de produção;

VP = Volume de produção para atender 100% da população;

K_1 = Coeficiente de máxima vazão diária, foi considerado o valor de 1,2;

K_2 = Coeficiente de máxima vazão horária, foi considerado o valor de 1,5;

t = Taxa de crescimento anual populacional média.

Para a resolução da Equação (10) seguiu-se o proposto por Alvares (2020); inicialmente, considerou-se que a Capacidade de Produção (CP) é igual ao Volume de Produção (VP); posteriormente, o VP foi substituído pelo “Volume de Água Produzido” ($AG006$) do SNIS (2021) de água e esgoto.

Em relação ao dimensionamento, foi considerado que a vazão deveria operar em sua amplitude máxima e mínima. Na ausência de dados obtidos em campo, a NBR 9649/1986 recomenda o uso dos coeficientes $K_1 = 1,2$ e $K_2 = 1,5$.

Por fim, através da Equação (11) e por meio do método aritmético, calculou-se a taxa de crescimento anual populacional média (t), conforme mostrado a seguir.

$$t = \frac{Pf - Pi}{Pi/T} \cdot 100 (\%) \quad (Eq. 11)$$

Sendo que:

t – Taxa de crescimento anual populacional média;

Pf – População final;

Pi – População inicial;

T – Tempo entre a população final e inicial.

Os valores de Pf e Pi utilizados na Equação (11) referem-se aos censos demográficos realizados pelo IBGE em 2022 e 2010, respectivamente. Como o intervalo entre os censos foi de 12 anos, o valor de “ T ” foi igual a 12.

Com o valor de n obtido pela Equação (10) foi possível calcular o I_{SA} , conforme mostrado pela Tabela 4.

Tabela 4 - Pontuação do subindicador de saturação do sistema produtor

População	N	I_{SA}
Até 50 mil hab.	$n \geq 2$	100
	$2 > n > 0$	Interpolar
	$n \leq 0$	0
50 mil hab. a 200 mil hab.	$n \geq 3$	100
	$3 > n > 0$	Interpolar
	$n \leq 0$	0
Mais de 200 mil hab.	$n \geq 5$	100
	$5 > n > 0$	Interpolar
	$n \leq 0$	0

Fonte: Adaptado de Shibasaki (2022)

d) Subindicador de Perdas na Distribuição (I_{PD})

O I_{PD} foi calculado com base no percentual de perdas físicas na distribuição de água, utilizando a Equação (12), que considera o índice IN049 do SNIS (2021) e leva em conta o volume de água produzido, consumido, importado e destinado a serviços.

$$I_{PD} = 100 - IN049 \quad (Eq. 12)$$

Sendo que:

I_{PD} – Subindicador de perdas na distribuição

IN049 – Índice de perdas na distribuição

Indicador de Esgoto Sanitário (I_{ES})

O IES foi calculado a partir da soma ponderada dos subindicadores de cobertura em coleta de esgoto e tanques sépticos (I_{CE}), tratamento de esgotos e tanques sépticos (I_{TE}) e saturação do tratamento (I_{ST}). Os subindicadores foram calculados conforme descrito a seguir.

a) Subindicador de Cobertura em Coleta de Esgotos e Tanques Sépticos (I_{CE})

Este subindicador estima o percentual de domicílios atendidos pela rede de coleta de esgoto e tanques sépticos. Para o cálculo, foram considerados os valores do Índice de Coleta de Esgoto (IN015) do SNIS (2021).

b) Subindicador de Tratamento de Esgotos e Tanques Sépticos (I_{TE})

O I_{TE} estima o percentual de domicílios atendidos por tratamento de esgotos e tanques sépticos. A Equação (13) foi utilizada para calcular este subindicador, considerando os volumes de esgoto coletado e tratado.

$$I_{TE} = I_{CE} \cdot (VT/VC) \quad (Eq. 13)$$

Sendo que:

I_{TE} – Subindicador de tratamento de esgotos e tanques sépticos;

I_{CE} – Índice de coleta de esgoto;

VC – Volume de esgoto coletado;

VT – Volume tratado.

Calculado por meio dos dados:

Índice IN015 – Índice de coleta de esgoto do SNIS;

Índice ES005 – Volume de esgoto coletado do SNIS;

Índice ES006 – Volume de esgoto tratado do SNIS.

c) Subindicador de Saturação do Tratamento (I_{ST})

O Subindicador de Saturação do Tratamento (I_{ST}) tem como objetivo comparar a oferta e demanda das instalações existentes e auxiliar no planejamento de novas instalações ou ampliações, sendo calculado pela Equação (14), que considera o número de anos em que o sistema ficará saturado (n), a capacidade de tratamento (CT), o volume de esgoto coletado (VC) e a taxa de crescimento populacional média (t), cujos dados foram obtidos a partir dos índices ES005 e ES006 do SNIS e da taxa de crescimento calculada pela Equação (11); com os valores de n, foram gerados os valores do I_{ST}, como demonstrado na Tabela 5.

$$n = \frac{\log \frac{CT}{VC}}{\log(1 + t)} \quad (\text{Eq. 14})$$

Sendo que:

n – Número de anos em que o sistema ficará saturado;

CT – Capacidade de tratamento (ES006);

VC – Volume de esgoto coletado (ES005);

t – Taxa de crescimento anual média de crescimento.

Calculado por meio dos dados:

Índice ES005 – Volume de esgoto coletado do SNIS;

Índice ES006 – Volume de esgoto tratado do SNIS;

t – Taxa de crescimento anual média de crescimento, obtido pela (Eq. 11)

Tabela 5 - Pontuação do subindicador de saturação do tratamento de esgoto

População	<i>N</i>	<i>I_{ST}</i>
Até 50 mil hab.	$n \geq 2$	100
	$2 > n > 0$	Interpolar
	$n \leq 0$	0
50 mil hab. a 200 mil hab.	$n \geq 3$	100
	$3 > n > 0$	Interpolar
	$n \leq 0$	0
Mais de 200 mil hab.	$n \geq 5$	100
	$5 > n > 0$	Interpolar
	$n \leq 0$	0

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024), com base nas referências consultadas

Indicador de Resíduos Sólidos (*I_{RS}*)

O cálculo do *I_{RS}* foi realizado utilizando a Equação (04) e incluiu os subindicadores de coleta de resíduos sólidos (*I_{CR}*), tratamento e disposição final (*I_{TD}*) e taxa de cobertura da coleta seletiva (*I_{CS}*). Os cálculos dos subindicadores são descritos a seguir.

*a) Subindicador de Coleta de Resíduos (*I_{CR}*)*

O subindicador *I_{CR}* tem por foco quantificar a população atendida por coleta de resíduo sólidos em relação a população total do município. Para o acolhimento dos dados do *I_{CR}* considerou-se os valores da taxa de cobertura de coleta de resíduos domiciliares em relação à população urbana (IN016 - RS) do SNIS (2021) de resíduos sólidos.

b) Subindicador de Tratamento e Disposição Final (ITD)

Para o cálculo do ITD usou-se a metodologia proposta por Aravéchia Júnior (2010), que atribui 100 pontos para municípios com aterro sanitário, 50 pontos para aqueles com aterro controlado e 0 pontos para os que possuem apenas lixão.

c) Subindicador de Taxa de Cobertura da Coleta Seletiva porta a porta em Relação a População Urbana (ICS)

O subindicador ICS mede a proporção da população atendida pelo serviço de coleta seletiva. Para esse subindicador foram utilizados os dados referentes à taxa de cobertura do serviço de coleta seletiva porta-a-porta em relação à população urbana do município, com base no indicador IN030-RS do SNIS (2021) sobre resíduos sólidos.

Indicador de Drenagem Urbana (IDU)

O IDU foi calculado a partir da taxa de cobertura das vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana, que corresponde ao indicador IN021 do SNIS (2020) de águas pluviais e considera a extensão total das vias públicas urbanas e a extensão coberta por rede ou canais de drenagem.

Indicador Ambiental (IAM)

O IAM foi obtido a partir da soma ponderada entre os dois subindicadores ambientais, o índice de áreas verdes (IAV) e o índice de cobertura vegetal (ICV), conforme observado pela Equação (06).

a) Subindicador de Índice de Áreas Verdes (IAV)

Para obter o índice de áreas verdes o estudo precisou calcular o total de áreas, em metros quadrados, das praças e parques dos municípios estudados. Os valores dessas áreas foram obtidos a partir da criação de uma camada de polígonos, utilizando os limites das praças e parques visualizados no mapa base do Google Satélite no *software* QGIS 3.28.10. Concluída essa etapa, o IAV foi calculado com a Equação (15).

$$I_{AV} = \frac{\sum \text{das áreas verdes (m}^2\text{)}}{\text{n. de habitantes da área urbana}} \quad (\text{Eq. 15})$$

Sendo que:

numerador – Soma das áreas públicas (praças e parques);
denominador – População urbana, censo do IBGE de 2022.

Para a classificação do I_{AV} , considerou-se apenas a soma das áreas dos espaços analisados, desconsiderando a projeção das copas das árvores. A partir da Equação (15), foram obtidos os valores de I_{AV} para os municípios estudados, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Pontuação do subindicador de índice de áreas verdes

I_{AV} calculado	Pontuação considerada para o I_{AV}	Condição
$0 > I_{AV} > 9$	0	Ruim
$9 > I_{AV} > 16$	50	Regular
$I_{AV} > 16$	100	Boa

Fonte: Adaptado de Shibasaki (2022)

b) Subindicador de Índice de Cobertura Vegetal (I_{CV})

O presente estudo usou a determinação do Percentual de Cobertura Vegetal (PCV) para atender a esse subindicador. Assim, para essa análise fez-se necessário calcular a área de cobertura vegetal e para tal seguiu-se a técnica adotada por (Paiva *et al.*, 2022).

As áreas de cobertura vegetal foram calculadas a partir da determinação do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) com a utilização do *software* gratuito do Sistema de Informação Geográfica (SIG), *QGIS 3.28.10*. Para o cálculo do NDVI empregou-se imagens do satélite CBERS-4A do ano de 2023.

Após a realização do NDVI fez-se uma reclassificação da imagem raster resultante, de modo que cada pixel da imagem passou a ter apenas uma faixa de valor predefinido, Tabela 7.

Tabela 7 - Classes adotadas com os respectivos valores resultantes do NDVI

Classes Adotadas	Valores resultantes do NDVI	Representação Visual
(1) Áreas edificadas e recursos hídricos	-1,0 a 0,0	
(2) Solo exposto e áreas edificadas	0,0 a 0,4	
(3) Vegetação esparsa e gramíneas	0,4 a 0,6	
(4) Vegetação densa	0,6 a 1,0	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Na sequência converteu-se o arquivo raster NDVI para o formato vetorial (*shapefile*), e em seguida o *shapefile* foi categorizado com a separação em quatro classes espectrais. Por fim, a análise foi concluída ao somar as áreas correspondentes às classes 3 e 4 (Tabela 7), que representam vegetação esparsa e vegetação densa, respectivamente. A partir da soma dessas áreas, foi possível calcular o PCV, conforme mostrado na Equação (16).

$$PCV = \frac{\sum \text{cobertura vegetal (m}^2\text{)}}{\text{área urbana total}} \cdot 100$$

(Eq. 16)

Sendo que:

- numerador – Cobertura vegetal total;
- numerador – Área urbana total.

Indicador de Saúde Pública (ISP)

O ISP tem por finalidade identificar a necessidade de programas corretivos e profiláticos de redução e eliminação dos vetores transmissores das doenças. Foi calculado pela Equação (07), que contempla os subindicadores de dengue (IDE), esquistossomose (IES) e leptospirose (ILP). A descrição de suas análises segue abaixo.

a) Subindicador de Dengue (IDE)

O aspecto principal do IDE é avaliar as condições de infestação dos vetores e a prevalência da dengue nas áreas estudadas. Os dados desse subindicador foram gerados a partir da Tabela 8, que foi alimentada com informações obtidas no Departamento de Informação e Informática do Sistema Único de Saúde – DATASUS.

Tabela 8 - Critérios de pontuação para os subindicadores de dengue do eixo de Saúde Pública

Critérios do IDE	Pontuação
Sem infestação de <i>A. aegypti</i> nos últimos 12 meses	100
Com infestação de <i>A. aegypti</i> e sem transmissão de dengue no último ano	50
Com transmissão de dengue no último ano	25
Com ocorrência de dengue hemorrágico no último ano	0

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024), com base nas referências consultadas

b) Subindicador de Esquistossomose (IES)

O IES tem uma interpretação semelhante ao subindicador de dengue e da mesma forma sua pontuação foi gerada a partir da Tabela 9, que foi alimentada com informações retiradas do DATASUS.

Tabela 9 - Critérios de pontuação para os subindicadores da esquistossomose do eixo de Saúde Pública

Critérios do IES	Pontuação
Sem casos nos últimos 5 anos	100
Com incidência anual < que 1, nos últimos 5 anos	50
Com incidência anual ≤ 1 e < que 5, nos últimos 5 anos	25
Com incidência anual ≥ a 5, nos últimos 5 anos	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2024), com base nas referências consultadas

c) Subindicador de Leptospirose (I_{LP})

O I_{LP} foi gerado semelhantemente aos subindicadores I_{DE} e I_{ES} , isto é, sua pontuação foi baseada na apreciação da Tabela 10, que foi alimentada com dados retirados do DATASUS.

Tabela 10 - Critérios de pontuação para os subindicadores da leptospirose do eixo de Saúde Pública

Critérios do I_{LP}	Pontuação
Sem enchentes e sem casos nos últimos 5 anos	100
Com enchentes e sem casos nos últimos 5 anos	50
Sem enchentes e com casos nos últimos 5 anos	25
Com enchentes e com caos nos últimos 5 anos	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2024), com base nas referências consultadas

Indicador Socioeconômico (I_{SE})

Como explicitado pela (Eq. 08), o I_{SE} foi obtido a partir da soma ponderada dos valores dos subindicadores socioeconômicos, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (I_{IDHM}) e o Índice de Vulnerabilidade Social (I_{IVS}). Por fim, de maneira análoga aos indicadores supracitados, abaixo discorrem-se os cálculos dos subindicadores que compõem o I_{SE}

a) Subindicador de Índice de Vulnerabilidade Social (I_{IVS})

O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) usado para esse subindicador tem por finalidade medir a vulnerabilidade de grupos frente a fatores socioeconômicos e seu valor corresponde à média aritmética dos subíndices: IVS de Infraestrutura Urbana, IVS de Capital Humano e IVS de Renda e Trabalho. As informações da vulnerabilidade social que alimentaram o I_{IVS} correspondem aos dados mais atualizados do IVS presentes na plataforma do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), isto é, IVS de 2010.

Após conseguir os IVSs dos municípios alimentou-se a Equação (17) para se obter o I_{IVS} das regiões estudadas.

$$I_{IVS} = 100 - (100 \cdot IVS) \quad (Eq. 17)$$

b) Subindicador de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (I_{IDHM})

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) (usado neste estudo para calcular o I_{IDHM}) tem eixos iguais ao do IDH global, que surgiu na década de 90 pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e avalia a longevidade, a educação e a

renda da população de um município. Para atender a esse subindicador considerou-se os valores mais atualizados presentes na plataforma do PNUD, isto é, IDHM de 2010.

Por fim, é importante destacar que o IDHM é um valor que varia de 0 a 1 e quanto mais próximo de 1, melhor é o desenvolvimento do município. O presente estudo considerou os valores percentuais do IDHM das regiões estudadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos subindicadores, indicadores e do ISSA calculado para os 20 municípios da microrregião de Anápolis estão apresentados no Apêndice D, enquanto as orientações de entrada para o cálculo encontram-se no Apêndice C. A Figura 2 também mostra os resultados do ISSA para cada município, facilitando a análise comparativa.

Os resultados obtidos mostram uma variação significativa nos valores do ISSA entre os municípios da microrregião. Anápolis apresentou um ISSA de 51,80, sendo um dos maiores valores da região, assim como Inhumas (51,49) e Itauçu (57,17). Em contraste, municípios como Petrolina de Goiás (28,22), Campo Limpo de Goiás (34,17) e Heitorai (35,89) apresentaram valores mais baixos.

Figura 2 - Resultado dos Indicadores e do ISSA final dos 20 municípios da Microrregião de Anápolis

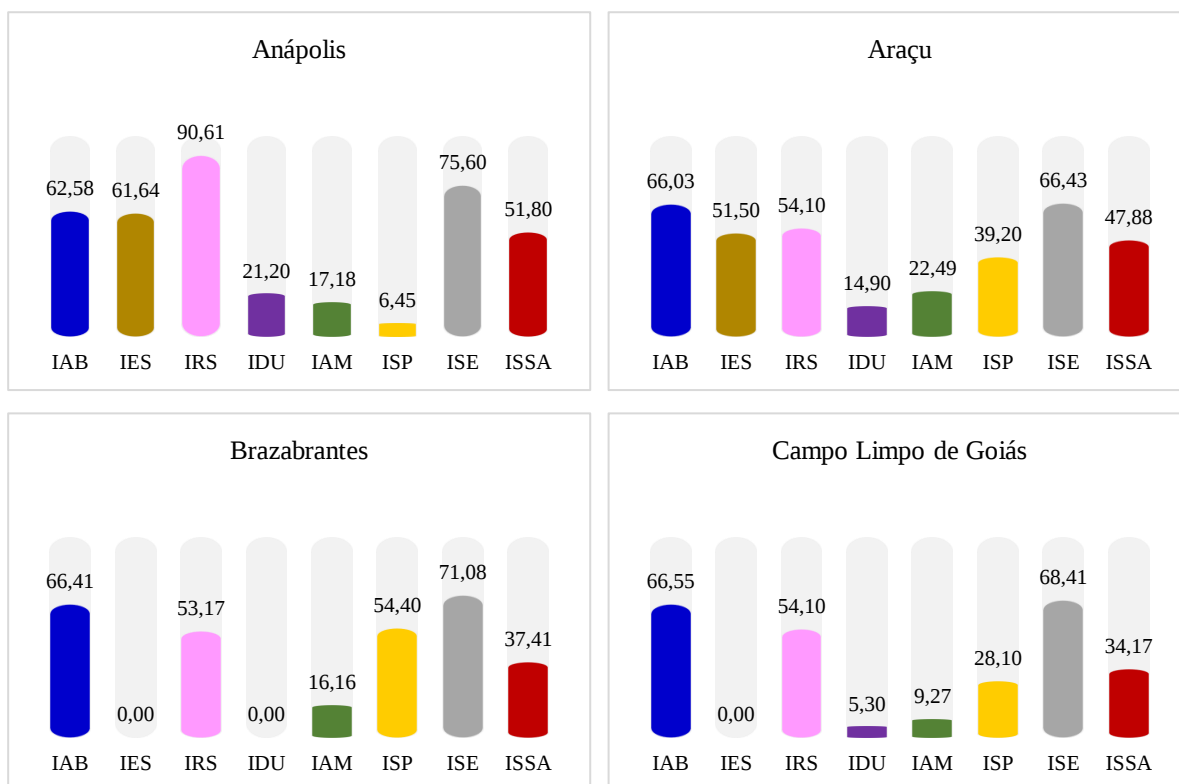


Figura 2 - Resultado dos Indicadores e do ISSA final dos 20 municípios da Microrregião de Anápolis (continuação)

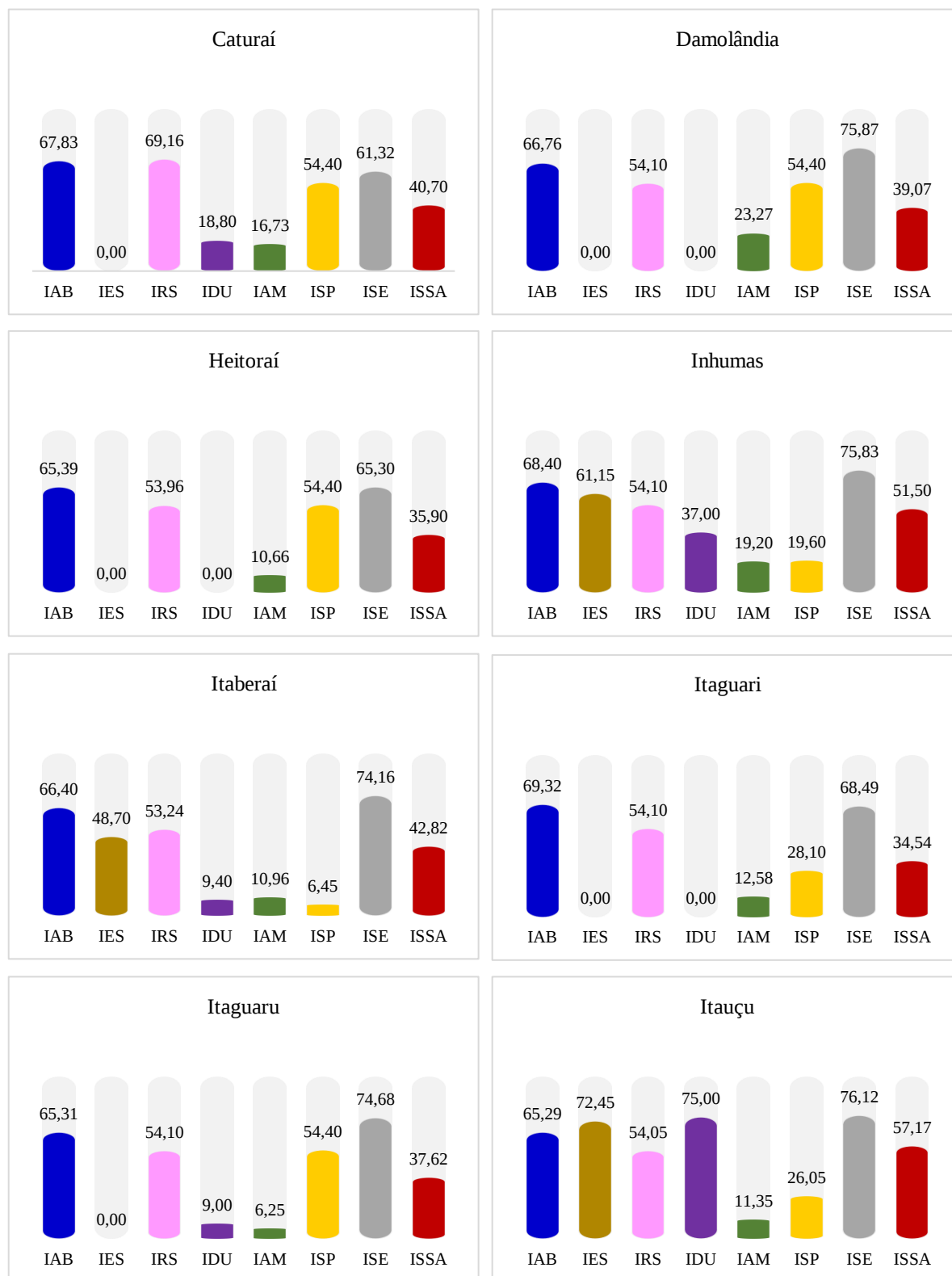
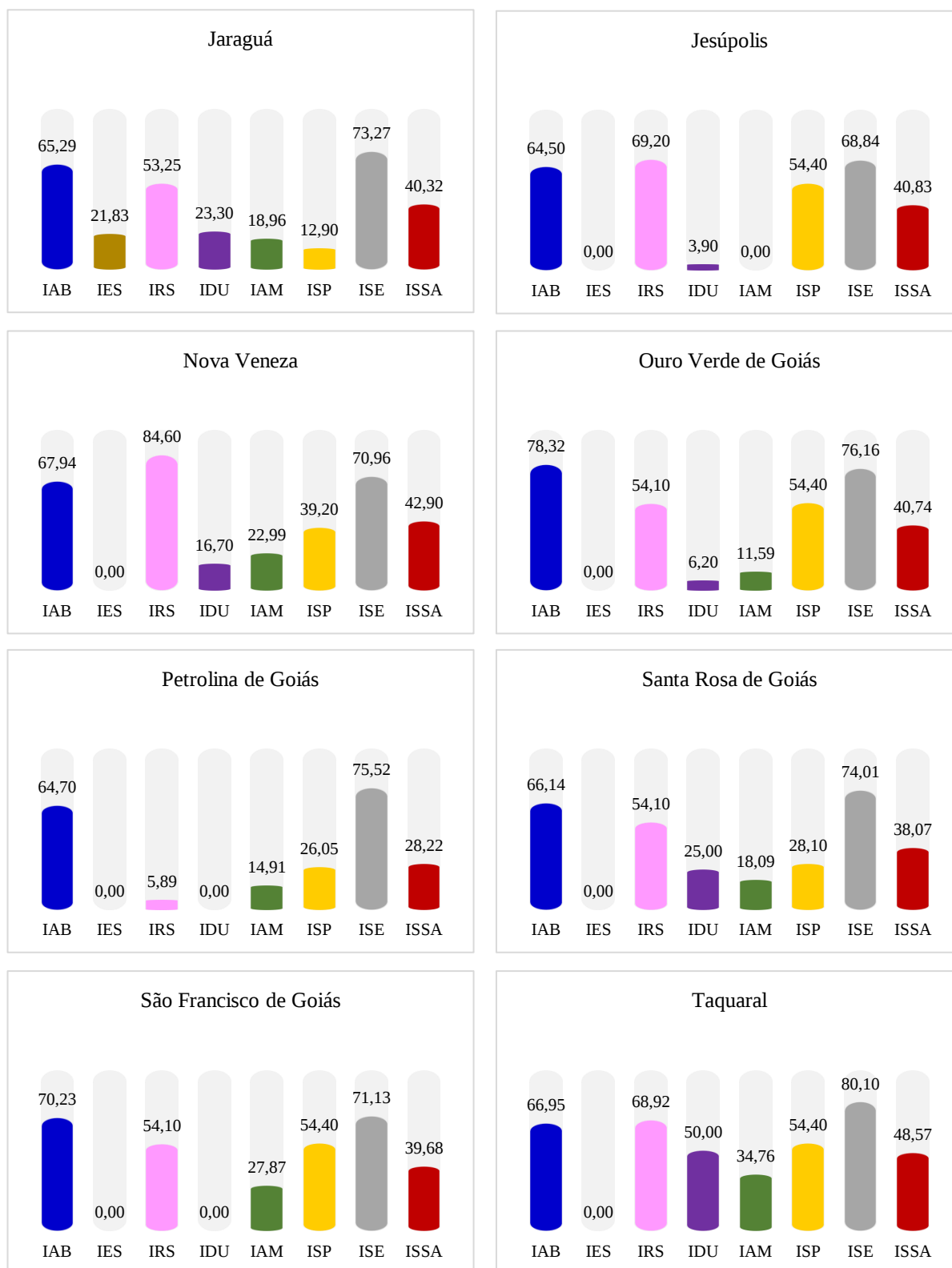


Figura 2 - Resultado dos Indicadores e do ISSA final dos 20 municípios da Microrregião de Anápolis (continuação)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

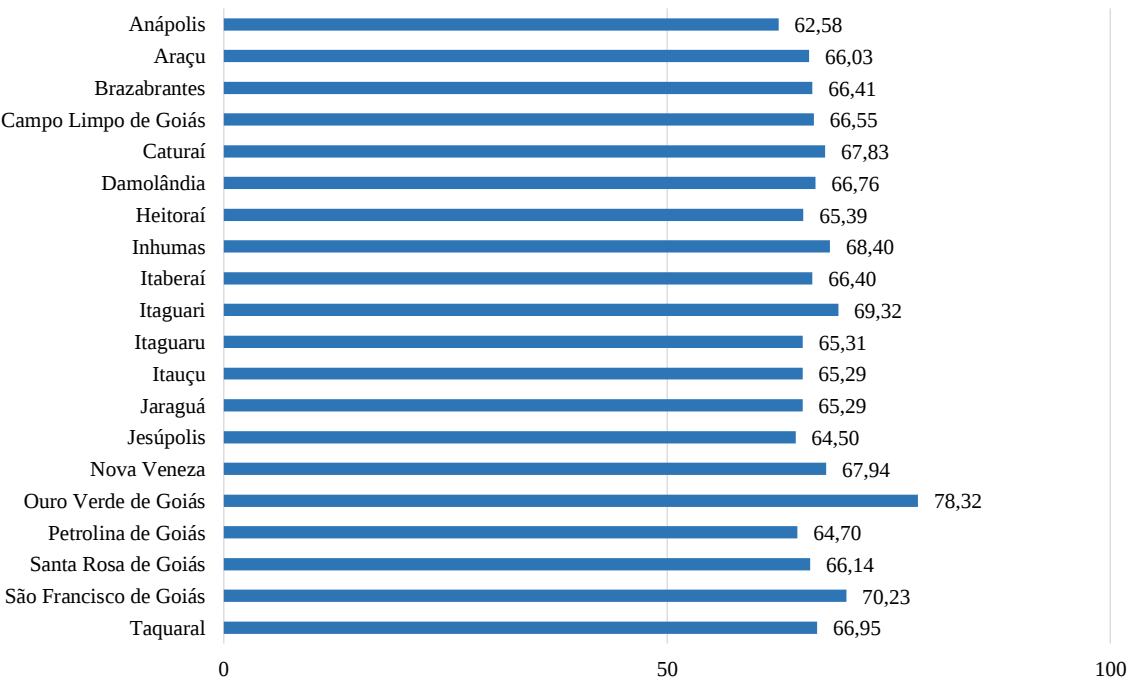
Essa variação nos valores do ISSA indica diferenças nas condições de saneamento básico e infraestrutura urbana entre os municípios da microrregião. Os valores apresentados na Figura 2 permitem observar as disparidades existentes, servindo como base para a identificação de áreas que podem beneficiar de intervenções específicas voltadas para a melhoria dos índices de salubridade.

A seguir, será realizada uma discussão sobre os resultados gerais do ISSA, buscando compreender as razões por trás das diferenças observadas e sugerindo possíveis intervenções para a melhoria dos índices de salubridade ambiental.

Indicador de Abastecimento de Água (I_{AB})

A Figura 3 apresenta os resultados do I_{AB} calculados para os municípios da microrregião de Anápolis. Observa-se uma relativa uniformidade nos índices entre os municípios, com todos apresentando valores superiores a 60 pontos. Destaca-se que Anápolis obteve a menor pontuação, enquanto Ouro Verde de Goiás alcançou o maior valor de I_{AB}.

Figura 3 - Resultados alcançados para o I_{AB} da Microrregião de Anápolis



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2024

Ao avaliar os subindicadores que compõem o I_{AB}, é possível identificar deficiências específicas que impactam diretamente no valor final do indicador. A Tabela 11 expõe os valores dos subindicadores para cada município, proporcionando uma análise mais detalhada dos fatores que influenciam o abastecimento de água.

Tabela 11 - Valores dos subindicadores para o abastecimento de água

Cidade	I _{AU}	I _{QA}	I _{SA}	I _{PD}	I _{AB}
Anápolis	99,70	63,18	4,68	61,55	62,58
Araçu	100,00	66,20	0,00	82,42	66,03
Brazabrantes	93,60	65,73	10,30	87,09	66,41
Campo Limpo de Goiás	98,00	65,31	9,00	83,75	66,55
Caturaí	100,00	66,53	17,60	75,22	67,83
Damolândia	100,00	65,20	0,00	93,18	66,76
Heitorai	100,00	66,10	0,00	77,38	65,39
Inhumas	100,00	65,84	14,27	87,24	68,40
Itaberaí	98,50	66,07	9,60	77,44	66,40
Itaguari	100,00	65,73	18,45	90,63	69,32
Itaguaru	100,00	65,78	0,00	78,16	65,31
Itauçu	100,00	66,32	0,00	75,59	65,29
Jaraguá	93,50	63,89	21,80	72,31	65,29
Jesópolis	100,00	66,32	0,00	68,78	64,50
Nova Veneza	98,40	66,67	12,85	84,12	67,94
Ouro Verde de Goiás	100,00	63,72	100,00	79,06	78,32
Petrolina de Goiás	100,00	65,77	0,00	73,03	64,70
Santa Rosa de Goiás	100,00	66,67	0,00	81,24	66,14
São Francisco de Goiás	100,00	65,45	37,05	77,36	70,23
Taquaral	100,00	65,00	14,65	78,19	66,95

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Em uma análise mais aprofundada, nota-se que 14 dos municípios estudados conseguem abastecer 100% de sua população com água potável, resultando em uma cobertura de abastecimento de 99,10% da população total da microrregião. No entanto, de acordo com o Manual Básico do ISA (CONESAN, 1999), a água distribuída só pode ser considerada de boa qualidade para consumo quando o I_{QA} atinge valores superiores a 80%. Nos municípios estudados, o I_{QA} variou entre 63,18% e 66,67%, sendo classificado como insatisfatório (Tabela 12). Esses resultados corroboram estudos anteriores que indicam que variações nos parâmetros de qualidade da água, como cloro residual e turbidez, podem ocorrer ao longo da rede de distribuição devido a interações com materiais das tubulações e estagnação da água (Jeong *et al.*, 2024).

Tabela 12 - Faixas de pontuação do Subindicador de Qualidade da Água Distribuída (I_{QA})

Faixas	Situação
$I_{QA} = 100\%$	Excelente
$I_{QA} = \text{entre } 95\% \text{ e } 99\%$	Ótima
$I_{QA} = \text{entre } 85\% \text{ e } 94\%$	Boa
$I_{QA} = \text{entre } 70\% \text{ e } 84\%$	Aceitável
$I_{QA} = \text{entre } 50\% \text{ e } 69\%$	Insatisfatória
$I_{QA} < 49\%$	Imprópria

Fonte: CONESAN, 1999

A explicação para os valores insatisfatórios pode estar na metodologia empregada, sugerindo-se que futuras análises venham a propor a substituição desse subindicador. Bega, Albertin e Oliveira (2023) discutem a importância de se desenvolver índices de qualidade da água que incorporem múltiplos parâmetros, o que poderia aprimorar a precisão da avaliação e auxiliar na gestão urbana da água.

No que diz respeito ao Subindicador de Saturação do Sistema Produtor (I_{SA}), apenas o município de Ouro Verde de Goiás atingiu a pontuação máxima de 100 pontos, indicando que o sistema de abastecimento está operando em plena capacidade. Esses resultados reforçam a necessidade de investimentos em novas infraestruturas ou na busca por fontes alternativas de captação de água, conforme evidenciado pelos dados do SNIS (2021). Tekile e Legesse (2023) também destacam a importância de melhorar a infraestrutura de abastecimento para garantir a sustentabilidade e reduzir a vulnerabilidade dos sistemas urbanos de água.

Por fim, o I_{PD} revela que Damolândia e Itaguari apresentam as menores perdas de distribuição, 6,82% e 9,37% respectivamente. Por outro lado, Anápolis registrou a maior perda, com 38,45%, destacando a importância de políticas eficazes para o controle de perdas de água e para o planejamento de estratégias que minimizem o desperdício.

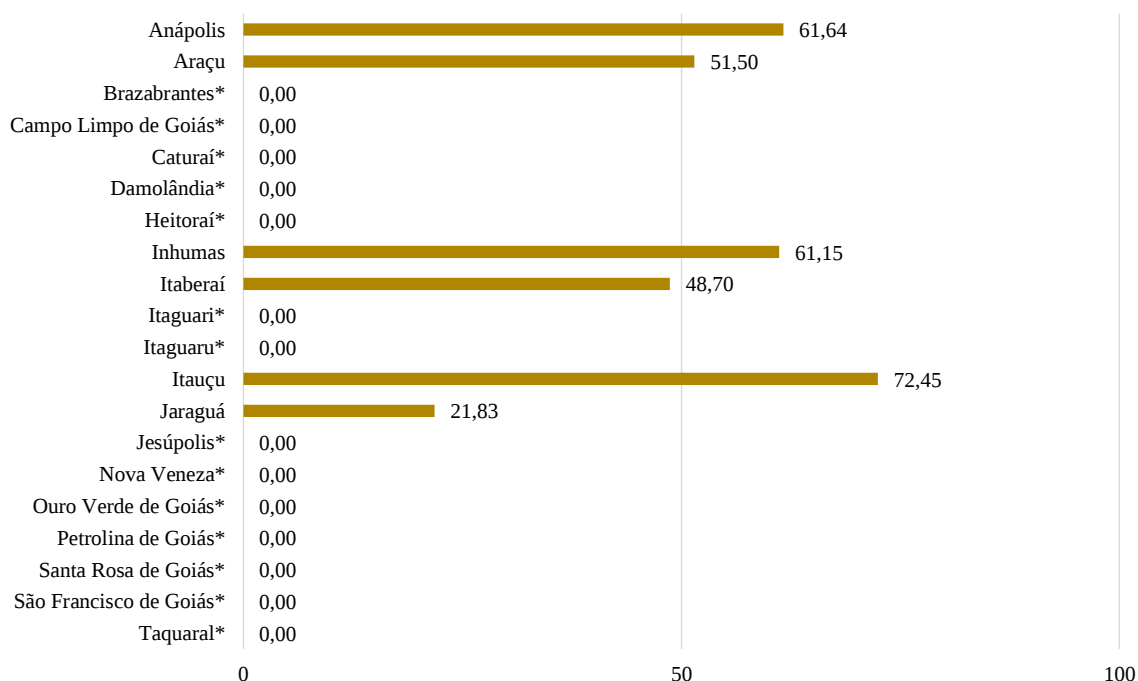
Conclui-se, portanto, que todos os municípios avaliados apresentam uma classificação de "Média Salubridade", de acordo com a Tabela de pontuação do ISSA (Tabela 3).

Indicador de Esgoto Sanitário (I_{ES})

O I_{ES} calculado para os municípios da Microrregião de Anápolis revelou uma série de deficiências, especialmente em relação à ausência de dados, conforme indicado na Figura 4. Municípios que não apresentaram informações no SNIS (2021) tiveram seus dados considerados nulos e foram sinalizados no gráfico com um asterisco. A ausência de dados foi prejudicial para a avaliação deste indicador, algo também apontado por Satterthwaite (2016) e Leal & Sampaio (2021), que destacam que a falta de informações confiáveis pode mascarar os

reais problemas de saneamento, ocultando as necessidades de investimentos e ajustes nas políticas públicas.

Figura 4 - Resultados alcançados para o I_{ES} da Microrregião de Anápolis



*Municípios sem informações disponíveis

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Andersson, Dickin e Rosemarin (2016) destacam que sistemas de esgoto incompletos ou mal geridos frequentemente aumentam o risco de contaminação da água e do solo, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas. Esse cenário se agrava ainda mais quando os dados sobre a infraestrutura de saneamento são inexistentes ou insuficientes, o que impede uma avaliação precisa das necessidades e deficiências do sistema. Molch, Simplício e Pinheiro (2019) corroboram essa visão ao sugerir que a ausência de dados em muitos municípios pode ser um indicativo de que esses serviços básicos sequer existem, exacerbando os riscos tanto para a população quanto para o meio ambiente.

Entre os municípios que forneceram dados, Jaraguá foi classificado como insalubre, enquanto Itaberaí obteve a classificação de baixa salubridade. Já Anápolis, Araçu, Inhumas e Itauçu foram classificados com média salubridade, evidenciando a necessidade de investimentos em infraestrutura de saneamento, como também apontado por Bhatkal, Mehta e Sumitra (2024), que ressaltam os desafios enfrentados pelas cidades de países de baixa e média renda para manter sistemas de saneamento adequados e eficazes.

Com o propósito de buscar uma análise mais detalhada desse indicador e observar as deficiências específicas que refletem o seu resultado, analisou-se os valores alcançados para cada subindicador (Tabela 13). Os subindicadores I_{CE} e I_{TE} apresentaram resultados alarmantes, sendo que Araçu foi o único município a atingir a pontuação máxima (100 pontos) para o I_{CE} , mas, de maneira contraditória, registrou 0 pontos para o I_{TE} , o que evidencia uma coleta de esgoto insuficiente. Essa disparidade revela a existência de um sistema de esgotamento sanitário incapaz de atender de maneira adequada às demandas locais, e sugere falhas estruturais que podem ser agravadas por eventos climáticos extremos, como chuvas intensas, aumentando os riscos de contaminação ambiental e comprometendo a saúde pública.

Tabela 13 - Valores dos subindicadores para o esgoto sanitário

Cidade	I_{CE}	I_{TE}	I_{ST}	I_{ES}
Anápolis	73,21	73,21	0,00	61,64
Araçu	100,00	0,00	0,00	51,50
Brazabrantes*	0,00	0,00	0,00	0,00
Campo Limpo de Goiás*	0,00	0,00	0,00	0,00
Caturai*	0,00	0,00	0,00	0,00
Damolândia*	0,00	0,00	0,00	0,00
Heitorai*	0,00	0,00	0,00	0,00
Inhumas	72,63	72,63	0,00	61,15
Itaberaí	57,84	57,84	0,00	48,70
Itaguari*	0,00	0,00	0,00	0,00
Itaguaru*	0,00	0,00	0,00	0,00
Itauçu	86,04	86,04	0,00	72,45
Jaraguá	25,93	25,93	0,00	21,83
Jesópolis*	0,00	0,00	0,00	0,00
Nova Veneza*	0,00	0,00	0,00	0,00
Ouro Verde de Goiás*	0,00	0,00	0,00	0,00
Petrolina de Goiás*	0,00	0,00	0,00	0,00
Santa Rosa de Goiás*	0,00	0,00	0,00	0,00
São Francisco de Goiás*	0,00	0,00	0,00	0,00
Taquaral*	0,00	0,00	0,00	0,00

* Municípios sem informações disponíveis

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

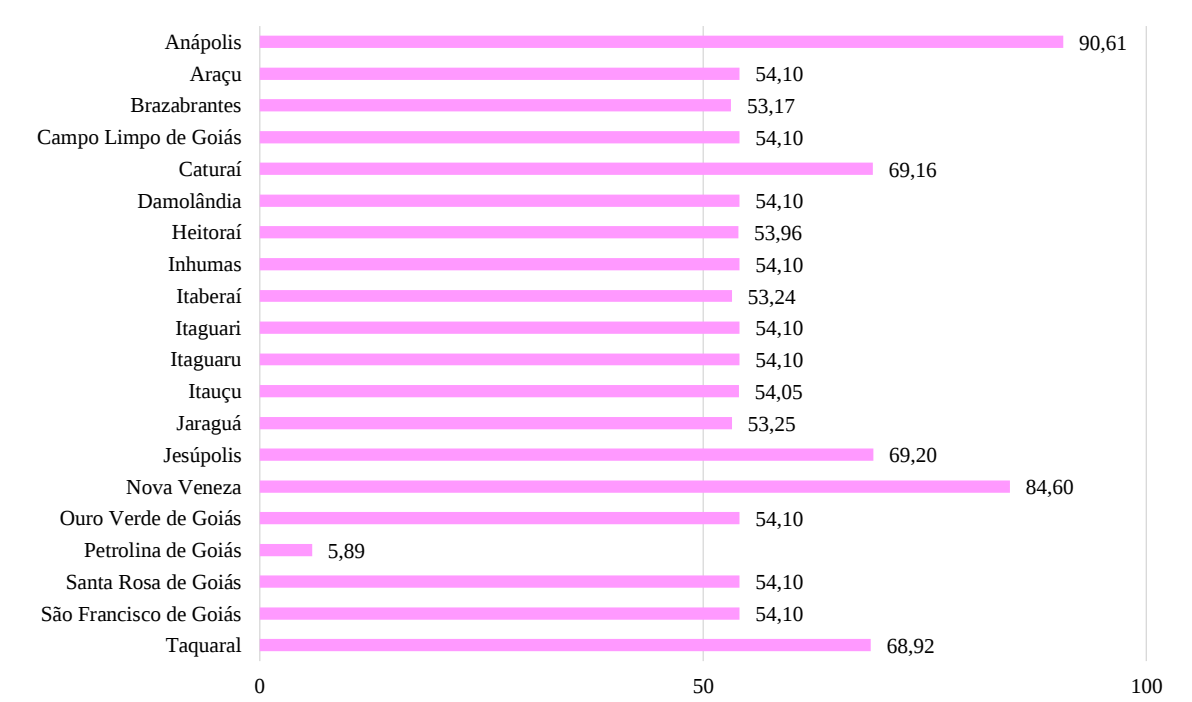
A deficiência na coleta de esgoto em Goiás parece ser um problema crônico, como também sugerido por Aravéchia Júnior (2010). Além disso, os valores do I_{ST} indicam que nenhum dos municípios analisados é capaz de tratar adequadamente o esgoto coletado, o que

reforça a necessidade urgente de melhorias. Portanto, todos os municípios da microrregião precisam de investimentos significativos para melhorar os indicadores de saúde pública e garantir a proteção ao meio ambiente.

Indicador de Resíduos Sólidos (Irs)

A análise do I_{RS} revelou um aspecto crucial para a avaliação da salubridade e saúde ambiental da microrregião de Anápolis, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Resultados alcançados para o I_{RS} da Microrregião de Anápolis



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

O I_{RS}, sendo o terceiro indicador mais relevante no ISSA, apresentou um desempenho notável nas análises, com 85% dos municípios (17 de 20) classificados com média salubridade, enquanto apenas Petrolina de Goiás foi considerada insalubre. Por outro lado, Anápolis e Nova Veneza foram os únicos municípios a alcançarem a classificação de salubridade. Para permitir uma avaliação mais detalhada, a Tabela 14 foi construída, exibindo os valores específicos de cada subindicador.

Tabela 14 - Valores dos subindicadores para os resíduos sólidos

Cidade	ICR	ITD	ICS	Irs
Anápolis	97,58	100,00	46,46	90,61
Araçu	100,00	0,00	0,00*	54,10

Continuação da Tabela 14

Brazabrantes	98,28	0,00	0,00*	53,17
Campo Limpo de Goiás	100,00	0,00	0,00*	54,10
Caturai	99,38	50,00	0,00*	69,16
Damolândia	100,00	0,00	0,00*	54,10
Heitorai	99,75	0,00	0,00*	53,96
Inhumas	100,00	0,00	0,00*	54,10
Itaberaí	98,41	0,00	0,00*	53,24
Itaguari	100,00	0,00	0,00*	54,10
Itaguaru	100,00	0,00	0,00*	54,10
Itauçu	99,91	0,00	0,00*	54,05
Jaraguá	98,43	0,00	0,00*	53,25
Jesópolis	100,00	0,00	100,00	69,20
Nova Veneza	100,00	50,00	100,00	84,60
Ouro Verde de Goiás	100,00	0,00	0,00*	54,10
Petrolina de Goiás	10,89	0,00	0,00*	5,89
Santa Rosa de Goiás	100,00	0,00	0,00*	54,10
São Francisco de Goiás	100,00	0,00	0,00*	54,10
Taquaral	100,00	0,00	98,14	68,92

* Municípios sem informações disponíveis

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

A análise dos subindicadores evidenciou que Petrolina de Goiás obteve apenas 5,89 pontos no ICR, o que representa um valor preocupante e bem abaixo dos demais municípios estudados, reforçando a necessidade urgente de melhorias no manejo de resíduos sólidos. Esse dado é especialmente relevante, uma vez que o destino inadequado e o manejo impróprio dos resíduos sólidos urbanos têm um impacto negativo direto na salubridade ambiental e na qualidade de vida da população, como discutido por Abubakar *et al.* (2022); Alfaia; Costa; Campos, (2017), que destacam a urgência de políticas de gestão de resíduos sólidos alinhadas aos princípios da sustentabilidade. Não obstante, os municípios que não alcançaram valor máximo para o ICR devem buscar a melhoria do serviço de resíduos sólidos urbanos para alinharem-se aos objetivos da preservação do meio ambiente, contidas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Marchi, 2011).

Por outro lado, é importante notar que, enquanto Anápolis conta com um aterro sanitário, apenas Caturai, Nova Veneza e Petrolina de Goiás possuem aterros sanitários controlados. A maioria dos municípios (80%) apresentou o valor mínimo para o ITD, o que indica que seus resíduos sólidos são dispostos em lixões, situação que é apontada por Alfaia, Costa e Campos (2017) como um grave problema no Brasil, onde grande parte dos resíduos ainda é destinada inadequadamente. A realidade em Inhumas, que já contou com um aterro

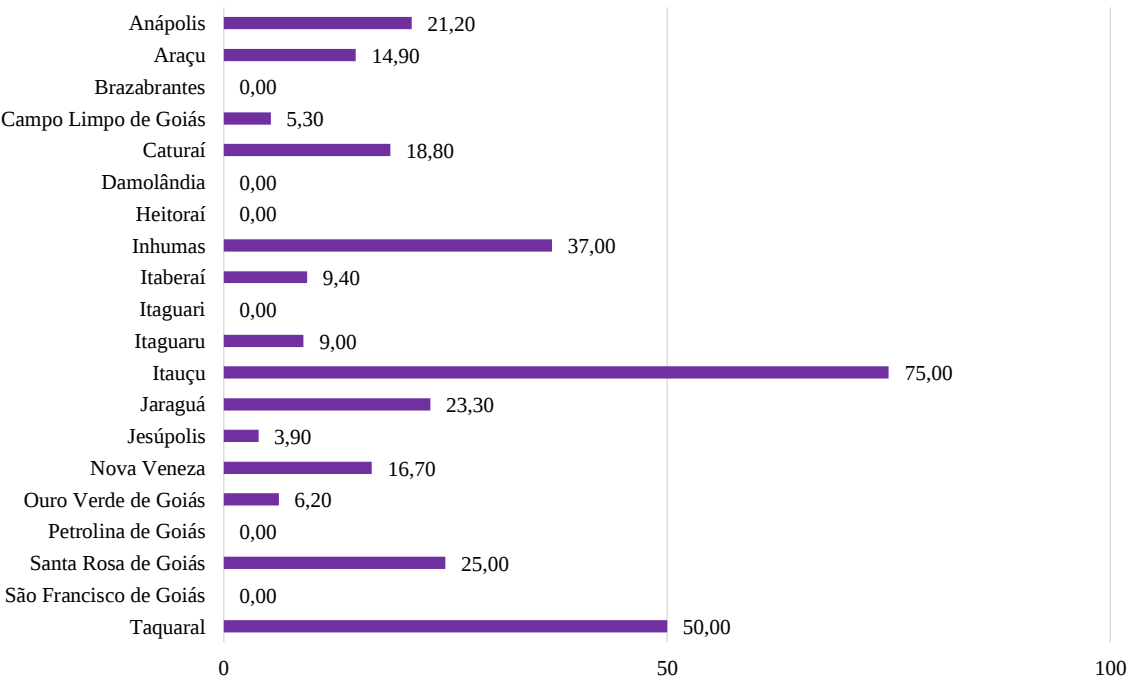
controlado, mas atualmente utiliza um lixão devido à saturação de sua capacidade (Mendonça; Zang; Zang, 2017), reflete um cenário que também é evidenciado em estudos recentes sobre o estado de Goiás, onde 79% dos municípios ainda fazem uso de lixões (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD, 2024)

No que diz respeito ao Ics, apenas quatro municípios forneceram dados para o SNIS (2021), com Anápolis apresentando um valor abaixo do esperado. A coleta seletiva, como destacado por Abubakar *et al.* (2022) e Bezerra & Borba (2019), é crucial para o desenvolvimento sustentável, pois, além de prevenir a propagação de doenças, reduz significativamente o volume de resíduos enviados aos aterros sanitários, aumentando sua vida útil e mitigando os impactos ambientais.

Indicador de Drenagem Urbana (IDU)

Os resultados relacionados ao IDU, calculados a partir dos dados da Tabela 02 do Apêndice D, podem ser observados na Figura 6. Esses resultados refletem a condição da infraestrutura de drenagem urbana nos municípios da Microrregião de Anápolis, permitindo uma avaliação detalhada do percentual de vias públicas urbanas equipadas com tubulações e canais pluviais subterrâneos.

Figura 6 - Resultados alcançados para o IDU da Microrregião de Anápolis



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2024

O I_{DU} foi calculado com base nos dados disponibilizados pelo SNIS (cód. IN021 – Indicadores de Águas Pluviais), que avaliam o percentual das vias públicas urbanas do município com a presença de tubulações e canais pluviais subterrâneos (Rezende, 2021). Os resultados mostram que a microrregião de Anápolis é amplamente desprovida desse serviço público. Com exceção de Itauçu, que alcançou 75 pontos, os demais municípios ou não pontuaram ou tiveram valores próximos ao mínimo.

A falta de infraestrutura adequada para drenagem urbana é uma das principais causas de enchentes e alagamentos nas áreas urbanas, que por sua vez, podem gerar impactos diretos e indiretos sobre a saúde da população (Caldeira; Lima, 2020). Esses eventos podem desencadear a propagação de diversas doenças, como leptospirose e diarreias agudas, uma vez que o contato com águas contaminadas durante enchentes é comum em áreas sem drenagem eficiente (Gracie; Xavier; Medronho, 2021).

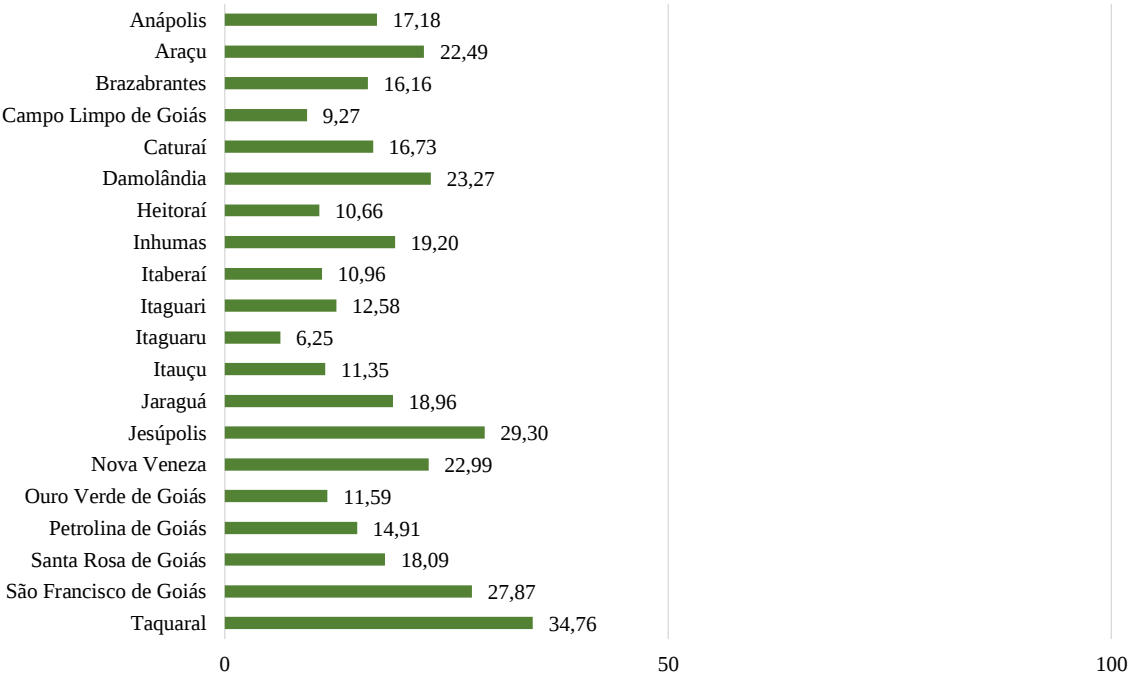
É importante enfatizar que o I_{DU} avalia apenas a existência de infraestrutura de drenagem e não a eficiência dos serviços prestados. A sua função é medir o percentual de vias públicas urbanas dotadas de canais ou redes de drenagem pluvial subterrâneas, sem considerar aspectos como capacidade de escoamento ou manutenção adequada (Rezende, 2021).

Diante dos dados apresentados, é evidente que há uma necessidade urgente de revisão dos projetos de infraestrutura e das prioridades dos gestores públicos. Investir em drenagem urbana não é apenas uma questão de saneamento básico, mas também uma forma eficaz de prevenir doenças e promover a saúde pública, conforme também ressaltado por (Abubakar *et al.*, 2022), que defendem que a infraestrutura de drenagem adequada é essencial para mitigar os impactos das mudanças climáticas nas áreas urbanas.

Indicador Ambiental (I_{AM})

Os resultados obtidos para o I_{AM} (Figura 7) refletem a condição ambiental dos municípios da Microrregião de Anápolis. A análise partiu de dados primários e teve seu detalhamento metodológico discorrido no Capítulo 3; os testes mostraram que 85% dos municípios alcançaram pontuações inferiores a 25,50 pontos, classificando-os como insalubres em termos de qualidade ambiental.

Figura 7 - Resultados alcançados para o I_{AM} da Microrregião de Anápolis



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Para aprofundar o estudo do I_{AM}, foi realizada uma avaliação detalhada dos subindicadores que o compõem, possibilitando uma visão mais clara dos fatores específicos que influenciam a qualidade ambiental nos municípios estudados. A Tabela 15 a seguir apresenta os valores individuais do Índice de Área Verde (I_{AV}) e do Índice de Cobertura Vegetal (I_{CV}), que juntos formam a base para o cálculo do I_{AM} e que permitiu identificar as áreas que demandam maior atenção por parte das políticas públicas.

Tabela 15 - Valores dos subindicadores para o indicador ambiental

Cidade	I _{AV}	I _{CV}	I _{AM}
Anápolis	0,00	21,61	17,18
Araçu	0,00	28,29	22,49
Brazabranes	0,00	20,33	16,16
Campo Limpo de Goiás	0,00	11,66	9,27
Caturai	0,00	21,04	16,73
Damolândia	0,00	29,27	23,27
Heitorai	0,00	13,41	10,66
Inhumas	0,00	24,15	19,20
Itaberaí	0,00	13,79	10,96
Itaguari	0,00	15,82	12,58
Itaguaru	0,00	7,86	6,25
Itauçu	0,00	14,28	11,35

Continuação da Tabela 15

Jaraguá	0,00	23,85	18,96
Jesúpolis	50,00	23,96	29,30
Nova Veneza	50,00	16,02	22,99
Ouro Verde de Goiás	0,00	14,58	11,59
Petrolina de Goiás	0,00	18,76	14,91
Santa Rosa de Goiás	0,00	22,76	18,09
São Francisco de Goiás	0,00	35,06	27,87
Taquaral	100,00	17,94	34,76

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

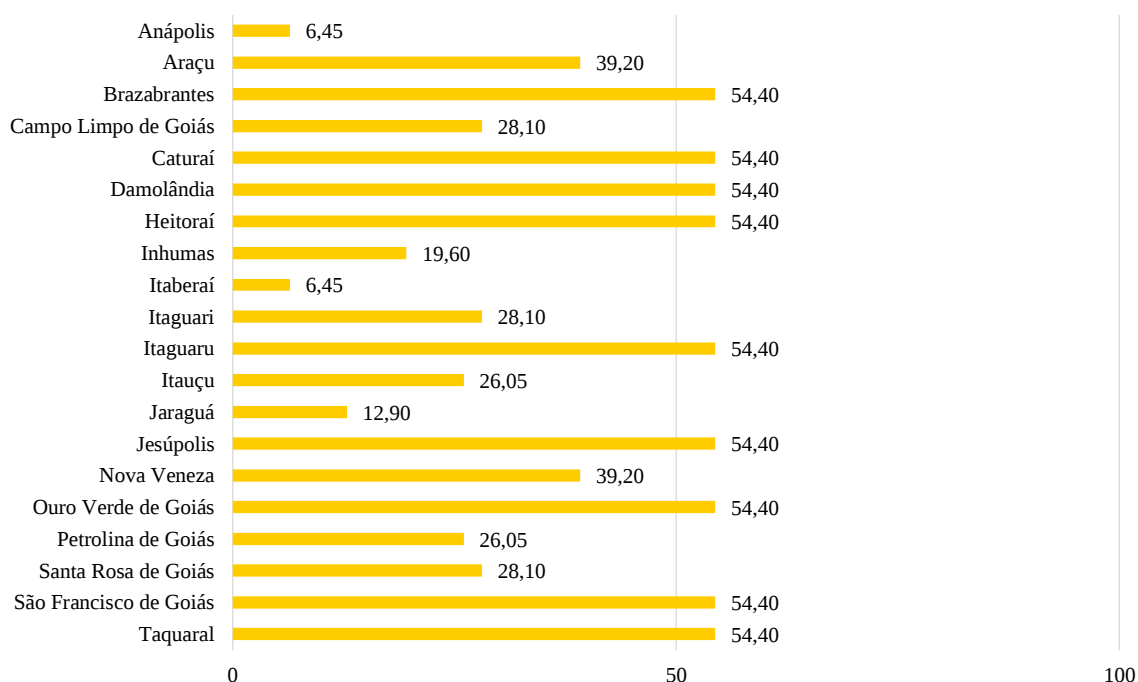
O primeiro subindicador, o I_{AV} (Índice de Área Verde), foi projetado para avaliar a presença de áreas verdes públicas nas zonas urbanas ligadas ao uso direto pela população e com funcionalidades estéticas, ecológicas e de lazer (Almeida, 2021; Souza; Amorim, 2019). O estudo revelou que 85% dos municípios não pontuaram nesse subindicador, resultado corroborado por Shibasaki (2022), que constatou valores igualmente baixos para o I_{AV} em diversas regiões do estado de São Paulo, incluindo a UGRHI 12, na Bacia Hidrográfica do Baixo Pardo/Grande.

Em relação ao segundo subindicador, o I_{CV} (Índice de Cobertura Vegetal), os valores foram calculados com base no Percentual de Cobertura Vegetal (PCV), como descrito no capítulo 3. Embora o valor médio do I_{CV} tenha sido superior ao observado no estudo de Shibasaki (2022), há ainda margem para melhorias. A presença de espaços verdes interurbanos, além de reduzir as ilhas de calor, traz múltiplos benefícios à saúde coletiva e melhora significativamente a qualidade de vida da população (Almeida, 2021).

Os resultados do I_{AM} sugerem a necessidade de priorização e investimento em áreas verdes e coberturas vegetais, uma vez que esses fatores são essenciais para o desenvolvimento urbano sustentável e a promoção da saúde pública, como apontado por (Abubakar *et al.*, 2022), que discutem o papel fundamental das áreas verdes na mitigação dos impactos ambientais em áreas urbanas.

Indicador de Saúde Pública (I_{SP})

Outro resultado relevante para a avaliação do ISSA da microrregião de Anápolis é o I_{SP} , conforme ilustrado na Figura 8. Este indicador tem como objetivo mostrar a incidência de doenças relacionadas à ausência ou insuficiência de saneamento básico. Dessa forma, um valor baixo do I_{SP} evidencia a carência de planejamento municipal na prevenção de doenças transmitidas por vetores ou pelo contato com águas de enchentes.

Figura 8 - Resultados alcançados para o I_{SP} da Microrregião de Anápolis

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Os resultados indicam que nenhum dos municípios da microrregião obteve um valor satisfatório para o I_{SP}. No entanto, os quatro maiores municípios – Anápolis, Inhumas, Itaberaí e Jaraguá – destacaram-se pelos menores valores. Isso é particularmente notável nos casos de Anápolis e Itaberaí, cujos indicadores estão muito próximos do mínimo permitido. Esse comportamento é corroborado por estudos, como o de Alvares (2020), que também identificou valores baixos para o controle de vetores nos municípios mais populosos, ressaltando a necessidade de ações direcionadas ao saneamento básico nessas regiões.

Para uma melhor compreensão dos valores de I_{SP} de cada município, foi elaborada a Tabela 16, que apresenta os subindicadores que compõe o Indicador de Saúde Pública. A análise dessa tabela revela que a principal justificativa para o baixo desempenho dos municípios no I_{SP} é o subindicador de dengue. Em 2022, todos os municípios apresentaram casos de dengue, e 40% das regiões estudadas registraram casos de dengue hemorrágica, o que reforça a necessidade de investimentos no controle de vetores pelos gestores públicos. Por outro lado, o subindicador I_{ES} mostrou-se bastante controlado na microrregião, com apenas três casos registrados nos últimos cinco anos. Já o I_{LP} ocupou uma posição intermediária, com 11 casos registrados no mesmo período, sendo Anápolis o município mais afetado, com cinco ocorrências.

Tabela 16 - Valores dos subindicadores para o indicador de saúde pública

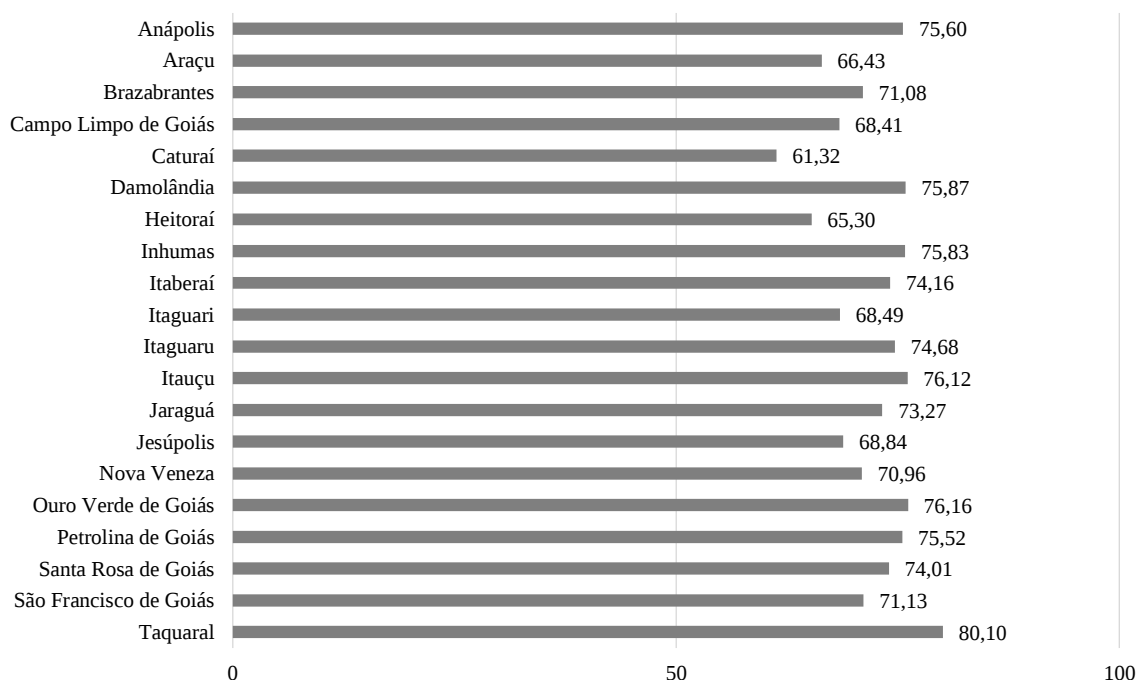
Cidade	I _{DE}	I _{ES}	I _{LP}	I _{SP}
Anápolis	0,00	50,00	0,00	6,45
Araçu	0,00	100,00	100,00	39,20
Brazabrantes	25,00	100,00	100,00	54,40
Campo Limpo de Goiás	25,00	100,00	0,00	28,10
Caturai	25,00	100,00	100,00	54,40
Damolândia	25,00	100,00	100,00	54,40
Heitorai	25,00	100,00	100,00	54,40
Inhumas	0,00	50,00	50,00	19,60
Itaberaí	0,00	50,00	0,00	6,45
Itaguari	25,00	100,00	0,00	28,10
Itaguaru	25,00	100,00	100,00	54,40
Itauçu	0,00	100,00	50,00	26,05
Jaraguá	0,00	100,00	0,00	12,90
Jesópolis	25,00	100,00	100,00	54,40
Nova Veneza	0,00	100,00	100,00	39,20
Ouro Verde de Goiás	25,00	100,00	100,00	54,40
Petrolina de Goiás	0,00	100,00	50,00	26,05
Santa Rosa de Goiás	25,00	100,00	0,00	28,10
São Francisco de Goiás	25,00	100,00	100,00	54,40
Taquaral	25,00	100,00	100,00	54,40

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Em suma, como já afirmado por Silva *et al.* (2017), Dall’Agnol (2020) e Silva *et al.* (2022), os casos positivos dessas doenças estão relacionados com a ausência ou com a situação precária do saneamento básico nas regiões estudadas, requerendo, dessa maneira, atenção por parte do poder público.

Indicador Socioeconômico (I_{SE})

A Figura 9 apresenta os resultados do I_{SE} calculados para os municípios pertencentes à Microrregião de Anápolis. Acerca dessa figura, verifica-se que o indicador possui uma baixa variação de valores entre os municípios, o que significa que as regiões mantêm valores para o I_{SE} muito próximos entre si. Todos os municípios estudados apresentaram I_{SE} variando entre 61,32 e 80,10.

Figura 9 - Resultados alcançados para o I_{SE} da Microrregião de Anápolis

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Com o intuito de entender melhor os resultados da Figura 9, foi elaborada a Tabela 17, que apresenta os valores dos subindicadores que compõem o I_{SE}. A análise dessa tabela revela que o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (I_{IDHM}) da região estudada é de 0,699, valor superior à média municipal nacional (0,659). O I_{IDHM}, conforme descrito na metodologia, é composto por eixos semelhantes ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) global. Um dos destaques dessa análise é o eixo de longevidade, que apresentou média de 0,829, sinalizando uma esperança de vida ao nascer elevada e uma baixa taxa de mortalidade infantil na região.

Tabela 17 - Valores dos subindicadores para o indicador socioeconômico

Cidade	I _{IDHM}	I _{IVS}	I _{SE}
Anápolis	73,70	76,03	75,60
Araçu	69,30	65,78	66,43
Brazabranes	70,10	71,30	71,08
Campo Limpo de Goiás	66,10	68,93	68,41
Caturai	66,40	60,17	61,32
Damolândia	69,70	77,27	75,87
Heitorai	69,40	64,37	65,30
Inhumas	72,00	76,70	75,83
Itaberaí	71,90	74,67	74,16
Itaguari	69,30	68,30	68,49

Continuação da Tabela 17

Itaguaru	71,80	75,33	74,68
Itauçu	71,80	77,10	76,12
Jaraguá	69,90	74,03	73,27
Jesúpolis	64,90	69,73	68,84
Nova Veneza	71,80	70,77	70,96
Ouro Verde de Goiás	71,90	77,13	76,16
Petrolina de Goiás	71,20	76,50	75,52
Santa Rosa de Goiás	70,10	74,90	74,01
São Francisco de Goiás	65,10	72,50	71,13
Taquaral	71,60	82,03	80,10

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Além disso, a penúltima coluna da Tabela 17 apresenta os valores do Índice de Vulnerabilidade Social (I_{VS}) dos municípios. De acordo com a classificação do Atlas de Vulnerabilidade dos Municípios Brasileiros (IPEA, 2015), observa-se que apenas o município de Taquaral foi classificado com uma vulnerabilidade "muito baixa". Entretanto, Caturai está próximo de ser classificado como "alta" vulnerabilidade, embora atualmente se enquadre na faixa "média". Já Araçu, Campo Limpo de Goiás, Heitorai, Itaguari e Jesúpolis também foram classificados com vulnerabilidade "média", enquanto os demais municípios foram classificados com vulnerabilidade "baixa".

Apesar das diferentes abordagens sobre vulnerabilidade social, este trabalho entende que o I_{VS} reflete se a população do município está à margem da sociedade, ou seja, se a região apresenta pessoas ou famílias em processo de exclusão social, especialmente por fatores socioeconômicos (Costa, 2017; Scott *et al.*, 2018).

CONCLUSÃO

A adoção do ISSA neste estudo proporcionou uma análise mais abrangente e atualizada das condições de saneamento e saúde ambiental na microrregião de Anápolis. Enquanto o ISA tem sido amplamente utilizado para medir a salubridade ambiental, o ISSA se destaca por incluir novos indicadores que refletem melhor os desafios contemporâneos, como a vulnerabilidade social e aspectos mais detalhados do abastecimento de água, tratamento de esgotos e manejo de resíduos sólidos.

Apesar de o ISSA oferecer uma abordagem mais detalhada e abrangente, sua aplicação também apresenta desafios, como a necessidade de dados mais complexos e atualizados, o que pode limitar sua utilização em municípios com infraestrutura de dados deficiente. Nesse

sentido, o ISA continua sendo uma opção prática e comparável ao longo do tempo, especialmente quando se trata de análises históricas e entre municípios.

Por fim, os resultados deste estudo indicam que o ISSA fornece uma visão mais detalhada das vulnerabilidades específicas, permitindo a identificação de áreas prioritárias para intervenções públicas. A análise realizada aponta para a necessidade urgente de melhorias nos municípios com maiores déficits de saneamento, particularmente no manejo de resíduos e drenagem, para mitigar os riscos à saúde pública. Dessa forma, o ISSA se apresenta como uma ferramenta relevante para o planejamento estratégico e para o direcionamento de investimentos, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a melhoria das condições de saúde nas regiões avaliadas.

REFERÊNCIAS

- ABUBAKAR, I. R.; MANIRUZZAMAN, K. M.; DANO, U. L.; ALSHIHRI, F. S.; ALSHAMMARI, M. S.; AHMED, S. M. S.; AL-GEHLANI, W. A. G.; ALRAWAF, T. I. Environmental Sustainability Impacts of Solid Waste Management Practices in the Global South. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, vol. 19, nº 12717, 1 out. 2022. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912717>.
- ADEDEJI, I. Nigerian Urbanization and the Significance of Affordable Housing. **Journal of Service Science and Management**, vol. 16, nº 03, p. 351–368, 2023. <https://doi.org/10.4236/jssm.2023.163020>.
- ALFAIA, R. G. S. M.; COSTA, A. M.; CAMPOS, J. C. Municipal solid waste in Brazil: A review. **Waste Management and Research**, vol. 35, nº 12, p. 1195–1209, 1 dez. 2017. <https://doi.org/10.1177/0734242X17735375>.
- ALMEIDA, J. R. Gestão de áreas verdes e sustentabilidade: estudo de caso a partir dos indicadores de qualidade ambiental urbana. **Paisagem e Ambiente**, vol. 32, nº 48, 6 out. 2021. <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.paam.2021.183164>.
- ALVARES, M. E. G. **Avaliação da salubridade ambiental como fator de contribuição à gestão de resíduos sólidos urbanos. Estudo de caso: Bacia Hidrográfica Baixo Pardo/Grande (SP)**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/13746>. Acesso em: 19 out. 2023.
- ANDERSSON, K.; DICKIN, S.; ROSEMARIN, A. Towards “sustainable” sanitation: Challenges and opportunities in urban areas. **Sustainability (Switzerland)**, vol. 8, nº 1289, 2016. <https://doi.org/10.3390/su8121289>.
- ANTHONJ, C.; SETTY, K. E.; EZBAKHE, F.; MANGA, M.; HOESER, C. A systematic review of water, sanitation and hygiene among Roma communities in Europe: Situation analysis, cultural context, and obstacles to improvement. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, vol. 226, 1 maio 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113506>.
- APATA, T. G.; OGUNJIMI, S. I.; OKANLAWON, M. M.; BAMIGBOYE, O.; ADARA, C.; EGBUNONU, C. Growing-city pollution and sanitation: Causality and evidence from major cities of southwestern Nigeria. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, vol. 11, 2019. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180189>.
- ARAVÉCHIA JÚNIOR, J. C. **Indicador de salubridade ambiental (ISA) para a Região Centro-Oeste: um estudo de caso no Estado de Goiás**. 2010. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <https://bdtd.ucb.br:8443/jspui/handle/123456789/1597>. Acesso em: 19 out. 2023.
- BEGA, J. M. M.; ALBERTIN, L. L.; OLIVEIRA, J. N. Development of water quality index as a tool for urban water resources management. **Environmental Science and Pollution Research**, vol. 30, p. 18588–18600, 1 fev. 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23513-8>.

BEZERRA, J. P.; BORBA, G. S. Benefícios da aplicação da coleta seletiva e reciclagem: uma revisão de publicações recentes. nov. 2019. **X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental** [...]. Fortaleza, CE: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, nov. 2019. p. 1–7. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/65307>. Acesso em: 27 dez. 2023.

BHATKAL, T.; MEHTA, L.; SUMITRA, R. Neglected second and third generation challenges of urban sanitation: A review of the marginality and exclusion dimensions of safely managed sanitation. **PLOS Water**, vol. 3, nº 6, 14 jun. 2024. <https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000252>.

BRAGA, D. L. **Construção e aplicação de índice de salubridade ambiental em aglomerados rurais**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2021. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/12117>. Acesso em: 27 dez. 2023.

BRAGA, D. L.; BEZERRA, N. R.; SCALIZE, P. S. Proposição e aplicação de um índice de salubridade ambiental em aglomerados rurais. **Revista de Saúde Pública**, vol. 56, nº 44, 2022. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2022056003548>.

BRAGA, D. L.; SANTOS, S. L. D. X.; BEZERRA, N. R.; BERNARDINO, T. E. S.; MORAES, L. R. S.; MORAES, V.; PIZA, F. J. T.; TEIXEIRA, D. A.; SCALIZE, P. S. Salubridade ambiental: conceituação e aplicabilidade. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 27, nº 3, p. 457–464, 2022. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220210294>.

CALDEIRA, L. A. C.; LIMA, D. P. Drenagem urbana: uma revisão de literatura. **Engineering Sciences**, vol. 8, nº 2, p. 1–9, 1 jun. 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2020.002.0001>.

CONESAN. **Conselho Estadual de Saneamento do Estado de São Paulo**. Manual Básico do ISA. [S. l.]: Indicador de Salubridade Ambiental, 1999.

COSTA, S. G. F. **Saneamento Básico e Salubridade Ambiental em Cidades do Litoral do Estado da Paraíba**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/12837>. Acesso em: 8 nov. 2023.

DALL’AGNOL, A. L. B. **Panorama da prevalência de doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado no Rio Grande do Sul e sua correlação com indicadores de saneamento**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2020. Disponível em: <https://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/7521>. Acesso em: 8 nov. 2023.

DUARTE, A. D.; BEZERRA, S. T. M.; GONÇALVES, E. A. P. Environmental health indicator for the evaluation of neighborhoods in urban areas: a case study in Caruaru (PE), Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, vol. 56, nº 1, p. 166–179, 2021. <https://doi.org/10.5327/Z21769478750>.

GRACIE, R.; XAVIER, D. R.; MEDRONHO, R. Inundações e leptospirose nos municípios brasileiros no período de 2003 a 2013: utilização de técnicas de mineração de dados. **Cadernos de Saúde Pública**, vol. 37, nº 5, 2021. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00100119>.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Atlas da Vulnerabilidade Social nos Municípios Brasileiros**. Brasília, DF: IPEA, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/4381>. Acesso em: 19 out. 2023.

JEONG, E.; HWANG, K.-Y.; LEE, S.; JUNG, K.; KIM, H. Assessment and Variation of Water Quality in Urban Distribution Networks: From Reservoir to Faucet. **Engineering Proceedings**, Basel Switzerland, vol. 69, nº 61, 3 set. 2024. <https://doi.org/10.3390/engproc2024069061>.

LEAL, T. L. M. C.; SAMPAIO, R. J. Gestão dos resíduos sólidos: o caso do consórcio de desenvolvimento sustentável do alto sertão na Bahia. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, vol. 13, 29 jan. 2021. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20180123>.

LIMA, A. S. C.; ARRUDA, P. N.; SCALIZE, P. S. Indicador de salubridade ambiental em 21 municípios do estado de Goiás com serviços públicos de saneamento básico operados pelas prefeituras. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 24, nº 3, p. 439–452, 1 maio 2019. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019188336>.

MARCHI, C. M. D. F. Cenário mundial dos resíduos sólidos e o comportamento corporativo brasileiro frente à logística reversa. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, vol. 01, nº 02, p. 118–135, 2011. Disponível em: <http://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/pgc>. Acesso em: 19 out. 2023.

MENDONÇA, D. S. M.; ZANG, J. W.; ZANG, W. A. F. Efeitos e danos ambientais da disposição de resíduos sólidos na área do lixão e aterro controlado no município de Inhumas-GO. **Caderno de Geografia**, vol. 27, nº 50, p. 486, 3 ago. 2017. <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2017v27n50p486>.

MOLCH, C. O.; SIMPLÍCIO, L. C.; PINHEIRO, A. S. F. Aspecto do saneamento básico do baixo amazonas. **Desarrollo Local Sostenible - DELOS**, vol. 12, nº 35, 2019. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/613>. Acesso em: 19 out. 2023.

PAIVA, A. C.Q.; CARVALHO, R. G.; ESCOBAR, M. L.; SOARES, I. A.; BASTOS, F. H. Análise da distribuição espacial da vegetação e áreas verdes na cidade de Fortaleza – CE. **Caminhos de Geografia**, vol. 23, nº 89, p. 131–149, 10 out. 2022. <https://doi.org/10.14393/RCG238960266>.

REZENDE, D. **Avaliação da salubridade ambiental como fator de contribuição à gestão de recursos hídricos na porção noroeste da bacia do Rio Pardo (SP)**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/13792>. Acesso em: 19 out. 2023.

SATTERTHWAITE, D. Missing the Millennium Development Goal targets for water and sanitation in urban areas. **Environment and Urbanization**, vol. 28, nº 1, p. 99–118, 1 abr. 2016. <https://doi.org/10.1177/0956247816628435>. Acesso em: 19 out. 2023.

SCOTT, J. B.; PROLA, C. A.; SIQUEIRA, A. C.; PEREIRA, C. R. R. O conceito de vulnerabilidade social no âmbito da psicologia no brasil: uma revisão sistemática da literatura. **Psicologia em Revista**, vol. 24, nº 2, p. 600–615, ago. 2018. <https://doi.org/10.5752/P.1678-9563.2018v24n2p600-615>. Acesso em: 19 out. 2023.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (SEMAD). Resíduos Sólidos. 21 ago. 2024. **Governo do Estado de Goiás**. Disponível em: <https://www.podergoias.com.br/materia/17288/governo-de-goias-publica-decreto-com-regras-de-transicao-para-o-fim-dos-lixoes>. Acesso em: 9 set. 2024.

SHIBASAKI, K. **Elaboração e Aplicação de Índice para Avaliação do Saneamento e Saúde Ambiental (ISSA)**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/16661>. Acesso em: 19 out. 2023.

SILVA, J. C. S.; BORJA, P. C.; COSTA, F.; PALMA, F. A.; SANTANA, R.; NERY JR., N. R. R.; SACRAMENTO, G.; OLIVEIRA, D. S.; CRUZ, J. S.; WUNDER JR., E. A.; REIS, M. G.; KO, A. I. Índice de Salubridade Ambiental e a ocorrência da leptospirose: um estudo em bairros populares de Salvador – Bahia. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, vol. 15, nº 2, p. 1013–1027, 6 ago. 2022. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.2.79116>

SILVA, P. E. A. B. **Salubridade ambiental método de análise territorial a partir da conjugação de fatores socioambientais**. 2017. Tese (Doutorado em Geografia com ênfase em Análise Ambiental) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-B7LE6E>. Acesso em: 27 dez. 2023.

SILVA, S. A.; GAMA, J. A. S.; CALLADO, N. H.; SOUZA, V. C. B. Saneamento básico e saúde pública na bacia hidrográfica do Riacho Reginaldo em Maceió, Alagoas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 22, nº 4, p. 699–709, 1 jul. 2017. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522017146971>.

SOUZA, M. C. C.; AMORIM, M. C. C. T. Índice de qualidade para avaliação de áreas verdes públicas. **Ateliê Geográfico**, vol. 13, nº 1, p. 62–84, abr. 2019. <https://doi.org/10.5216/ag.v13i2.54533>.

TEIXEIRA, D. A. **Construção e determinação do indicador de salubridade ambiental (ISA/OP) para as áreas urbanas do município de Ouro Preto, MG**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2017. Disponível em: www.sisbin.ufop.br. Acesso em: 27 dez. 2023.

TEIXEIRA, D. A.; PRADO FILHO, J. F.; SANTIAGO, A. F. Indicador de salubridade ambiental: variações da formulação e usos do indicador no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 23, nº 3, p. 543–556, 2018. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522018170866>.

TEKILE, A.; LEGESSE, Y. S. Overall performance evaluation of an urban water supply system: a case study of Debre Tabor Town in Ethiopia. **Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development**, vol. 13, nº 4, p. 250–264, 1 abr. 2023. <https://doi.org/10.2166/washdev.2023.157>.

CONCLUSÃO GERAL

Os resultados apresentados mostraram uma deficiência na infraestrutura verde e de saneamento básico nos municípios da Microrregião de Anápolis (MAPS). Todas as áreas estudadas apresentaram um I_{QA} insatisfatório, com valores entre 63,18% e 66,67%, confirmando as falhas nesse serviço essencial. Dentre os indicadores analisados, o I_{ES} foi o mais prejudicado pela ausência de dados, destacando a necessidade de aprimoramento na coleta e manutenção de informações sobre os serviços de esgoto, que são cruciais para o planejamento de ações corretivas.

A baixa taxa de cobertura de esgoto observada em municípios como Jaraguá, que tem apenas 25,93% da população assistida para esse indicador, evidencia um impacto negativo na qualidade de vida dos habitantes. A incapacidade dos sistemas de esgoto em suportar o volume gerado foi evidenciada pelo I_{ST} , com todas as cidades exibindo resultados nulos. Além disso, 85% dos locais estudados apresentaram uma classificação média em termos de salubridade para o I_{RS} , enquanto Petrolina de Goiás foi classificado como insalubre, ressaltando as limitações no manejo de resíduos e a falta de aterro sanitário, pois apenas o município de Anápolis possui um aterro sanitário.

O I_{DU} apontou que quase todas as cidades estão desprovidas de redes de drenagem adequadas, um fator que contribui para inundações e problemas ambientais. Em relação ao I_{AM} , 85% dos municípios alcançaram valores abaixo do recomendado por Organizações Internacionais, o que reforça a carência de políticas públicas voltadas para a expansão das áreas verdes urbanas, pois apenas São Francisco de Goiás apresentou um PCV superior ao recomendado pela ONU.

As cidades mais populosas, como Anápolis e Itaberaí, apresentaram os menores valores para o I_{SP} , indicando que a densidade populacional e a urbanização mal planejada resultam em maiores desafios para a saúde pública. A análise do I_{IVS} revelou uma situação preocupante, com a maioria dos municípios apresentando um I_{IVS} médio ou baixo, e Taquaral sendo classificado como "muito baixo".

Em síntese, a análise da infraestrutura verde e dos indicadores de saneamento e saúde ambiental nos municípios da MAPS indicam a necessidade de ações corretivas, principalmente no que se refere ao manejo dos resíduos sólidos e drenagem urbana, a fim de mitigar os riscos à saúde pública. A implementação de políticas públicas focadas na melhoria da infraestrutura de saneamento e na ampliação das áreas verdes é essencial para promover um ambiente mais saudável e sustentável para os habitantes da região, especialmente nas cidades que apresentaram os maiores déficits. A adoção de práticas de gestão integrada e o desenvolvimento de estratégias

sustentáveis para a expansão e manutenção da infraestrutura verde urbana são fundamentais para garantir a qualidade de vida das populações urbanas, reduzindo desigualdades e promovendo um equilíbrio socioambiental na microrregião de Anápolis.

APÊNDICE A – Áreas das praças e parques (m²), do perímetro urbano da microrregião de Anápolis Goiás

Área das Praças e Parques de Anápolis					
Central Parque Senador Onofre Quinan	109.010,40	Praça das Mães	3.415,88	Praça José Machado da Silveira	804,94
Parque da Matinha	147.644,79	Praça Manoel Demostenes	875,36	Praça Jovino Borges	107,48
Parque Ambiental Ipiranga	43.465,76	Praça do Bairro de Lourdes	29.391,50	Praça Lemos	4.399,03
Parque da Cidade	665.122,47	Praça do Coreto	4.831,25	Praça Maria Izoleta Borges	1.050,59
Parque da Lagoa Bom dia	11.528,48	Praça Dom Emanuel	6.292,29	Praça Monsenhor Gregoriano	1.815,40
Parque da Liberdade	21.392,25	Praça Dona Julieta	436,21	Praça Oeste	1.843,59
Parque das Águas	15.803,94	Praça dos Romeiros	3.652,49	Praça Oscar Miotto	1.123,82
Parque Ecológico JK	131.705,96	Praça Ferroviária	5.974,13	Praça Parque Residencial Ander	8.634,37
Parque Luiz Caiado de Godoy	51.748,88	Praça Flamboyant	4.288,75	Praça Roberto Homsí	879,72
Parque Vila Norte	4.316,60	Praça General Curado	459,91	Praça Saul Galdino	2.755,07
Praça Abílio Wolney (Praça do Ancião)	7.448,17	Praça Henrique B. Curado	2.638,18	Praça Senhor Antônio de Souza França	887,51
Praça Adamacili Vicente Ferreira	1.585,26	Praça Henrique B. Curado	3.849,67	Praça Sinhô Barbosa	1.987,64
Praça Americano do Brasil	5.967,52	Praça Ilídio Garcia	1.034,73	Praça Sócrates Diniz	816,88
Praça Associação das Imobiliárias	1.935,12	Praça Isidoro Sabino	340,93	Praça Vespasiano Batista	2.644,18
Praça Jamel Cecílio	10.450,18	Praça Jaime Bezerra	4.321,59	Praça Zezinho Indaiá	1.937,93
Praça Avenida Carlos Elias	2.566,20	Praça James Fanstone	1.010,51	Praça da Avenida 09 com a R. 13 - Parque Iracema	1.731,00
Praça Badia Daher	8.914,03	Praça Jerônimo Vaz	1.425,61	Praça da Rua 19 com a Av. 09 - Parque Iracema	1.518,04
Praça Bom Jesus	7.281,19	Praça João Antônio Zanella	1.609,11	Praça Martins - Vila São João	2.609,16
Praça Buritis	4.093,80	Praça João Divino da Silva	986,72	Praça Radial Sul	314,38
Praça do Bairro Antônio Fernandes	17.654,15	Praça João Luiz de Oliveira	6.257,81	Praça da Independência	3.620,27
Praça Conego Trindade	2.440,84	Praça João Miranda da Silva	6.764,50	Praça da R. Rui Barbosa c/ R. Araguaia - Alvorada	1.379,79
Praça Cora Coralina	1.679,08	Praça João Pedro Junqueira	1.251,68	Praça do Maçon	445,42
Praça da Avenida Bernardo Sayão	2.499,70	Praça João Pelé	885,44	Praça da Rua Dona Albertina de Pina	1.548,71
Praça da Bíblia	2.254,90	Praça Jornalista Gilson Mendes	5.304,98	Praça com Play Ground - Santa Maria de Nazareth	2.992,96
Total de área pública (m²)	1.278.509,64	Total de área pública (m²)	97.299,22	Total de área pública (m²)	47.847,89

Área das Praças de Araçu	
Praça Pública	3.134,33
Praça Central	6.731,97
Praça da Bíblia	6.771,22
Total de área pública (m²)	16.637,51

Área das Praças de Brazabrantes	
Praça do Sol	4.595,33
Praça Cornélio Joaquim Gomes	3.689,36
Praça João Pereira de Souza Filho	1.443,93
Total de área pública (m²)	9.728,61

Área das Praças de Campo Limpo de Goiás	
Praça Matriz	8.551,96
Praça Joaquim Mendes de Godoy	543,88
Praça Sebastião Inácio de Abreu	794,43
Total de área pública (m²)	9.890,26

Área das Praças de Caturai	
Praça 14 de Novembro	2.148,49
Praça Dona Firmina	2.046,01
Praça José Vicente	959,05
Praça Terminal Rodoviário	2181,435
Total de área pública (m²)	7.334,98

Área das Praças e Parque de Damolândia	
Praça Pública	495,49
Praça Hugo Costa	2.542,30
Praça Antônio Dâmaso da Silva	4.555,88
Casa do Lago (Área Pública)	6.277,10
Total de área pública (m²)	13.870,78

Área das Praças de Heitorai	
Praça da Matriz	3.058,80
Praça Novo Horizonte	4.566,12
-----	-----
-----	-----
Total de área pública (m2)	7.624,92

Área das Praças de Itaguari	
Praça São Sebastião	6.919,22
Praça da Bíblia	447,37
Praça do Trabalhador	1.927,13
Praça das Mães	522,74
Total de área pública (m²)	9.816,45

Área das Praças de Itaguaru	
Praça da Fonte	1.230,07
Praça da Prefeitura	7.852,49
Praça Antônio Moreira dos Santos (Praça da Prefeitura)	1.086,97
-----	-----
Total de área pública (m²)	10.169,53

Área das Praças de Jesópolis	
Praça da Bíblia	3.479,32
Praça da Matriz	4.516,69
Praça do Ipê (Luiz de Mattos)	21.724,80
Praça Benedito Rodrigues de Bessa	2.120,41
Total de área pública (m²)	31.841,21

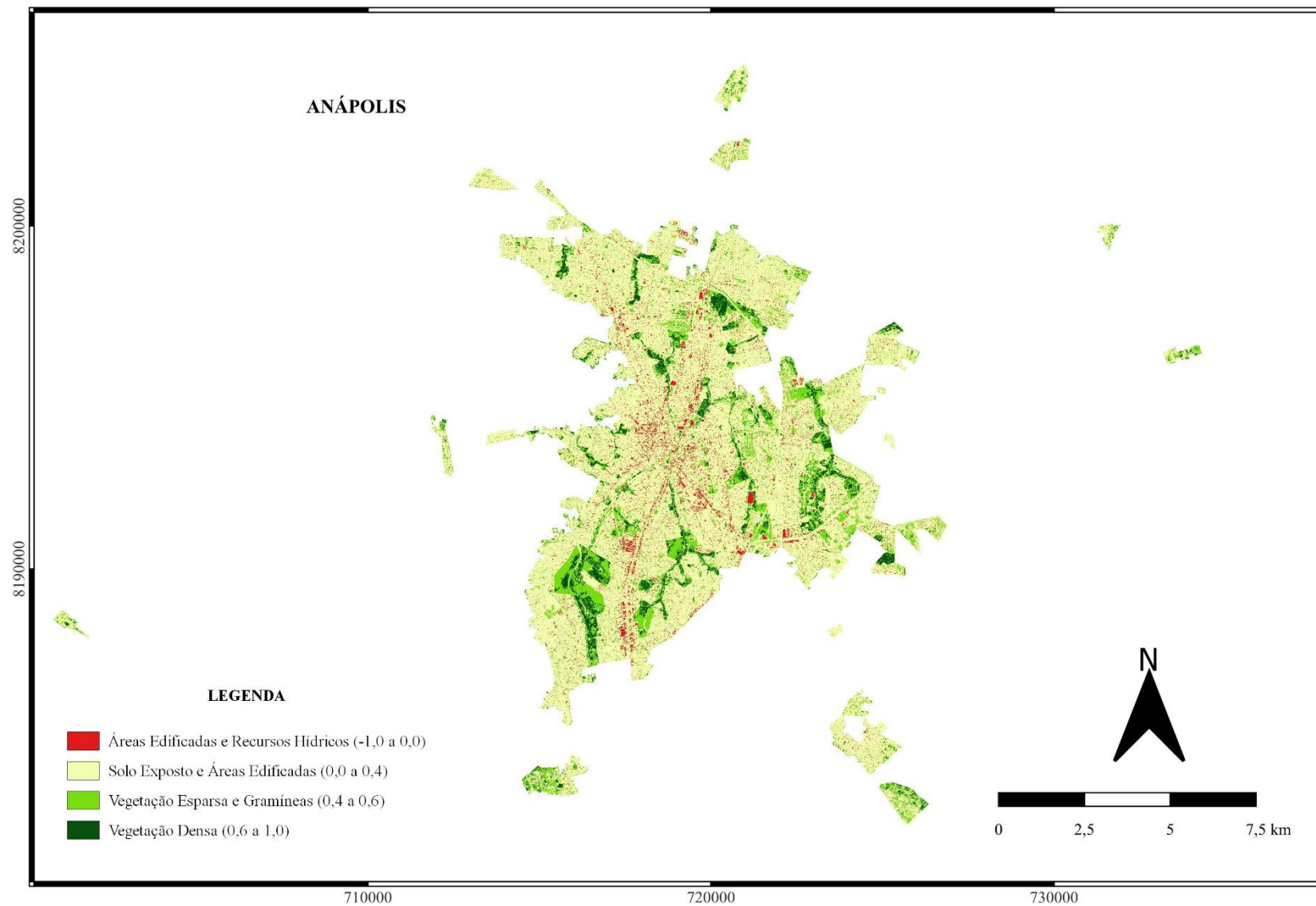
Área das Praças de Ouro Verde de Goiás		Área das Praças de Petrolina de Goiás		Área das Praças e Parque de Santa Rosa de Goiás	
Praça São Sebastião	3.760,25	Praça Oito de Outubro	6.120,63	Praça Tristão da Silva Moreira	2.376,06
Praça Gonçalo José Vieira	1.389,64	Praça Teófilo Vieira Motta	3.215,04	Casa do Cidadão	1.960,44
Praça Nossa Senhora do Rosário	6.419,19	Praça da Paróquia Santa Maria Eterna	6.149,65	Praça do Terminal Rodoviário	3.872,00
Praça Juliana Santos	894,07	-----	-----	Praça da Juventude	5.125,26
Total de área pública (m²)	12.463,16	Total de área pública (m²)	15.485,33	Total de área pública (m²)	13.333,76

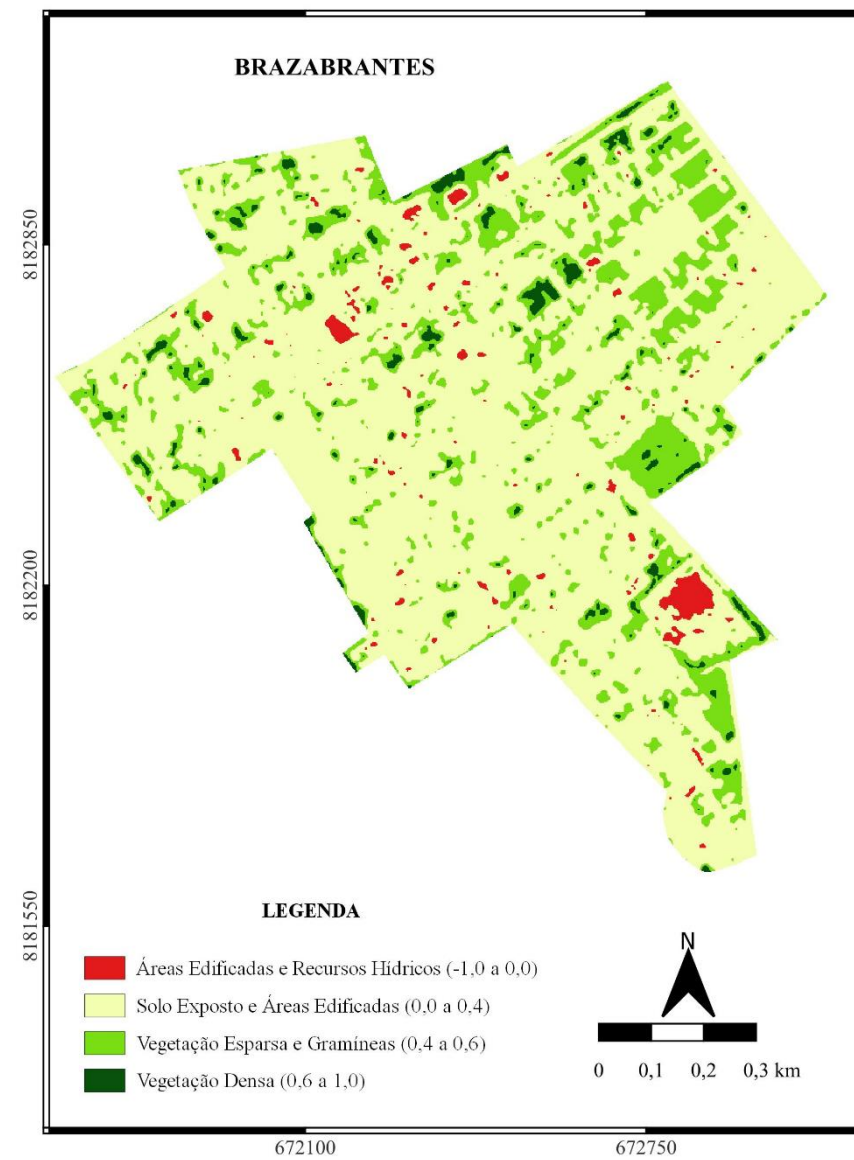
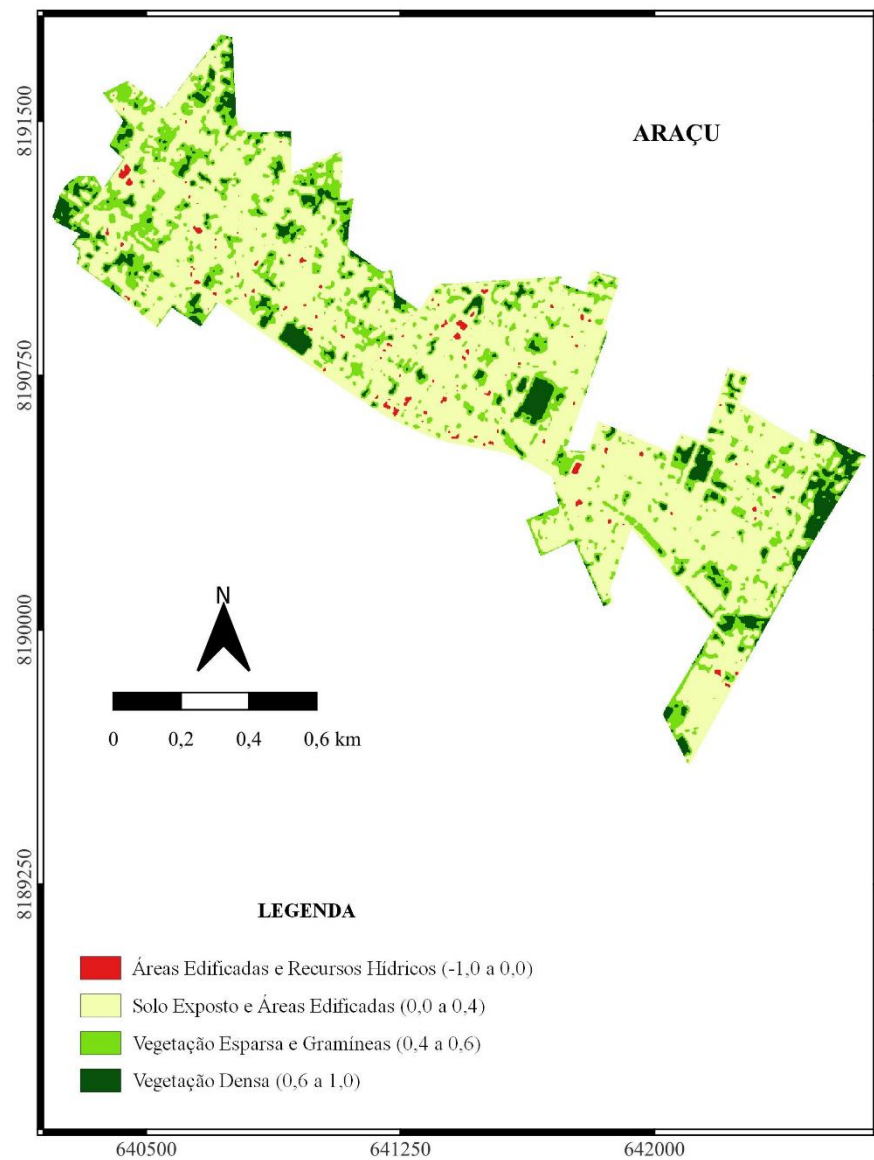
Área das Praças e Parque de Nova Veneza		Área das Praças de São Francisco de Goiás		Área das Praças e Parque de Taquaral de Goiás	
Praça da Bíblia	1.235,09	Praça da Matriz	6.653,74	Praça Dom Abel	6.136,65
Praça do Coreto	3.660,33	Praça do Cruzeiro	2.768,00	Praça dos Três Poderes	4.895,57
Praça Nossa Senhora do Carmo	2.664,63	Praça do Walner Filho	1.631,58	Praça Galdino de Oliveira	587,61
Praça Domingos Peixoto	7.414,01	Praça Manoel Ferreira Coelho	641,57	Praça Iron Siqueira	2.955,74
Praça - Parque Municipal	11.100,68	Praça Inácio Rodrigues da Luz	1.509,36	Lago Taquaral de Goiás	83.183,89
Parque do Ipê	75.412,79	-----	-----	-----	-----
Total de área pública (m²)	101.487,53	Total de área pública (m²)	13.204,25	Total de área pública (m²)	97.759,46

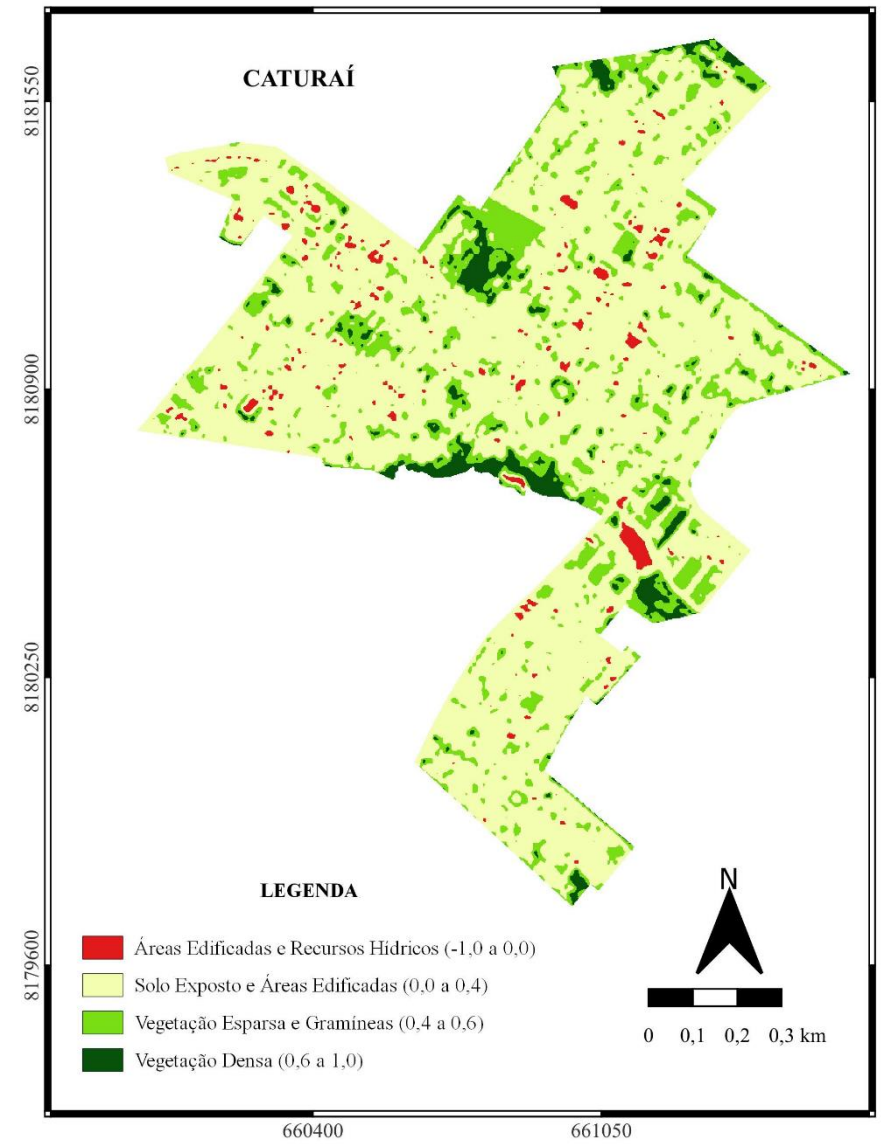
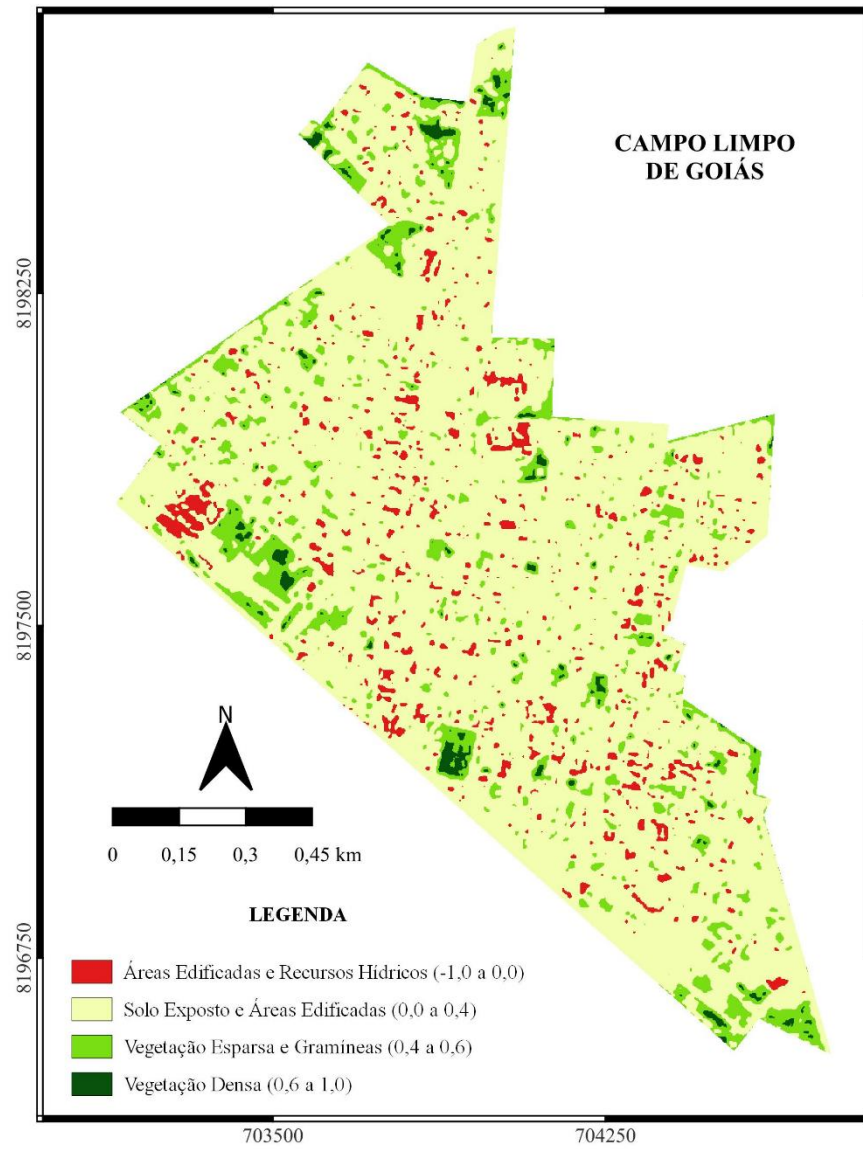
Área das Praças e Parque de Itaberaí			
Praça Residencial Vitória	4.542,35	Praça Vertuoza de Jesus Vieira	340,04
Praça da Fonte Luminosa	3.709,25	Praça Recanto das Rosas	18.404,38
Praça Balbuíno da Silva Caldas	10.071,99	Parque Ecológico de Itaberaí	21.714,35
Praça Sinhô Pinheiro	2.322,44	-----	-----
Total de área pública (m²)	20.646,03	Total de área pública (m²)	40.458,80

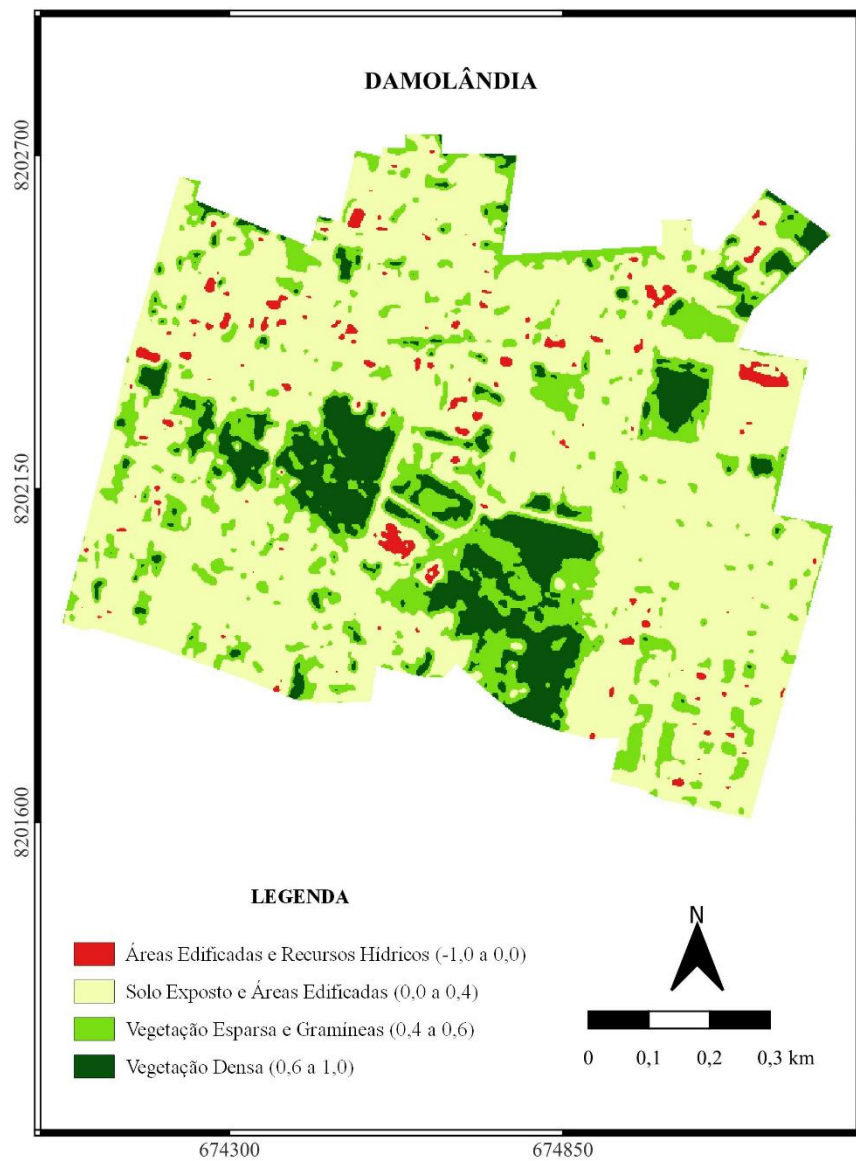
Área das Praças e Parque de Inhumas		Área das Praças e Parques de Jaraguá		Área das Praças de Itauçu	
Praça 31 de Março	5.188,50	Praça Cristóvão Colombo de Freitas	2.876,35	Praça Ilete Bueno	3.924,60
Praça Belarmino Essado	7.414,18	Praça do Mirante	3.569,63	Praça Pública	2.641,28
Praça de Santana	9.355,46	Praça da Matriz	4.042,11	Praça Carlos Eduardo de Paula	2.438,43
Praça do Setor Teodoro Alves Resende	4.058,34	Praça das Mães	3.734,71	Praça do Cigano	1.881,19
Praça dos Três Poderes	2.983,66	Praça Mutirão	852,87	Praça João XXII	4.574,62
Praça Morada Inhumas	1.674,83	Praça Lauro Dorninger	5.109,49	Praça da Av. "E" c/ a Av. "A"	485,63
Lago de Inhumas (Área Pública)	54.310,44	Praça Maria Madalena de Oliveira	1.454,06	-----	-----
Parque Goiabeiras	4.839,94	Praça Naia Kolling	2.587,49	-----	-----
Praça da Av. Araguaia	2.942,38	Praça da Bíblia	1.143,99	-----	-----
Praça da Rua Goiás com a Rua 5	3.031,62	Praça Pedro da Silva Moreira	681,31	-----	-----
Praça entre as ruas Aracajú e Salvador	3.599,23	Praça Manoel Barbo de Siqueira	764,09	-----	-----
Praça da R. Antônio Qualhardo	3.435,55	Praça Murilo Amaral Brandão	1.485,48	-----	-----
Praça das Goiabeiras	2.940,52	Praça Hélio Alves da Silva	1.713,06	-----	-----
Praça entre as ruas "C" e "D"	2.867,04	Praça José Alves de Melo	1.930,11	-----	-----
Praça da R. Crisantêmos c/ R. "A"	990,11	Complexo Turístico - Parque do Lago	43.569,35	-----	-----
Praça da R. João Lobo Filho	1.632,07	Lago Seco	35.801,44	-----	-----
Praça Padre Pelágio	2.810,16	Parque da Cidade	30.172,44	-----	-----
Praça da Rua 5 com a Rua Cesário Silva	4.322,54	Praça Daminhão Luciano	2.739,07	-----	-----
Praça da Biblioteca Moacir José Reis	2.990,38	Praça da R. Rio de Janeiro	2.215,16	-----	-----
-----	-----	Praça da Av. Bernardo Sayão	722,20	-----	-----
Total de área pública (m²)	121.386,94	Total de área pública (m²)	147.164,39	Total de área pública (m²)	15.945,75

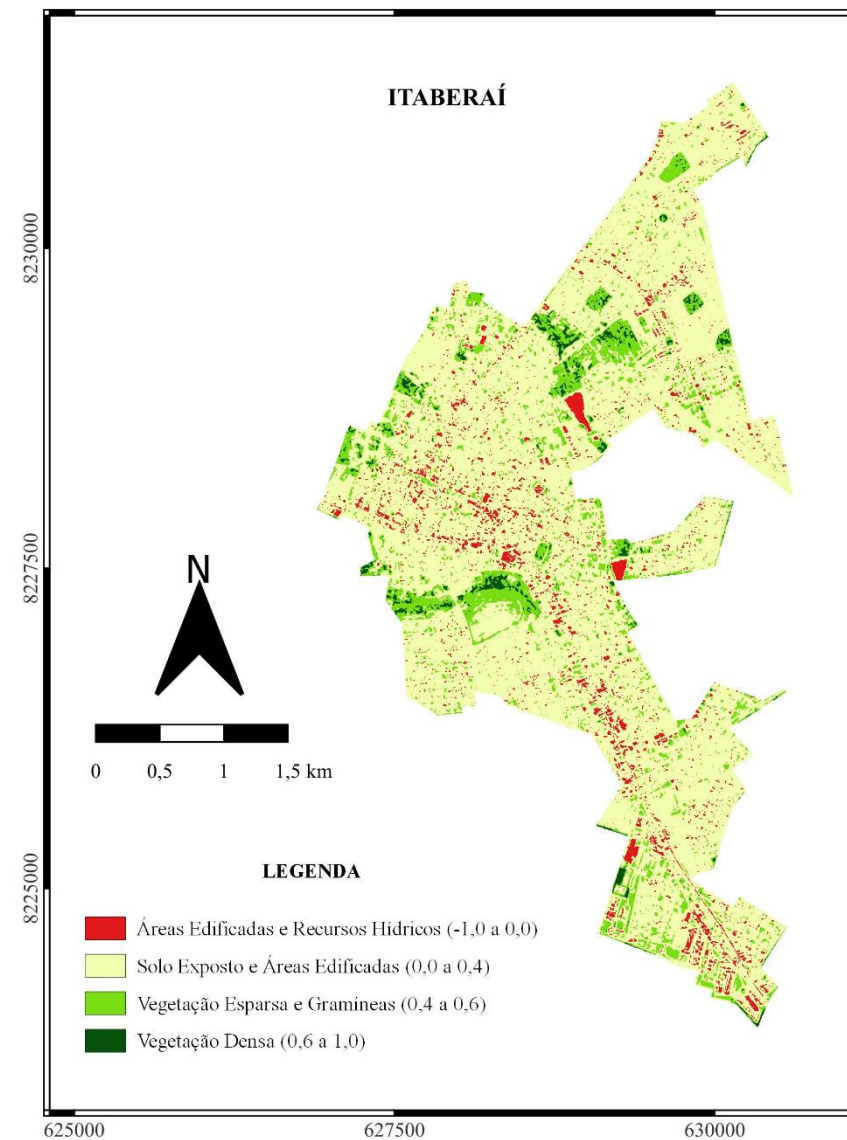
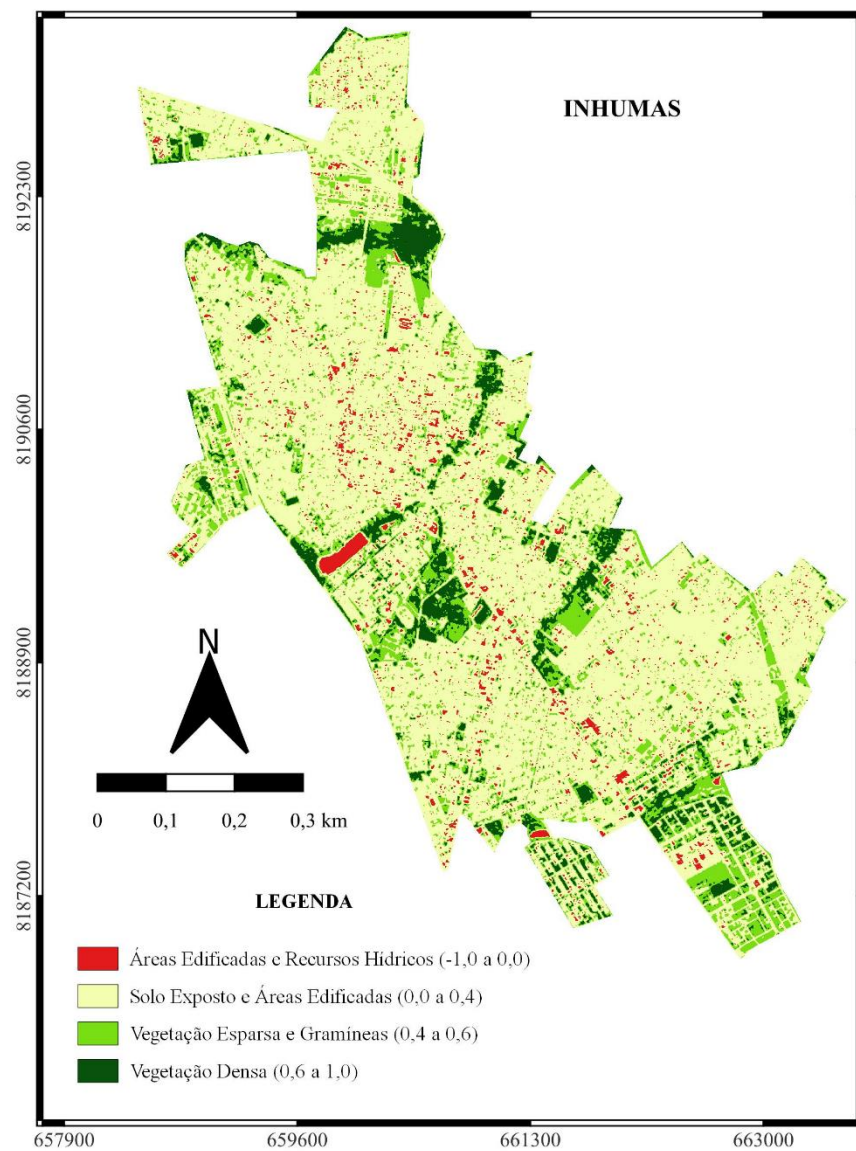
APÊNDICE B - Mapas de NDVI, categorizados em quatro classes, do perímetro urbano da microrregião de Anápolis

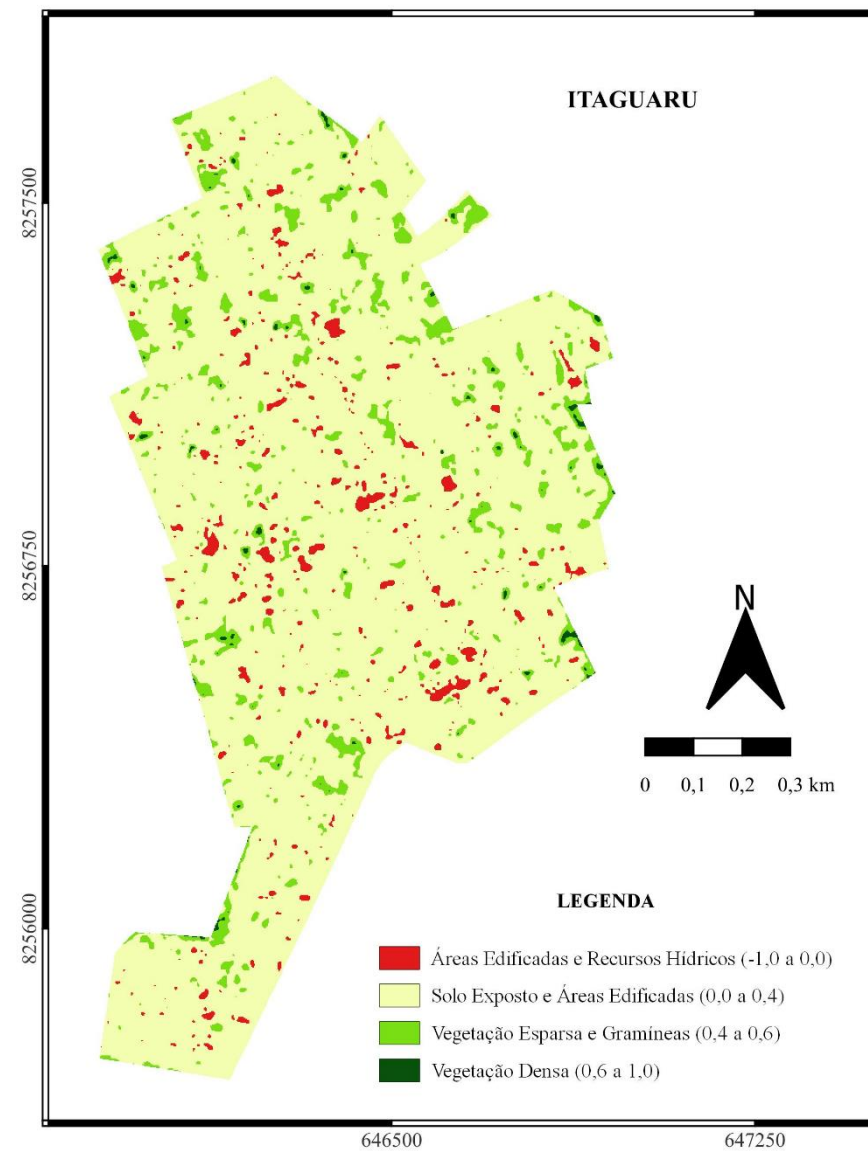
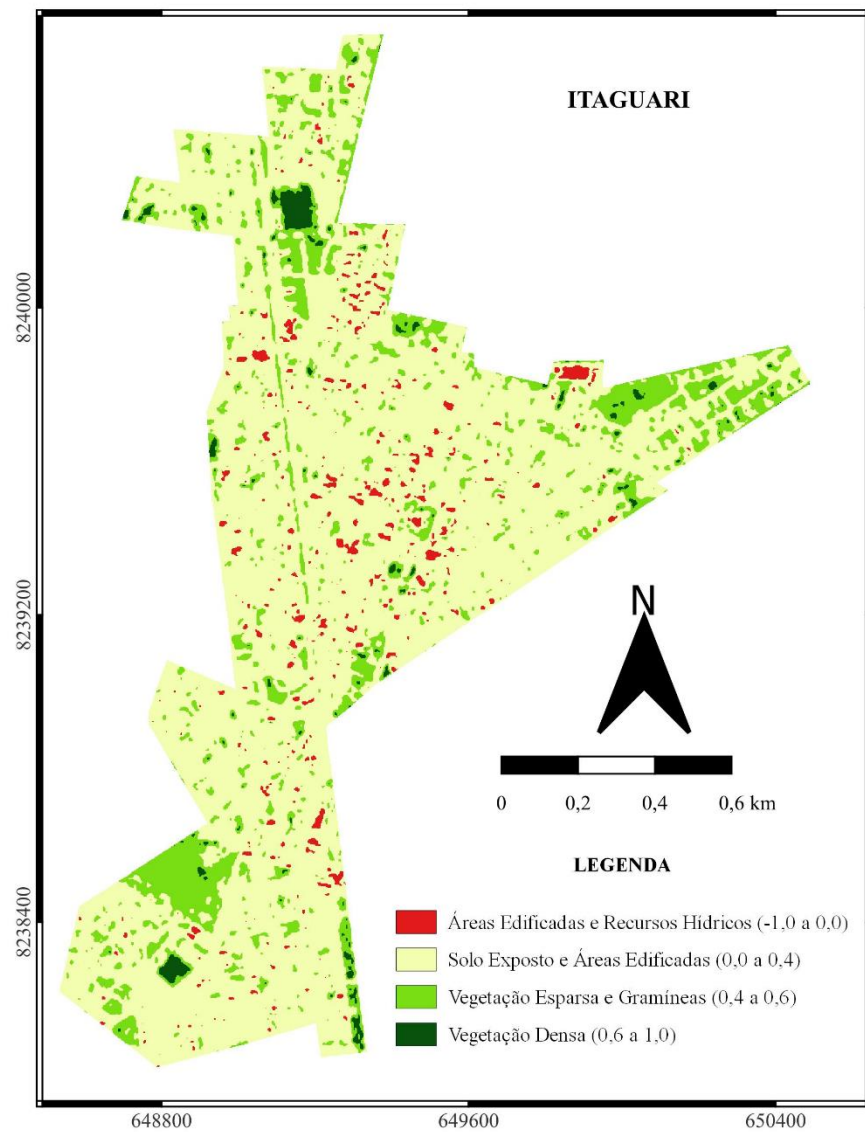


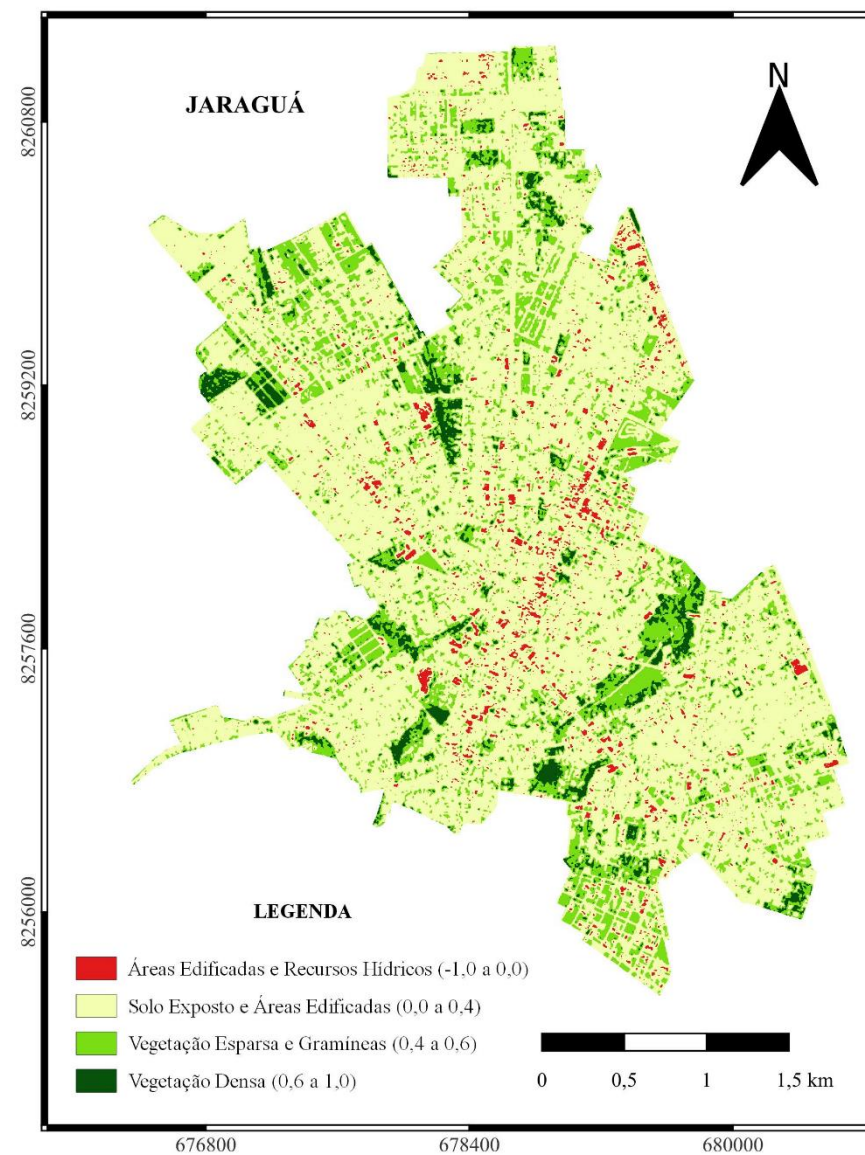
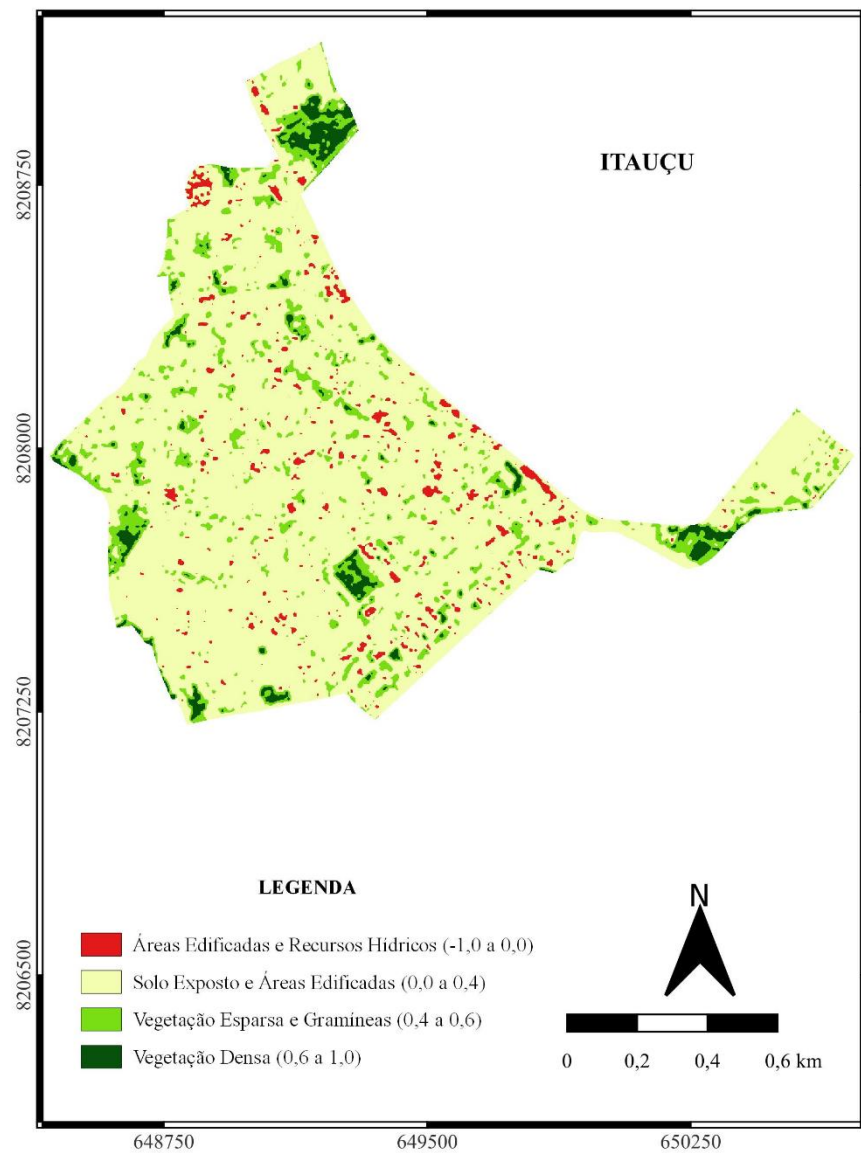


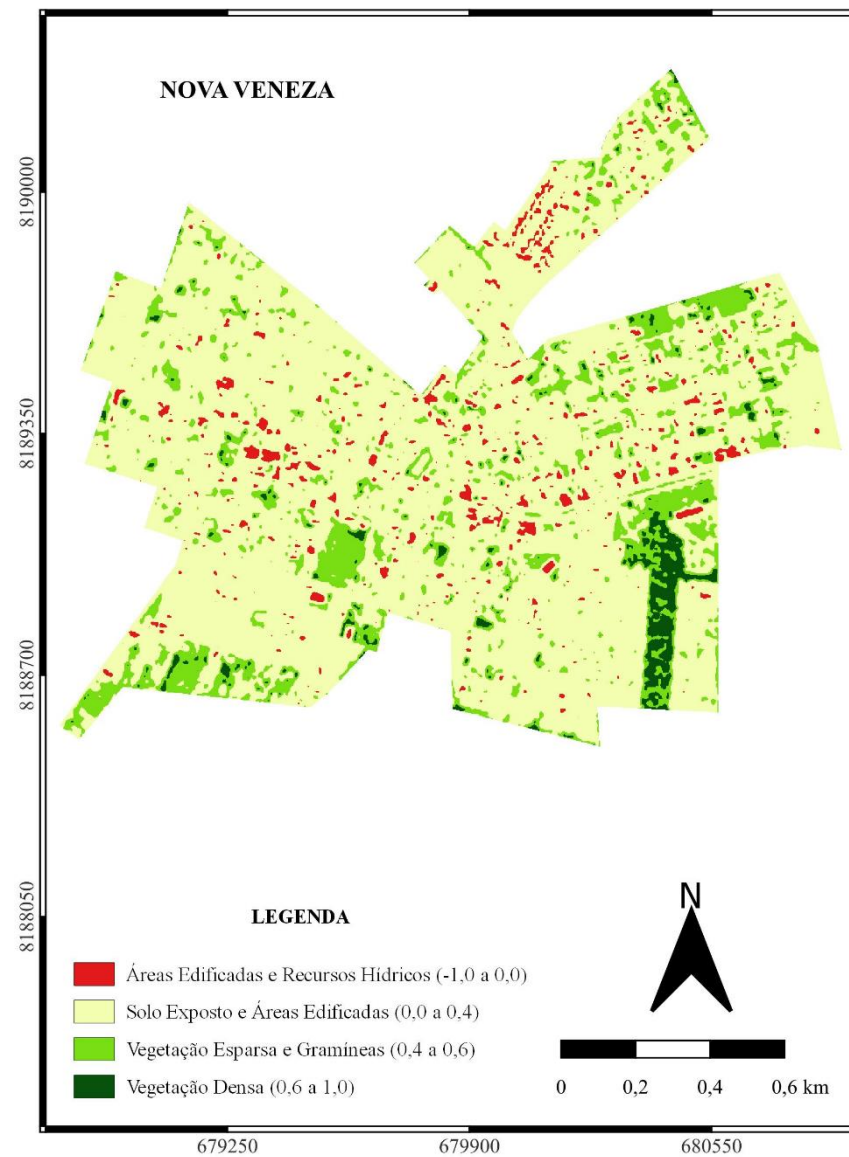
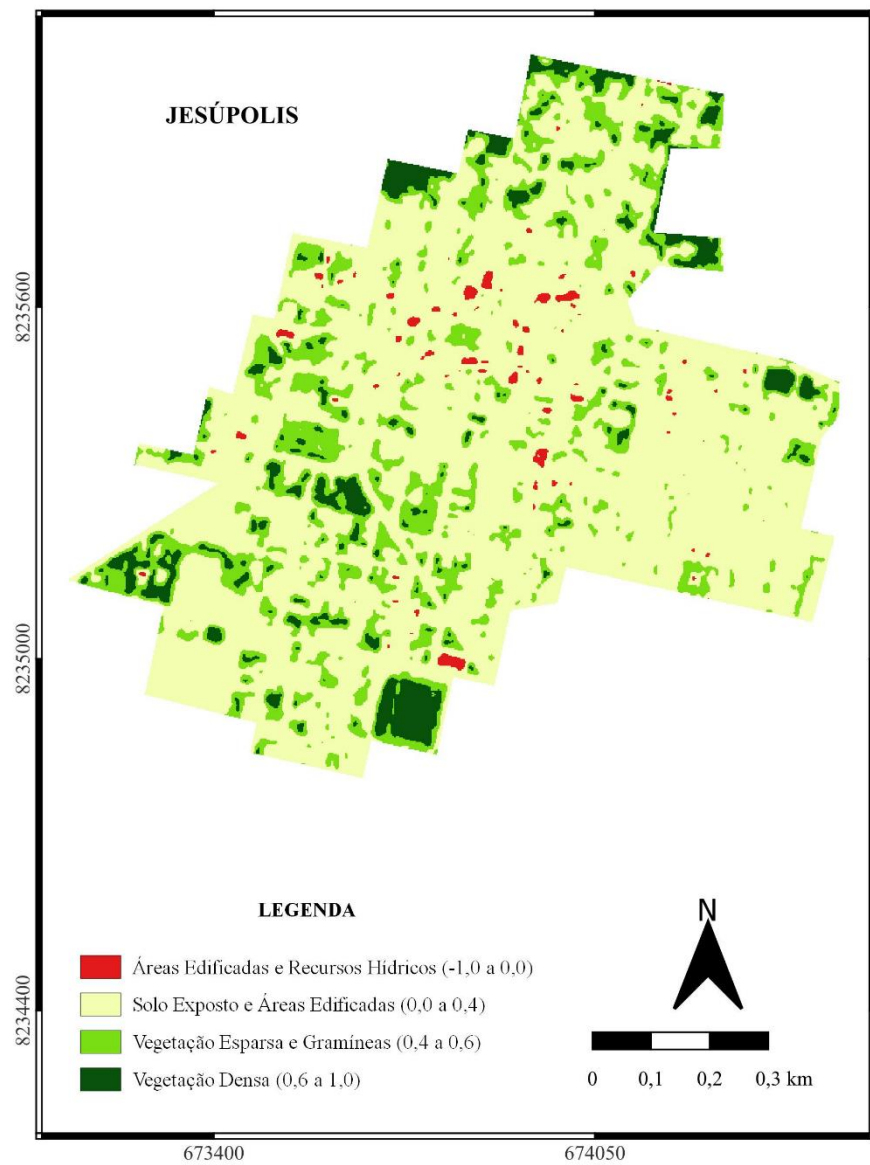


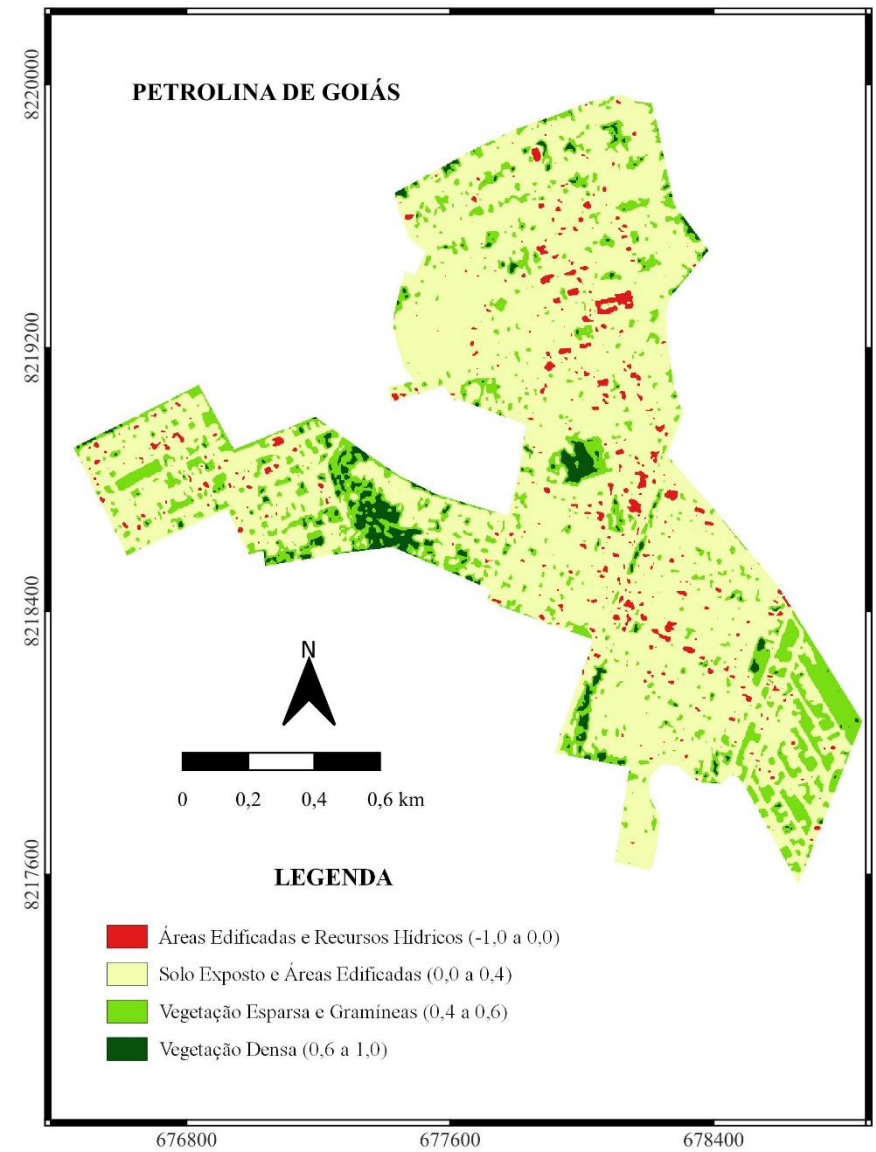
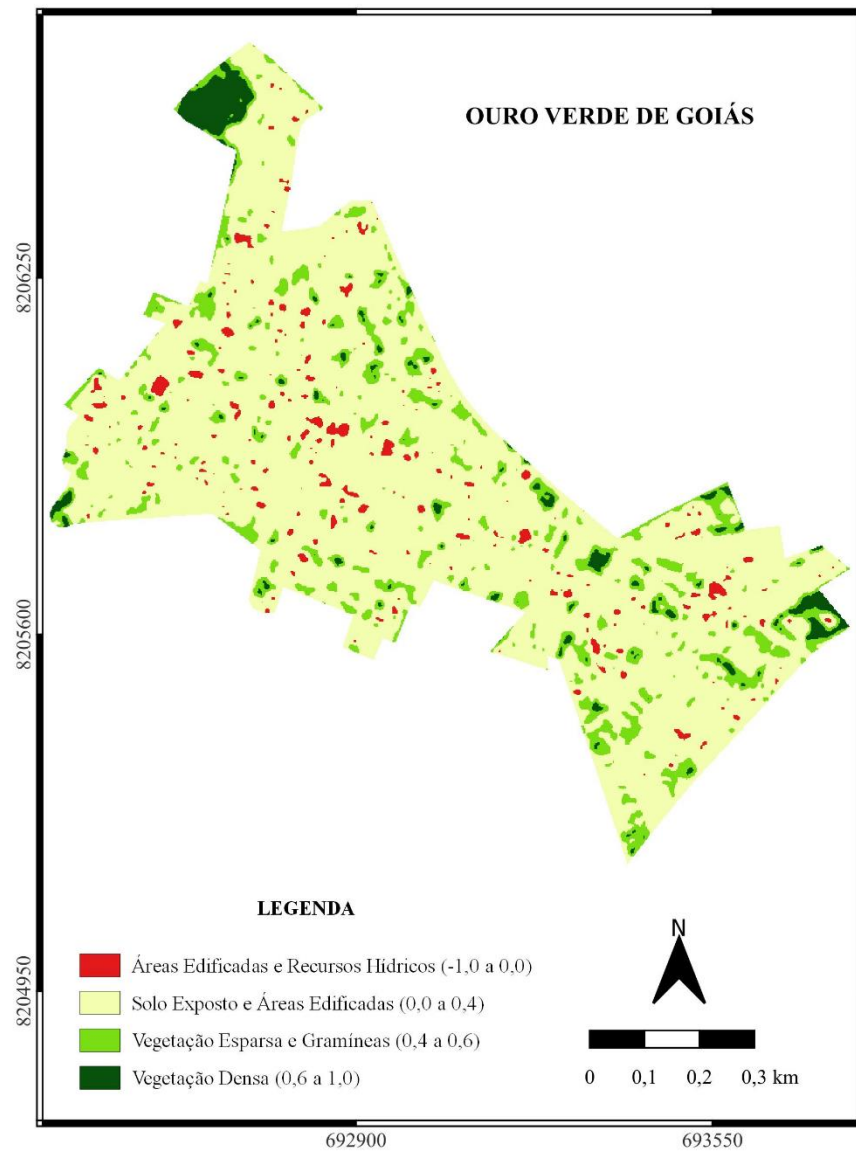




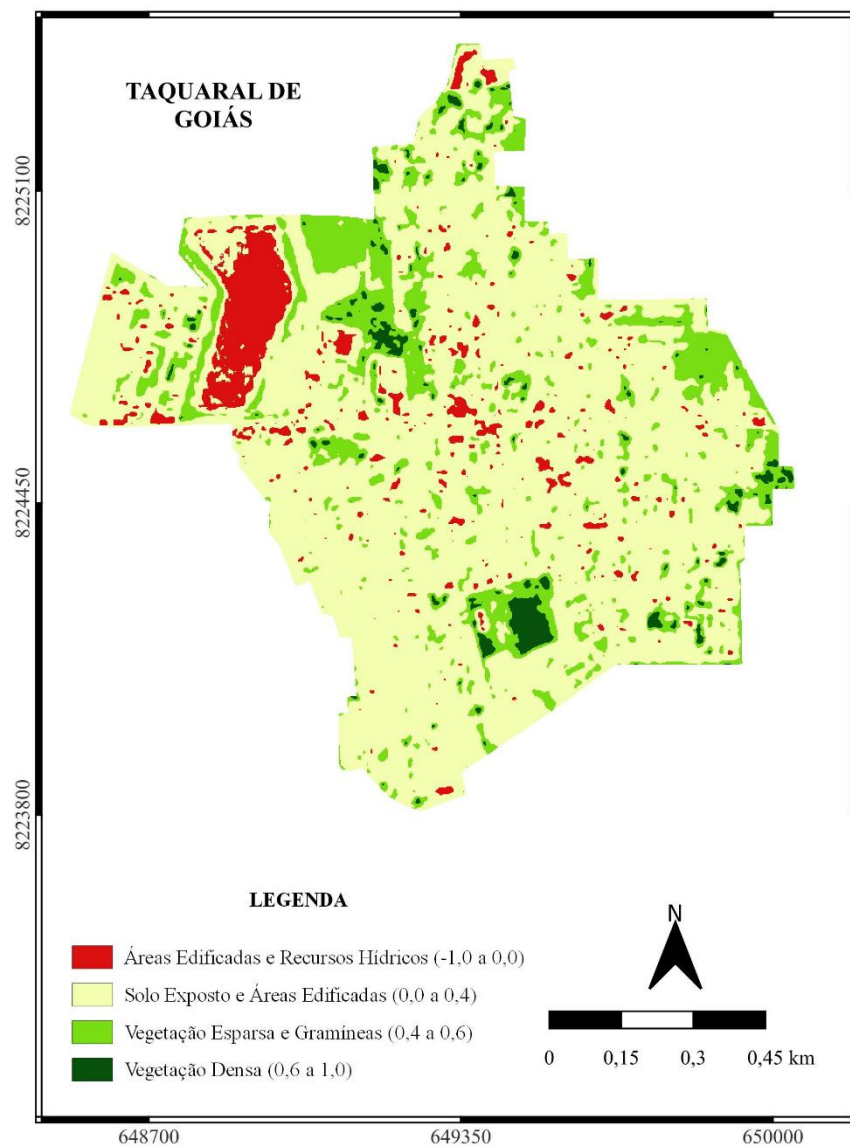












APÊNDICE C - Quadro de detalhamento dos indicadores do ISSA

Indicador	Subindicador		Fonte dos dados / Ano	Referências Bibliográficas
Cálculo / Fórmula	Fórmula / Cálculo	Escala / Pontuação		
Abastecimento de Água (I_{AB}) $I_{AB} = (H_x I_{AU}) + (I_x I_{QA}) + (J_x I_{SA}) + (K_x I_{PD})$ Sendo que: • $H = 0,213$ • $I = 0,530$ • $J = 0,140$ • $K = 0,117$	Atendimento Urbano de Água (I_{AU}) Índice IN023 do SNIS de água e esgoto (Índice de atendimento urbano de água), que consiste na relação entre a população urbana atendida com abastecimento de água e a população urbana residente do município.	Pontuação corresponde ao dado apresentado pelo SNIS (%)	SNIS (2021)	Alvares, 2020 e Shibasaki 2022
	Qualidade da Água Distribuída (I_{QA}) $I_{QA} = K \times NAA / NAR \times 100$ (%) Sendo que: • K: Nº de amostras realizadas pelo nº mínimo de amostras a serem efetuadas pelo serviço de abastecimento público, sendo K menor ou igual a 1; • NAA – Quantidade de amostras consideradas como sendo de água potável, relativas à colimetria, cloro e turbidez (ano); • NAR – Quantidade de amostras realizadas (ano). Calculado por meio dos dados de: • K = Quando todos os municípios e prestadores de serviços realizarem o número mínimo de análises obrigatório, conforme legislação, adota-se $K = 1$ (Costa, 2017) • $NAA = (QD006 - QD007) + (QD008 - QD009) + (QD026 - QD027)$ • $NAR = QD006 + QD008 + QD026$ Calculado por meio dos dados secundário do SNIS, 2021: • Índice QD006 – Amostras para Análise de Cloro Residual Analisadas; • Índice QD007 – Resultados fora do padrão para Análise de Cloro Residual; • Índice QD008 – Amostras para Análise de Turbidez Analisadas; • Índice QD009 – Resultados fora do padrão para Análise de Turbidez; • Índice QD026 – Amostras para Análise de Coliformes Fecais Analisadas; • Índice QD027 – Resultados fora do padrão para Análise de Coliformes Fecais.	Considerou-se os valores obtidos pela aplicação da equação de I_{QA} (%)	SNIS (2021)	Alvares, 2020 Para o cálculo de “K” adotou-se as interpretações de Costa (2017)
	Saturação do Sistema Produtor (I_{SA}) $n = \{\log [CP / (VP (K2/K1))]\} / \{\log (1 + t)\}$ Sendo que: • n – Número de anos em que o sistema ficará saturado; • CP = Capacidade de produção; • VP = Volume de produção para atender 100% da população; • $K1$ = Coeficiente de máxima vazão diária, foi considerado o valor de 1,2; • $K2$ = Coeficiente de máxima vazão horária, foi considerado o valor de 1,5; • t = Taxa média de crescimento anual da população.	Popul. = até 50 mil hab. • $n \geq 2 \rightarrow 100$ • $2 > n > 0 \rightarrow$ Interpolar • $n \leq 0 \rightarrow 0$ Popul. = 50 a 200 mil hab. • $n \geq 3 \rightarrow 100$ • $3 > n > 0 \rightarrow$ Interpolar • $n \leq 0 \rightarrow 0$	SNIS (2021) e IBGE (2010 e 2022)	Alvares, 2020 e Shibasaki, 2022

	Cálculo da taxa média de crescimento anual da população (t) $t = [(Pf - Pi) / (Pi / T)] \times 100 (\%)$ Sendo que: t – Taxa média de crescimento anual da população; - Pf – População final (Censo do IBGE de 2022); - Pi – População inicial (Censo do IBGE de 2010); - T – Tempo entre a população final e inicial.	Popul. = mais 200 mil hab. $n \geq 5 \rightarrow 100$ $5 > n > 0 \rightarrow$ Interpolar $n \leq 0 \rightarrow 0$		
	Perdas na Distribuição (I_{PD}) $I_{PD} = 100 - IN049$ Sendo que: IN049 - Índice de perdas na distribuição do SNIS de água e esgoto	Considerou-se os valores obtidos pela aplicação da equação de I_{PD} (%)	SNIS (2021)	Rezende, 2021 e Shibasaki, 2022
Esgoto Sanitário (I_{ES}) $I_{ES} = (L \times I_{CE}) + (M \times I_{TE}) + (N \times I_{ST})$ Sendo que: - L – 0,514 - M – 0,327 - N – 0,158	Cobertura em Coleta de Esgotos e Tanques Sépticos (I_{CE}) Índice IN015 do SNIS de água e esgoto (Índice de coleta de esgoto), onde para seu desenvolvimento necessita do volume de água consumido, o volume de água tratada exportado e o volume de esgoto coletado.	Pontuação corresponde ao dado apresentado pelo SNIS (%)	SNIS (2021)	Alvares, 2020 e Shibasaki, 2022
	Tratamento de Esgotos e Tanques Sépticos (I_{TE}) $I_{TE} = I_{CE} \times (VT / VC) (\%)$ Sendo que: I_{CE} – Cobertura de coleta (IN015 – Índice de coleta de esgoto do SNIS de água e esgoto); - VC – Volume coletado (ES005 – Volume de esgoto coletado do SNIS de água e esgoto); - VT – Volume tratado (ES006 – Volume de esgoto tratado do SNIS de água e esgoto).	Considerou-se os valores obtidos pela aplicação da equação de I_{TE} (%)	SNIS (2021)	Alvares, 2020 e Shibasaki, 2022
	Saturação do Tratamento (I_{ST}) $n = [\log (CT / VC)] / [\log (1 + t)]$ Sendo que: - n - Número de anos em que o sistema ficará saturado; - CT – Capacidade de tratamento (ES006 – Volume de esgoto tratado do SNIS de água e esgoto); - VC – Volume de esgoto coletado (ES005 – Volume de esgoto coletado do SNIS de água e esgoto); t – Taxa média de crescimento anual da população.	Popul. = até 50 mil hab. $n \geq 2 \rightarrow 100$ $2 > n > 0 \rightarrow$ Interpolar $n \leq 0 \rightarrow 0$ Popul. = 50 a 200 mil hab. $n \geq 3 \rightarrow 100$ $3 > n > 0 \rightarrow$ Interpolar $n \leq 0 \rightarrow 0$ Popul. = mais 200 mil hab. $n \geq 5 \rightarrow 100$	SNIS (2021) e IBGE (2010 e 2022)	Alvares, 2020 e Shibasaki, 2022

		• $5 > n > 0 \rightarrow$ Interpolar • $n \leq 0 \rightarrow 0$		
Resíduos Sólidos (I_{RS}) $I_{RS} = (O \times I_{CR}) + (P \times I_{TD}) + (Q \times I_{CS})$ Sendo que: • O – 0,541 • P – 0,308 • Q – 0,151	Coleta de Resíduos (I_{CR}) Índice IN016 do SNIS de água e esgoto (Taxa de cobertura regular do serviço de coleta de RDO em relação à população urbana), que consiste na relação entre a população urbana atendida no município e a população urbana do município.	Pontuação corresponde ao dado apresentado pelo SNIS (%)	SNIS (2021)	Alvares, 2020 e Shibasaki, 2022
	Tratamento e Disposição Final (I_{TD}) Em razão à falta de dados disponíveis para os municípios pesquisados, fez-se uma adaptação conforme Aravéchia Junior (2010 e Lima (2014).	Tipo de Unidade de Tratamento • Aterro Sanitário $\rightarrow$ 100 • Aterro Sanitário Controlado $\rightarrow$ 50 • Lixão $\rightarrow$ 0	SNIS (2021)	Aravéchia Júnior, 2010 e Lima, 2014
	Taxa de Cobertura da Coleta Seletiva porta a porta em Relação a Popul. Urbana (I_{CS}) Índice IN030 do SNIS de resíduos sólidos (Taxa de cobertura do serviço de coleta seletiva porta-a-porta em relação à população urbana do município), que consiste na relação entre a população urbana do município atendida com a coleta seletiva do tipo porta a porta e a população urbana do município.	Pontuação corresponde ao dado apresentado pelo SNIS (%)	SNIS (2021)	Rezende, 2021 e Shibasaki, 2022
Drenagem Urbana (I_{DU}) $I_{DU} = (R \times I_{RD})$ Sendo que: • R – 1,0	Drenagem Urbana (I_{DU}) Índice IN021 do SNIS de águas pluviais (Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana) que consiste na extensão total de vias públicas urbanas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos com a extensão total de vias públicas em áreas urbanas.	Pontuação corresponde ao dado apresentado pelo SNIS (%)	SNIS (2020)	Rezende, 2021 e Shibasaki, 2022
Ambiental (I_{AM}) $I_{AM} = (S \times I_{AV}) + (T \times I_{CV})$ Sendo que: • S – 0,205 • T – 0,795	Índice de Área Verde (I_{AV}) $I_{AV} = \text{Soma das áreas verdes públicas (m}^2\text{)} / \text{N}^\circ \text{ de hab. área urbana}$	• $0 > I_{AV} > 9 \rightarrow 0$ • $9 > I_{AV} > 16 \rightarrow 50$ • $I_{AV} > 16 \rightarrow 100$	Dados Primários	O próprio autor, 2023
	Índice de Cobertura Vegetal (I_{CV}) $I_{CV} = (\text{Soma da cobertura vegetal, área urbana habitada (m}^2\text{)} / \text{Área urbana total habitada}) \times 100$	Considerou-se os valores obtidos pela aplicação da equação de I_{CV} (%)	Dados Primários	O próprio autor, 2023
Saúde Pública (ISP) $I_{SP} = (U \times I_{DE}) + (V \times I_{ES}) + (W \times I_{LP})$	Dengue (I_{DE}) Não teve uma fórmula específica para o desenvolvimento do subindicador, seu valor foi calculado a partir das informações obtidas no DATASUS do Ministério da Saúde.	• Sem infestação de <i>A. aegypti</i> nos últimos 12 meses ----- 100 • Com infestação de <i>A. aegypti</i> e sem transmissão de dengue no último ano ----- 50	DATASUS (Tabnet) (2022)	Rezende, 2021 e Shibasaki, 2022

Sendo que: • U – 0,608 • V – 0,129 • W – 0,263		• Com transmissão de dengue no último ano ----- 25 • Com ocorrência de dengue hemorrágico no último ano ---- 0		
	Esquistossomose (I_{ES}) Não teve uma fórmula específica para o desenvolvimento do subindicador, seu valor foi calculado a partir das informações obtidas no DATASUS do Ministério da Saúde.	• Sem casos nos últimos 5 anos - ----- 100 • Com incidência anual < que 1, nos últimos 5 anos ----- 50 • Com incidência anual ≤ 1 e < que 5, nos últimos 5 anos ----- 25 • Com incidência anual ≥ 5, nos últimos 5 anos ----- 0	DATASUS (Tabnet) (2017 a 2022)	Rezende, 2021 e Shibasaki, 2022
	Leptospirose (I_{LP}) Não teve uma fórmula específica para o desenvolvimento do subindicador, seu valor foi calculado a partir das informações obtidas no DATASUS do Ministério da Saúde.	• Sem enchentes e sem casos nos últimos 5 anos ----- 100 • Com enchentes e sem casos nos últimos 5 anos ----- 50 • Sem enchentes e com casos nos últimos 5 anos ----- 25 • Com enchentes e com caos nos últimos 5 anos ----- 0	DATASUS (Tabnet) (2017 a 2022)	Rezende, 2021 e Shibasaki, 2022
Socioeconômico (I_{SE}) $I_{SE} = (X \times I_{IVS}) + (Y \times I_{IDHM})$ Sendo que: • X – 0,815 • Y – 0,185	Índice de Vulnerabilidade Social (I_{IVS}) $I_{IVS} = 100 - (100 \times IVS)$ Sendo que: • IVS – Índice de vulnerabilidade social, com valores variando de 0,00 a 1,00	Considerou-se os valores obtidos pela aplicação da equação de I_{IVS} (%)	IPEA (2010)	Shibasaki, 2022
	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (I_{IDHM}) Não teve uma fórmula específica para o desenvolvimento do subindicador, seu valor foi calculado a partir das informações obtidas no sítio eletrônico do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).	Pontuação corresponde ao dado percentual apresentado no PNUD (%)	PNUD (2010)	Scolari, 2022

Tabela 2 - Valores ponderados dos indicadores de resíduos sólidos, drenagem urbana e ambiental com seus respectivos subindicadores

Indicador	Subindicador	Ano	Municípios da Microrregião de Anápolis																			
			Anápolis	Araçu	Brazabrantes	Campo Limpo de Goiás	Caturai	Damolândia	Heitorai	Inhumas	Itaberaí	Itaguari	Itaguaru	Itaçu	Jaraguá	Jesópolis	Nova Veneza	Ouro Verde de Goiás	Petrolina de Goiás	Santa Rosa de Goiás	São Francisco de Goiás	Taquaral
Resíduos Sólidos	Coleta de Resíduos Sólidos (I _{CR})	2021	97,58	100	98,28	100	99,38	100	99,75	100	98,41	100	100	99,91	98,43	100	100	100	10,89	100	100	100
	Tratamento e Disposição Final (I _{TD})	2021	100	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Taxa de Cobertura da Coleta Seletiva porta a porta em relação a População Urbana (I _{CS})	2021	46,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	-	-	-	-	98,14
Resíduos Sólidos			90,61	54,10	53,17	54,10	69,16	54,10	53,96	54,10	53,24	54,10	54,10	54,05	53,25	69,20	84,60	54,10	5,89	54,10	54,10	68,92
Drenagem Urbana	Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área (I _{RD})	2020	21,20	14,90	0,00	5,30	18,80	0,00	0,00	37,00	9,40	0,00	9,00	75,00	23,30	3,90	16,70	6,20	0,00	25,00	0,00	50,00
	Drenagem Urbana		21,20	14,90	0,00	5,30	18,80	0,00	0,00	37,00	9,40	0,00	9,00	75,00	23,30	3,90	16,70	6,20	0,00	25,00	0,00	50,00
Ambiental	Índice de Áreas Verdes (I _{AV})	2023	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100
	Índice de Cobertura Vegetal (I _{CV})	2023	21,61	28,29	20,33	11,66	21,04	29,27	13,41	24,15	13,79	15,82	7,86	14,28	23,85	23,96	16,02	14,58	18,76	22,76	35,06	17,94
Ambiental			17,18	22,49	16,16	9,27	16,73	23,27	10,66	19,20	10,96	12,58	6,25	11,35	18,96	29,30	22,99	11,59	14,91	18,09	27,87	34,76

Tabela 3 - Valores ponderados dos indicadores de saúde pública e socioeconômico com seus respectivos subindicadores e ISSA

Indicador	Subindicador	Ano	Municípios da Microrregião de Anápolis																			
			Anápolis	Araçu	Brazabrantes	Campo Limpo de Goiás	Caturai	Damolândia	Heitorai	Inhumas	Itaberaí	Itaguari	Itaguara	Itaçu	Jaraguá	Jesúpolis	Nova Veneza	Ouro Verde de Goiás	Petrolina de Goiás	Santa Rosa de Goiás	São Francisco de Goiás	Taquaral
Saúde Pública	Dengue (I _{DE})	2022	0,00	0,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	0,00	0,00	25,00	25,00	0,00	0,00	25,00	0,00	25,00	0,00	25,00	25,00	25,00
	Esquistossomose (I _{ES})	2017 a 2022	50,00	100	100	100	100	100	100	50,00	50,00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Leptospirose (I _{LP})	2017 a 2022	0,00	100	100	0,00	100	100	100	100	0,00	0,00	100	50,00	0,00	100	100	100	50,00	0,00	100	100
Saúde Pública			6,45	39,20	54,40	28,10	54,40	54,40	54,40	19,60	6,45	28,10	54,40	26,05	12,90	54,40	39,20	54,40	26,05	28,10	54,40	54,40
Socioeconômico	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (I _{IDHM})	2010	73,70	69,30	70,10	66,10	66,40	69,70	69,40	72,00	71,90	69,30	71,80	71,80	69,90	64,90	71,80	71,90	71,20	70,10	65,10	71,60
	Índice de Vulnerabilidade Social (I _{IVS})	2010	76,03	65,78	71,30	68,93	60,17	77,27	64,37	76,70	74,67	68,30	75,33	77,10	74,03	69,73	70,77	77,13	76,50	74,90	72,50	82,03
Socioeconômico			75,60	66,43	71,08	68,41	61,32	75,87	65,30	75,83	74,16	68,49	74,68	76,12	73,27	68,84	70,96	76,16	75,52	74,01	71,13	80,10
ISSA			51,80	47,88	37,41	34,17	40,70	39,07	35,90	51,50	42,82	34,54	37,62	57,17	40,32	40,83	42,90	40,74	28,22	38,07	39,68	48,57

APÊNDICE E

PUBLICAÇÕES FRUTOS DA TESE

ARTIGO 3 (PUBLICADO)

SILVA, R.C.; SANTOS, C.B.D.; AMARAL, A.G.; PEIXOTO, J.C. Análise do Perfil Clínico e Epidemiológico da Hanseníase em Anápolis-GO: Uma década de dados (2010-2021). **Revista Políticas Públicas e Cidades – Revista PPC**, Curitiba, v.13, n.2, p.01-21, 2024.

(Estrutura, de acordo com as normas de publicação da revista)

ANÁLISE DO PERFIL CLÍNICO E EPIDEMIOLÓGICO DA HANSENÍASE EM ANÁPOLIS-GO: UMA DÉCADA DE DADOS (2010-2021)

ANALYSIS OF THE LEPROSY CLINICAL AND EPIDEMIOLOGICAL PROFILE IN ANÁPOLIS-GO: A DATA DECADE (2010-2021)

ANÁLISIS DEL PERFIL CLÍNICO Y EPIDEMIOLÓGICO DE LA LEPRO EN ANÁPOLIS-GO: UNA DÉCADA DE DATOS (2010-2021)

Ricardo Carvalho Silva

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente (PPG STMA) da Universidade Evangélica de Goiás (UniEVANGÉLICA)
Anápolis, Goiás, Brasil.
E-mail: ricardo.carvalho@ueg.br

Cleonice Beatriz Dias dos Santos

Farmacêutica, Universidade Estadual de Goiás - Campus Central – CET (UEG/CET), Anápolis, Goiás, Brasil.
E-mail: cleoniceb21@gmail.com

Alliny das Graças Amaral

Doutora em Ciência Animal, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil.
E-mail: alliny.amaral@ueg.br

Josana de Castro Peixoto

Doutora em Biologia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil.
E-mail: josana.peixoto@gmail.com

RESUMO

O mal de Hansen é uma infecção crônica e contagiosa produzida pelo *Mycobacterium leprae*, que agride principalmente a pele e os nervos periféricos, representando uma considerável questão de saúde populacional em diversas regiões, principalmente em países com graves problemas sociais, incluindo o Brasil. Baseado nisso o presente artigo objetivou conhecer as principais características dos pacientes diagnosticados por hanseníase em Anápolis-GO, no período de 2010 a 2021. As análises partiram dos dados secundários obtidos no Sistema de Informações de Agravos de Notificação (SINAN) e disponibilizados pela homepage do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). No período de estudo foram confirmados 850 casos de hanseníase em Anápolis-GO, sendo, o perfil mais diagnosticado, o gênero masculino de cor parda e tendo uma faixa de escolaridade de 1ª a 4ª série do ensino fundamental incompleto. Por fim, pode se concluir que a hanseníase ainda é um problema relevante de saúde pública em Anápolis-GO, possui alta incidência e prevalência, principalmente da forma dimorfa. Sendo assim, é crucial intensificar as ações de vigilância epidemiológica, capacitar profissional e investir em campanhas

de conscientização para garantir o diagnóstico prematuro e tratamento eficiente, visando reduzir a transmissão e prevenir incapacidades associadas à doença.

Palavras-chave: Saúde Pública. Gestão de Saúde. DATASUS. Doenças Infecciosas. Epidemiologia.

ABSTRACT

Hansen's disease is a chronic and contagious infection caused by *Mycobacterium leprae*, which primarily affects the skin and peripheral nerves, representing a significant public health issue in various regions, especially in countries with severe social problems, including Brazil. Based on this, the present article aimed to understand the main characteristics of patients diagnosed with leprosy in Anápolis-GO, from 2010 to 2021. The analyses were based on secondary data obtained from the Notifiable Diseases Information System (SINAN) and made available on the Department of Informatics of the Unified Health System (DATASUS) homepage. During the study period, 850 leprosy cases were confirmed in Anápolis-GO, with the most diagnosed profile being male, of mixed race, and having an incomplete elementary education (1st to 4th grade). In conclusion, leprosy remains a relevant public health problem in Anápolis-GO, with a high incidence and prevalence, especially in the dimorphic form. Therefore, it is crucial to intensify epidemiological surveillance actions, train professionals, and invest in awareness campaigns to ensure early diagnosis and efficient treatment, aiming to reduce transmission and prevent disabilities associated with the disease.

Keywords: Public Health; Health Management; DATASUS; Infectious Diseases; Epidemiology.

RESUMEN

La enfermedad de Hansen es una infección crónica y contagiosa producida por *Mycobacterium leprae*, que afecta principalmente la piel y los nervios periféricos, representando un considerable problema de salud pública en diversas regiones, especialmente en países con graves problemas sociales, incluyendo Brasil. Basado en esto, el presente artículo tuvo como objetivo conocer las principales características de los pacientes diagnosticados con lepra en Anápolis-GO, en el período de 2010 a 2021. Los análisis se basaron en datos secundarios obtenidos del Sistema de Información de Agravios de Notificación (SINAN) y disponibles en la página del Departamento de Informática del Sistema Único de Salud (DATASUS). Durante el período de estudio se confirmaron 850 casos de lepra en Anápolis-GO, siendo el perfil más diagnosticado, el género masculino de raza mestiza y con un nivel educativo incompleto de 1º a 4º grado de educación primaria. Finalmente, se puede concluir que la lepra sigue siendo un problema relevante de salud pública en Anápolis-GO, con alta incidencia y prevalencia, especialmente en la forma dimorfa. Por lo tanto, es crucial intensificar las acciones de vigilancia epidemiológica, capacitar a los profesionales e invertir en campañas de concienciación para garantizar un diagnóstico temprano y un tratamiento eficiente, con el objetivo de reducir la transmisión y prevenir discapacidades asociadas a la enfermedad.

Palabras clave: Salud Pública. Gestión de Salud. DATASUS. Enfermedades Infecciosas. Epidemiología.

INTRODUÇÃO

A hanseníase, também conhecida como lepra, é uma enfermidade crônica e infectocontagiosa que tem acompanhado a humanidade desde tempos antigos. Além dos aspectos médicos, a hanseníase carrega um significativo estigma social que, ao longo dos séculos,

influenciou a percepção e o tratamento da doença (Franco-Paredes; Rodriguez-Morales, 2016; Rahman *et al.*, 2022).

A doença possui alta transmissibilidade e baixa patogenicidade, é causada por um patógeno intracelular obrigatório, o bacilo *Mycobacterium leprae*. Embora se propague com facilidade, a progressão da doença e o desenvolvimento de sintomas graves dependem de vários fatores, incluindo a suscetibilidade individual do hospedeiro (Cambri; Mira 2018; Cardoso *et al.*, 2011).

O bacilo de Hansen, também assim conhecido, é um microrganismo peculiar, pois, prefere as células da pele e dos nervos periféricos como seu habitat temporário (Alves *et al.*, 2004). Sua jornada se inicia dentro do corpo humano de forma silenciosa, pois sua multiplicação é lenta e meticulosa, levando em média 12 a 14 dias para cada ciclo (Baranowski; Rego; Rubin, 2019; Sugawara-Mikami *et al.*, 2022).

Uma vez que se instala o bacilo manifesta sua presença por meio de sinais e sintomas visíveis e perceptíveis, afetam principalmente a pele e os nervos periféricos, especialmente as regiões dos olhos, mãos e pés. Entretanto, a expressão clínica da doença é fortemente influenciada pelo sistema imunológico do indivíduo infectado (Froes Junior; Sotto; Trindade, 2022; Mendonça *et al.*, 2008).

A transmissão do agente se dá principalmente quando se estabelece um contato próximo e prolongado com indivíduos infectados, sobretudo no caso das formas clínicas multibacilares não tratadas ou que não estão recebendo tratamento adequado (Anjos *et al.*, 2021). Por outro lado, a transmissão da doença se caracteriza por diferentes vias de contágio, sendo as mais importantes: a) direta, através do contato com lesões cutâneas, secreções nasais ou saliva de pacientes multibacilares; b) inalação, aspiração de bacilos eliminados pelas vias aéreas superiores de pacientes multibacilares; e c) indireta, menos comum, pelo contato com objetos contaminados por secreções de pacientes multibacilares (Anjos *et al.*, 2021).

Apesar do amplo conhecimento a respeito da doença, o número de casos da enfermidade ainda é muito alto. Somente em 2021, foram reportados à Organização Mundial da Saúde (OMS) 140.594 novos casos no mundo, sendo que desse total, 19.826 (14,1%) ocorreram nas Américas e, desses, 18.318 (92,4%) ocorreram no Brasil (WHO, 2022). O Brasil é, portanto, classificado como um país de alta carga para a doença, ocupando o segundo lugar em número de casos no mundo, atrás apenas da Índia (BRASIL, 2023).

No cenário da saúde pública brasileira, a hanseníase é considerada um problema persistente e de grande relevância, caracterizada por uma natureza crônica e progressão lenta. Está fortemente associada a baixos níveis socioeconômicos e educacionais, impactando significativamente a vida de milhares de brasileiros e exigindo atenção redobrada e medidas eficazes para sua prevenção e controle (Anjos *et al.*, 2021; Froes Junior; Sotto; Trindade, 2022; Mendonça *et al.*, 2008).

Diante dessa realidade, observa-se que a hanseníase é uma doença negligenciada, especialmente na região de Anápolis, Goiás, onde a investigação sobre os aspectos clínicos e epidemiológicos é ainda limitada. Este estudo visa preencher essa lacuna ao delinear o perfil epidemiológico da hanseníase em Anápolis entre 2010 e 2021, destacando as particularidades e os desafios enfrentados no combate à doença nesse período.

METODOLOGIA

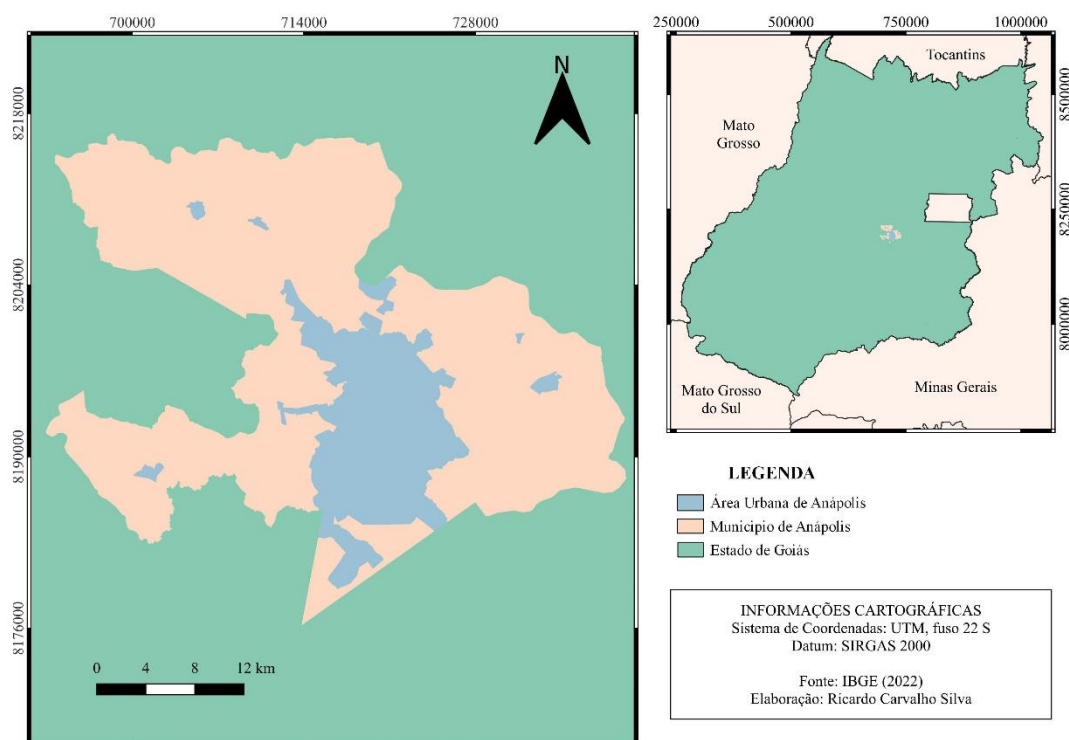
Tipo de Estudo

O presente trabalho é de caráter descritivo e transversal, para o seu desenvolvimento utilizou-se de dados secundários para avaliar o perfil epidemiológico da hanseníase no município de Anápolis, Goiás, no período de 2010 a 2021. A escolha desse intervalo se baseia na necessidade de trabalhar com estimativas de crescimento populacional a partir do censo de 2010, permitindo uma análise consistente das mudanças epidemiológicas ao longo de uma década, sem incluir os dados mais recentes de 2022, que poderiam introduzir variações relacionadas ao novo censo. A abordagem quantitativa foi aplicada para averiguar a relação entre as variáveis e entender os padrões de ocorrência da doença.

Local de Estudo

Anápolis é um município situado no interior de Goiás, na região Centro-Oeste do Brasil, a cidade apresenta características singulares que a distinguem no cenário nacional, segundo o censo de 2022 a sua população é 398.869 habitantes. A cidade está localizada no planalto central brasileiro, a uma altitude de 1.017 metros, com um clima tropical e o bioma predominante de cerrado. As coordenadas geográficas de Anápolis são: Latitude: 16° 19' 43" Sul e Longitude: 48° 57' 12" Oeste, abrangendo uma área total de 935,672 km² (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Os autores (2024)

Fontes e Coleta de Dados

Os dados foram extraídos do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), acessados através do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), que administra e viabiliza informações sobre saúde pública no Brasil. A coleta foi feita a partir de uma busca sistemática nos bancos de dados do SINAN/DATASUS, o propósito inicial era de identificar todos os casos notificados de hanseníase no período de 2010 a 2021.

Variáveis Investigadas

Para compreender melhor o perfil epidemiológico da hanseníase em Anápolis, o estudo analisou algumas variáveis que pudessem proporcionar uma visão crítica e abrangente da distribuição e das características dos casos notificados no município. A partir da avaliação dessas variáveis é possível identificar os padrões demográficos e clínicos importantes, além de reconhecer os possíveis fatores de risco e grupos vulneráveis à doença. As variáveis analisadas incluem:

- Gênero:** Distribuição dos casos entre masculino e feminino, permitindo avaliar a prevalência da doença em diferentes sexos e identificar possíveis diferenças na exposição ou na suscetibilidade.
- Idade:** Faixas etárias dos pacientes, proporcionando insights sobre quais grupos etários são mais afetados pela hanseníase, o que pode influenciar estratégias de controle e prevenção específicas para cada faixa etária.

- c) **Raça/Cor:** Classificação dos pacientes conforme registrado no sistema de notificação, ajudando a identificar disparidades raciais na ocorrência da doença e possíveis associações com fatores socioeconômicos.
- d) **Escolaridade:** Nível educacional dos pacientes, uma variável que pode estar associada ao acesso à informação e aos serviços de saúde, influenciando a detecção precoce e o tratamento da doença.
- e) **Forma Clínica:** Classificação clínica da hanseníase, incluindo formas indeterminada, tuberculóide, dimorfa e virchowiana, essencial para entender a gravidade e o estágio da doença no momento do diagnóstico, além de orientar o tratamento adequado.

Análise de Dados

Os dados foram tabulados e analisados utilizando-se de métodos estatísticos descritivos, assim, as frequências, porcentagens e razões foram calculadas para descrever a distribuição dos casos de hanseníase. Gráficos e tabelas foram construídos para ilustrar a distribuição dos casos por ano, gênero, idade, raça/cor e forma clínica. A análise foi realizada utilizando o software *Microsoft Excel* para tabulação e construção dos gráficos.

Aspectos Éticos

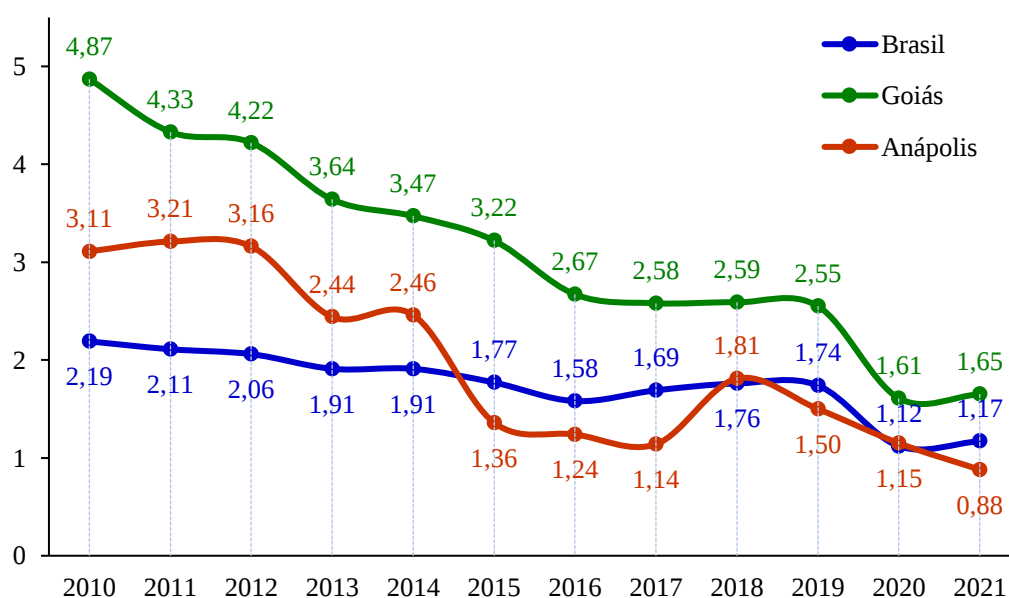
Como o estudo utilizou dados secundários de domínio público, não foi necessário submeter o projeto à apreciação de um comitê de ética em pesquisa. No entanto, todas as precauções éticas foram tomadas para garantir a confidencialidade e integridade dos dados utilizados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados do SINAN, publicados pelo Ministério da Saúde, mostram que no Brasil a taxa de incidência de hanseníase caiu de 2,19 por 10 mil habitantes em 2010 para 1,17 por 10 mil habitantes em 2021. Esta redução, ao longo do período estudado, teve pequenas variações e ocorreu gradualmente. Em Goiás, a taxa de incidência diminuiu de 4,87 por 10 mil habitantes em 2010 para 1,65 por 10 mil habitantes em 2021. Em comparação ao Brasil, a queda em Goiás foi mais acentuada, especialmente entre 2010 e 2017 (Figura 2).

Já em Anápolis a taxa de incidência de hanseníase, em 2010, era de 3,11 por 10 mil habitantes e diminuiu para 0,88 por 10 mil habitantes em 2021. A redução mais expressiva ocorreu entre os anos de 2013 (2,44) e 2015 (1,36), seguida por uma estabilização com pequenas flutuações.

Figura 2 - Taxas de Incidência de Hanseníase por 10.000 habitantes no Brasil, Goiás e Anápolis (2010 a 2021)

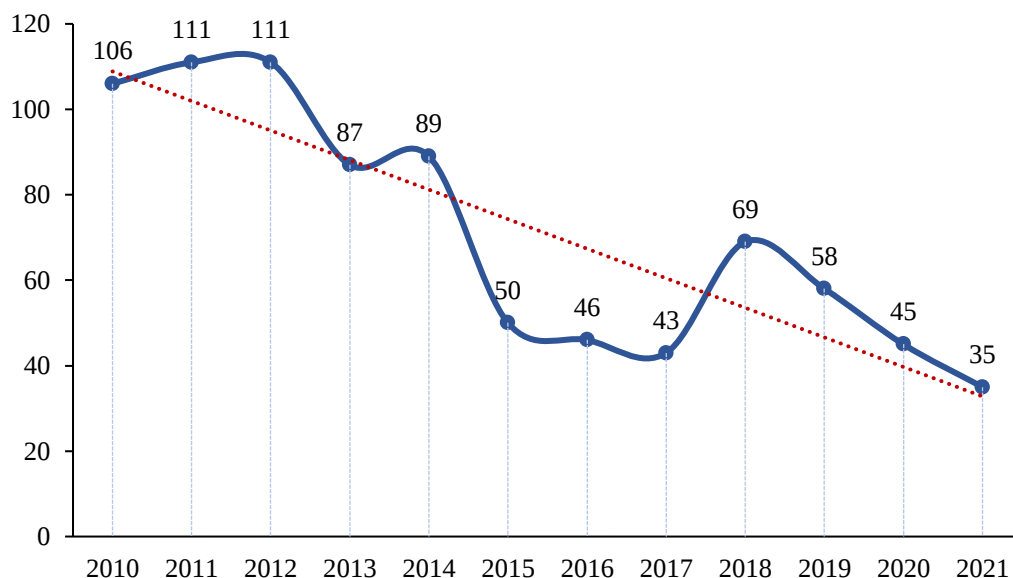


Fonte: DATASUS/Tabnet, 2024

Esses dados indicam uma tendência geral decrescente na taxa de incidência de hanseníase em todas as regiões ao longo do período de 2010 a 2021. Isso reafirma o compromisso assumido pelo Ministério da Saúde do Brasil, ao longo de muitas datas. A exemplo tem-se que em 2009, os países membros da OPAS/OMS, incluindo o Brasil, comprometeram-se com a meta de eliminar a hanseníase como problema de saúde pública na primeira sub-região até 2015. Posteriormente, em 2012, a OPAS/OMS formulou o "Plano de Ação para Acelerar a Conquista da Eliminação da Hanseníase na América Latina e no Caribe" (OMS, 2021).

Ao analisar apenas as notificações da hanseníase em Anápolis, Goiás, no período de 2010 a 2021, observa-se uma tendência geral de redução no número de notificações de hanseníase em Anápolis, o número de casos caiu de 106 em 2010 para 35 em 2021, indicando um declínio significativo ao longo do período (Figura 3).

Figura 3 - Evolução dos casos de Hanseníases em Anápolis, Goiás (2010 a 2021)



Fonte: DATASUS/Tabnet, 2024

Por outro lado, a alta incidência nos primeiros anos do estudo pode estar relacionada a uma intensificação das ações de detecção e diagnóstico precoce realizadas pelos serviços de saúde locais. Justificativa essa sustentada por outros estudos que mostram que a intensificação das atividades de busca ativa e diagnóstico precoce pode aumentar temporariamente o número de casos registrados (Jesus *et al.*, 2023). Por outro lado, a redução gradual dos casos nos anos subsequentes sugere uma possível melhoria nas estratégias de controle e prevenção da hanseníase, bem como uma maior eficácia no tratamento dos casos identificados (Santos *et al.*, 2019).

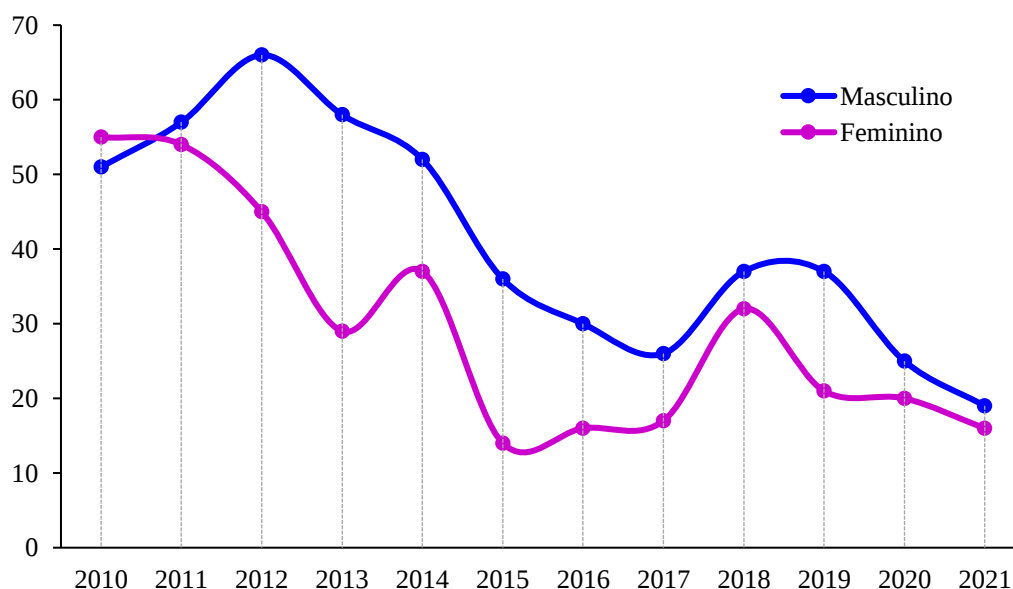
As flutuações observadas entre 2016 e 2019 podem ser indicativas de variações na eficácia das campanhas de saúde pública, bem como de surtos localizados e mudanças na dinâmica populacional e na vigilância epidemiológica. Além disso, fatores como alterações nas políticas de saúde, variações na cobertura dos serviços de saúde e mudanças no comportamento da população em relação à busca por atendimento médico podem ter contribuído para essas flutuações (Machado; Lima; Baptista, 2017; Szwarcwald *et al.*, 2021). A análise detalhada desses fatores é essencial para compreender plenamente a dinâmica da hanseníase na região e para o planejamento de futuras intervenções de saúde pública (OMS, 2019; Sousa; Silva; Xavier, 2017).

Por outro lado, é importante destacar que a variabilidade na incidência de hanseníase observada em Anápolis é consistente com padrões relatados em outras regiões do Brasil, onde a doença apresenta um comportamento endêmico com períodos de maior e menor incidência (Jesus *et al.*, 2023; Sousa; Silva; Xavier, 2017). Assim, esses achados reforçam a necessidade de estratégias de saúde pública adaptadas às características locais, considerando fatores

socioeconômicos e culturais que possam influenciar a disseminação da doença (Chiavegato Filho; Barros, 2024).

O presente estudo também analisou, no mesmo período, a distribuição dos casos de hanseníases por gênero. A avaliação desses dados permitiu uma compreensão detalhada das diferenças na incidência da doença entre homens e mulheres ao longo dos anos, fornecendo *insights* valiosos para a formulação de estratégias de controle e prevenção mais eficazes (Figura 4).

Figura 4 - Distribuição dos casos de Hanseníases por Gênero em Anápolis, Goiás (2010 a 2021)
Fonte: DATASUS/Tabnet, 2024



Em relação ao gênero as análises puderam mostrar que a hanseníase afetou mais o sexo masculino do que o feminino, ao longo do período estudado. Dos 850 casos confirmados, 494 (58,12%) foram em homens e 356 (41,88%) em mulheres, com uma diferença de 138 casos a mais para o gênero masculino (Figura 4). Essa tendência é consistente com a literatura, que frequentemente relata uma maior incidência de hanseníase entre homens. Diversos estudos sugerem que fatores biológicos, comportamentais e socioeconômicos podem contribuir para essa disparidade (Jesus *et al.*, 2023; Soares *et al.*, 2021).

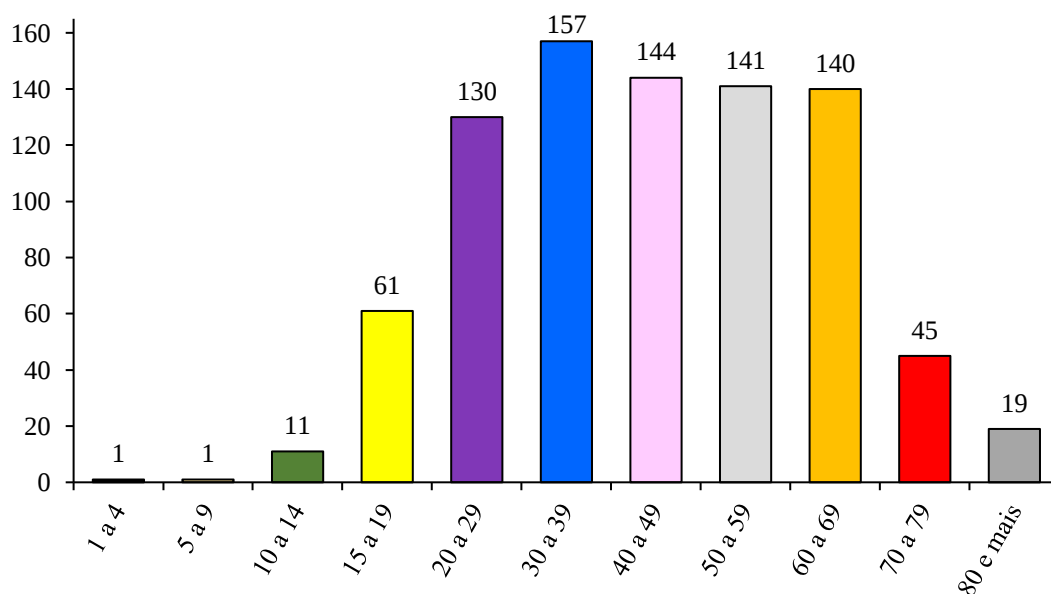
Os fatores biológicos incluem diferenças na resposta imunológica entre os gêneros, onde os homens podem ser mais suscetíveis à infecção pelo *M. leprae*. Em termos de hábitos, os homens podem ter maior exposição ao bacilo devido a atividades ocupacionais ou comportamentos de risco. Do ponto de vista socioeconômico, homens em algumas regiões podem ter menos acesso a serviços preventivos de saúde, resultando em diagnósticos mais tardios (Grossi *et al.*, 2008; Soares *et al.*, 2021).

Além disso, a distribuição desigual por gênero pode refletir padrões de notificação e busca por tratamento. Em algumas culturas, mulheres podem enfrentar barreiras maiores para acessar os

serviços de saúde devido a questões de gênero, o que pode resultar em subnotificação de casos entre mulheres (Galvão *et al.*, 2021).

Outra análise que foi detalhada no estudo se refere a distribuição dos casos de hanseníase em Anápolis, Goiás, conforme a faixa etária (Figura 5). Os dados revelam que a hanseníase afeta todas as faixas etárias, mas com uma concentração maior em grupos específicos. Observa-se que os casos são relativamente baixos em faixas etárias mais jovens, com 1 caso em crianças de 1 a 4 anos e 1 caso em crianças de 5 a 9 anos. Na faixa etária de 10 a 14 anos, há um aumento para 11 casos. Na faixa etária de 15 a 19 anos, há um aumento para 61 casos. Na faixa etária de 20 a 29 anos, há um aumento para 130 casos. Na faixa etária de 30 a 39 anos, há um aumento para 157 casos. Na faixa etária de 40 a 49 anos, há um aumento para 144 casos. Na faixa etária de 50 a 59 anos, há um aumento para 141 casos. Na faixa etária de 60 a 69 anos, há um aumento para 140 casos. Na faixa etária de 70 a 79 anos, há um aumento para 45 casos. Na faixa etária de 80 e mais anos, há um aumento para 19 casos.

Figura 5 - Distribuição dos casos de Hanseníases por Faixa Etária em Anápolis, Goiás (2010 a 2021)



Fonte: DATASUS/Tabnet, 2024

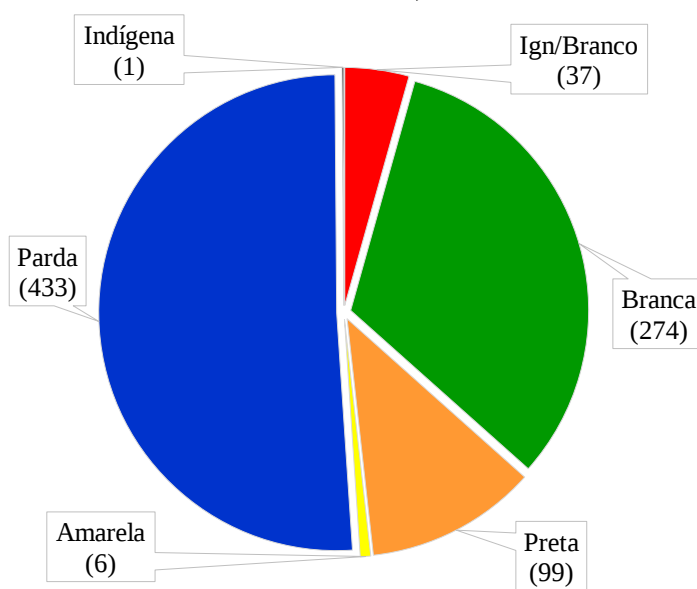
A hanseníase afetou majoritariamente indivíduos na faixa etária de 20 a 69 anos ao longo do período estudado. Este grupo etário representa a população economicamente ativa, o que pode ter implicações significativas para a economia local e para a qualidade de vida dos pacientes. Estudos indicam que a faixa etária economicamente ativa é frequentemente a mais afetada pela hanseníase, devido a fatores como maior exposição ao bacilo *M. leprae* no ambiente de trabalho e maior mobilidade (Lopes *et al.*, 2021; Soares *et al.*, 2021) (Figura 5).

A faixa etária de 30 a 39 anos apresentou o maior número de casos, seguida pela faixa de 40 a 49 anos. Esta distribuição etária é consistente com outros estudos que mostram uma alta prevalência de hanseníase entre jovens adultos e adultos de meia-idade (Ribeiro; Silva; Oliveira, 2018). A presença significativa de casos em faixas etárias mais jovens pode indicar a necessidade de intervenções direcionadas a este grupo, incluindo programas de educação e prevenção nas escolas e locais de trabalho.

Por outro lado, a menor incidência observada em crianças menores de 14 anos e em idosos acima de 70 anos pode refletir uma menor exposição ou uma maior eficácia das estratégias de controle e prevenção nesses grupos (Rocha; Nobre; Garcia, 2020; Silva *et al.*, 2022). No entanto, a ocorrência de casos em crianças sugere a transmissão ativa da doença dentro da comunidade, o que requer atenção contínua dos serviços de saúde pública.

A ordenação dos casos de hanseníase em Anápolis, Goiás, conforme a raça declarada, revela uma disparidade significativa na distribuição das notificações entre as diferentes raças. O maior número de registros foi anotado entre indivíduos que se declararam pardos, totalizando 433 casos (50,94%), em seguida, a raça branca contabilizou 274 notificações (32,23%), enquanto a raça preta registrou 99 (11,65%) ocorrências. Entre os indivíduos que se declararam amarelos, foram registrados 6 casos (0,71%), e apenas 1 ocorrência (0,12%) foi identificado entre indígenas (Figura 6).

Figura 6 - Distribuição dos casos de Hanseníases por Raça declarada em Anápolis, Goiás (2010 a 2021)



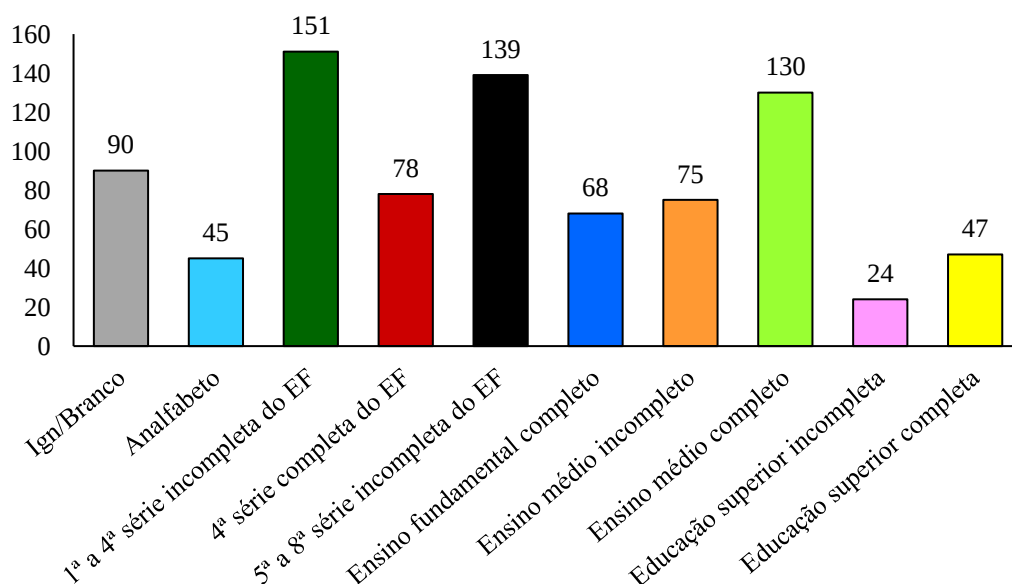
Fonte: DATASUS/Tabnet, 2024

Esta distribuição desigual pode ser influenciada por diversos fatores socioeconômicos, culturais e estruturais que afetam desproporcionalmente os grupos. Estudos sugerem que a hanseníase está frequentemente associada a condições de vida precárias, incluindo falta de saneamento básico e acesso limitado aos serviços de saúde (Jesus *et al.*, 2023; Lopes *et al.*, 2021; Ribeiro; Silva; Oliveira, 2018). A maior prevalência entre a população de cor parda pode refletir essas disparidades socioeconômicas, uma vez que este grupo racial frequentemente enfrenta maiores desafios de acesso a cuidados de saúde adequados (Hone *et al.*, 2021).

Além disso, a distribuição por raça/cor pode também ser influenciada por fatores genéticos e biológicos que afetam a susceptibilidade ao *M. leprae*. Pesquisas indicam que a resposta imunológica à hanseníase pode variar entre diferentes grupos raciais, o que pode explicar parcialmente as diferenças observadas na incidência da doença (Mendonça *et al.*, 2008; Prevedello; Mira, 2007).

A avaliação da distribuição dos casos de hanseníase por nível de escolaridade foi outra análise essencial, pois, a partir desse resultado pode-se compreender a relação entre a escolaridade e a incidência da hanseníase (Figura 7).

Figura 7 - Distribuição dos casos de Hanseníases por nível de Escolaridade em Anápolis, Goiás (2010 a 2021)



Fonte: DATASUS/Tabnet, 2024

A análise dos dados revela que a maior parte dos casos de hanseníase foi observada entre indivíduos com ensino fundamental incompleto, representando 43,3% dos casos confirmados. Seguem-se os indivíduos com ensino médio completo, com 15,3%, e aqueles com ensino médio incompleto, com 8,8%. As menores proporções foram observadas entre indivíduos com ensino

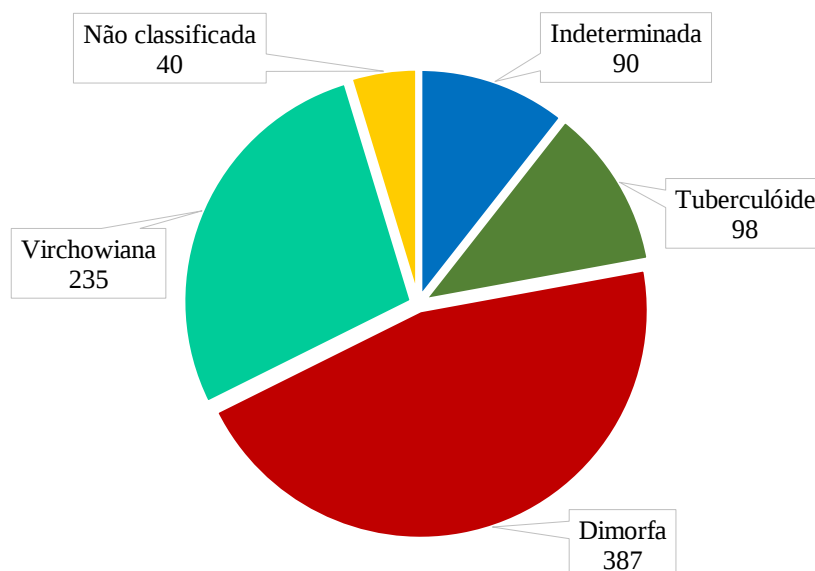
superior incompleto (2,8%), analfabetos (5,3%) e aqueles com ensino superior completo (5,5%) (Figura 7).

A alta prevalência de hanseníase entre indivíduos com baixo nível de escolaridade pode ser atribuída a diversos fatores socioeconômicos. Estudos indicam que a educação está fortemente associada ao acesso à informação e aos serviços de saúde, o que pode influenciar a capacidade dos indivíduos de reconhecer os sintomas da hanseníase e buscar tratamento precocemente (Pescarini *et al.*, 2018). Além disso, indivíduos com menor escolaridade podem viver em condições mais precárias, com maior exposição a fatores de risco para a doença (Kerr-Pontes *et al.*, 2006; Pescarini *et al.*, 2018; Taal, 2023)

A menor prevalência entre indivíduos com ensino superior pode refletir melhor acesso a informações de saúde, melhores condições de vida e maior facilidade para buscar atendimento médico adequado. No entanto, a presença de casos mesmo entre indivíduos com alta escolaridade ressalta que a hanseníase é uma doença que pode afetar qualquer segmento da população, embora a vulnerabilidade seja maior entre os menos favorecidos (Kerr-Pontes *et al.*, 2006)

A distribuição dos casos de hanseníase em Anápolis, Goiás, no período de 2010 a 2021, conforme a forma clínica da doença, revela uma predominância da forma dimorfa da hanseníase, com 387 casos (45,53%) registrados, representando a maior proporção entre todas as formas clínicas. Em seguida, a forma virchowiana contabilizou 235 notificações (27,65%), seguida pela forma tuberculóide com 98 ocorrências (11,53%). A forma indeterminada apresentou 90 casos (10,59%), enquanto 40 notificações não foram classificadas (Figura 8).

Figura 8 - Distribuição dos casos de Hanseníases por Forma Clínica em Anápolis, Goiás (2010 a 2021)



Fonte: DATASUS/Tabnet, 2024

A predominância da forma dimorfa pode ser atribuída à maior capacidade de disseminação do *M. leprae* em indivíduos com uma resposta imunológica intermediária, que não é suficientemente forte para controlar a infecção, mas também não é completamente suprimida. Esta forma clínica é frequentemente associada a uma maior carga bacteriana e a um maior risco de transmissão da doença (Froes Junior; Sotto; Trindade, 2022; Kimta *et al.*, 2024).

A presença significativa da forma tuberculóide, que é caracterizada por uma resposta imunológica mais eficiente e geralmente menos grave, indica que uma proporção considerável de pacientes tem uma melhor capacidade de controlar a infecção. No entanto, mesmo essas formas menos graves requerem atenção médica para prevenir complicações e transmissão (Talhari; Talhari; Penna, 2015).

A forma virchowiana, por outro lado, é a mais grave e está associada a uma resposta imunológica deficiente, resultando em uma alta carga bacteriana e em um risco elevado de complicações severas. Quando um paciente é identificado com essa forma significa que seu diagnóstico foi feito tardiamente, a consequência é o aumento da transmissão da doença na população. Por outro lado, para o paciente tem-se um aumento da probabilidade de complicações neurais e incapacidade física (Araújo *et al.*, 2014).

CONCLUSÕES

O gênero masculino teve a maior predominância da doença com 494 casos e 356 casos do gênero feminino, tendo em vista a diferença de 138 casos a mais para o gênero masculino. O estudo revelou que a hanseníase afeta abundantemente indivíduos na faixa etária de 20 a 60 anos ao longo

do período estudado, sendo que desses a faixa etária de 30 a 39 anos apresentou maior números de casos, seguida pela faixa etária 40 a 49 anos, o que mostra a prevalência da doença entre jovens adultos.

O estudo revelou a maior prevalência da doença entre a população de cor parda o que pode refletir essas disparidades socioeconômicas tendo em vista que este grupo racial frequentemente enfrenta maiores desafios de acesso a cuidados de saúde adequados, além disso a distribuição por raça/cor pode ser influenciada por fatores genéticos e biológicos que afeta a susceptibilidade ao *M. leprae*.

Observou-se que a maior parte dos casos de hanseníase foi encontrada entre indivíduos com ensino fundamental incompleto, representando 43,3% dos casos confirmados, mas por outro lado, a forma clínica predominante foi a dimorfa com 387 casos confirmados.

Os dados analisados indicam a urgência de ações coordenadas e sustentáveis que possam mitigar as barreiras ao tratamento e promover a detecção precoce.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L.; LIMA, L. M.; MAEDA, E. da S.; CARVALHO, L.; HOLY, J.; SARNO, E. N.; PESSOLANI, M. C. V.; BARKER, L. P. *Mycobacterium leprae* infection of human Schwann cells depends on selective host kinases and pathogen-modulated endocytic pathways. **FEMS Microbiology Letters**, vol. 238, nº 2, p. 429–437, 15 set. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.femsle.2004.08.007>.
- ANJOS, L. H. G.; CUNHA, S. M.; BATISTA, G. M.; HIGINO, T. M. M.; SOUZA, D. C. P.; ALIANÇA, A. S. dos S. Perfil epidemiológico da Hanseníase no estado do Maranhão de 2018 a 2020. **Research, Society and Development**, vol. 10, nº 15, p. e272101523156, 18 nov. 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.23156>.
- ARAÚJO, A. E. R. A.; AQUINO, D. M. C.; GOULART, I. M. B.; PEREIRA, S. R. F.; FIGUEIREDO, I. A.; SERRA, H. O.; FONSECA, P. C. A.; CALDAS, A. J. M. Complicações neurais e incapacidades em hanseníase em capital do nordeste brasileiro com alta endemicidade. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, vol. 17, nº 4, p. 899–910, 1 out. 2014. <https://doi.org/10.1590/1809-45032014000400009>.
- BARANOWSKI, C.; REGO, E. H.; RUBIN, E. J. The Dream of a *Mycobacterium*. **Microbiology Spectrum**, vol. 7, nº 2, 12 abr. 2019. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.gpp3-0008-2018>.
- BRASIL. **Boletim Epidemiológico - SVS - Nº Especial**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/especiais/2023/boletim_hansenia-se-2023_internet_completo.pdf/view. Acesso em: 22 jun. 2024.
- CAMBRI, G.; MIRA, M. T. Genetic susceptibility to leprosy-from classic immune-related candidate genes to hypothesis-free, whole genome approaches. **Frontiers in Immunology**, vol. 9, nº JUL, 20 jul. 2018. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.01674>.
- CARDOSO, C. C.; PEREIRA, A. C.; MARQUES, C. de S.; MORAES, M. O. Leprosy susceptibility: Genetic variations regulate innate and adaptive immunity, and disease outcome. **Future Microbiology**, vol. 6, nº 5, p. 533–549, maio 2011. <https://doi.org/10.2217/fmb.11.39>.
- CHIAVEGATO FILHO, A. D. P.; BARROS, F. P. C. O potencial do uso de estratégias de planificação e análise de dados para transformar a atenção primária à saúde. **Revista de Saúde Pública**, vol. 57Suppl 3, nº Suppl 3, 15 abr. 2024. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2023057supl3ed>.
- FRANCO-PAREDES, C.; RODRIGUEZ-MORALES, A. J. Unsolved matters in leprosy: A descriptive review and call for further research. **Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials**, vol. 15, nº 1, 21 maio 2016. <https://doi.org/10.1186/s12941-016-0149-x>.
- FROES JUNIOR, L. A. R.; SOTTO, M. N.; TRINDADE, M. A. B. Hanseníase: características clínicas e imunopatológicas. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, vol. 97, nº 3, p. 338–347, 1 maio 2022. <https://doi.org/10.1016/j.abd.2021.08.006>.
- GALVÃO, A. L. M.; OLIVEIRA, E.; GERMANI, A. C. C. G.; LUIZ, O. C. Determinantes estruturais da saúde, raça, gênero e classe social: uma revisão de escopo. **Saúde e Sociedade**, vol. 30, nº 2, 2021. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902021200743>.

GROSSI, M. A. F.; LEBOEUF, M. A. A.; ANDRADE, A. R. C.; BÜHRER-SÉKULA, S.; ANTUNES, C. M. F. Fatores de risco para a soropositividade do ML Flow em pacientes com hanseníase. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, vol. 41, p. 39–44, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0037-86822008000700009>.

HONE, T.; STOKES, J.; TRAJMAN, A.; SARACENI, V.; COELI, C. M.; RASELLA, D.; DUROVNI, B.; MILLETT, C. Racial and socioeconomic disparities in multimorbidity and associated healthcare utilisation and outcomes in Brazil: a cross-sectional analysis of three million individuals. **BMC Public Health**, vol. 21, nº 1, 1 dez. 2021. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11328-0>.

JESUS, I. L. R. de; MONTAGNER, M. I.; MONTAGNER, M. A.; ALVES, S. M. C.; DELDUQUE, M. C. Hanseníase e vulnerabilidade: uma revisão de escopo. **Ciência e Saúde Coletiva**, vol. 28, nº 1, p. 143–154, 2023. <https://doi.org/10.1590/1413-81232023281.09722022>.

KERR-PONTES, L. R. S.; BARRETO, M. L.; EVANGELISTA, C. M. N.; RODRIGUES, L. C.; HEUKELBACH, J.; FELDMEIER, H. Socioeconomic, environmental, and behavioural risk factors for leprosy in North-east Brazil: Results of a case-control study. **International Journal of Epidemiology**, vol. 35, nº 4, p. 994–1000, ago. 2006. <https://doi.org/10.1093/ije/dyl072>.

KIMTA, N.; MAJDALAWIEH, A. F.; NASRALLAH, G. K.; PURI, S.; NIPOVIMOVA, E.; JOMOVA, K.; KUČA, K. Leprosy: Comprehensive insights into pathology, immunology, and cutting-edge treatment strategies, integrating nanoparticles and ethnomedicinal plants. **Frontiers in Pharmacology**, vol. 15, 16 mai. 2024. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1361641>.

LOPES, F. C.; RAMOS, A. C. V.; PASCOAL, L. M.; SANTOS, F. S.; ROLIM, I. L. T. P.; SERRA, M. A. A. O.; SANTOS, L. H.; NETO, M. S. Hanseníase no contexto da Estratégia Saúde da Família em cenário endêmico do Maranhão: prevalência e fatores associados. **Ciência e Saúde Coletiva**, vol. 26, nº 5, p. 1805–1816, 2021. <https://doi.org/10.1590/1413-81232021265.04032021>.

MACHADO, C. V.; LIMA, L. D.; BAPTISTA, T. W. F. Políticas de saúde no Brasil em tempos contraditórios: caminhos e tropeços na construção de um sistema universal. **Cadernos de Saúde Pública**, vol. 33, nº Supplement 2, p. S143–S161, 2017. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00129616>.

MENDONÇA, V. A.; COSTA, R. D.; MELO, G. E. A.; ANTUNES, C. M.; TEIXEIRA, A. L. Imunologia da hanseníase. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, vol. 83, nº 4, p. 343–50, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0365-05962008000400010>.

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Diretrizes para o diagnóstico, tratamento e prevenção da hanseníase**. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/274127/9789290227076-por.pdf?sequence=47&isAllowed=y>. Acesso em: 22 jun. 2024.

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Estratégia Global de Hanseníase 2021-2030 “Rumo à zero hanseníase”. **Organização Mundial da Saúde, Escritório Regional para o Sudeste Asiático**, Nova Delhi, 2021. Disponível em: <http://apps.who.int/bookorders>. Acesso: 18 abr. 2024.

PESCARINI, J. M.; STRINA, A.; NERY, J. S.; SKALINSKI, L. M.; ANDRADE, K. V. F. de; PENNA, M. L. F.; BRICKLEY, E. B.; RODRIGUES, L. C.; BARRETO, M. L.; PENNA, G. O. Socioeconomic risk markers of leprosy in high-burden countries: A systematic review and meta-

analysis. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, vol. 12, nº 7, 9 jul. 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006622>.

PREVEDELLO, F. C.; MIRA, M. T. Hanseníase: uma doença genética? **Anais Brasileiros de Dermatologia**, vol. 82, nº 5, p. 451–459, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0365-05962007000500009>.

RAHMAN, N. A.; RAJARATNAM, V.; BURCHELL, G. L.; PETERS, R. M.H.; ZWEEKHORST, M. B. M. Experiences of living with leprosy: A systematic review and qualitative evidence synthesis. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, vol. 16, nº 10, 1 out. 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010761>.

RIBEIRO, M. D.; SILVA, J. C.; OLIVEIRA, S. Estudo epidemiológico da hanseníase no Brasil: reflexão sobre as metas de eliminação. **Revista Panamericana de Salud Pública**, p. 1–7, 2018. <https://doi.org/10.26633/rpsp.2018.42>.

ROCHA, M. C. N.; NOBRE, M. L.; GARCIA, L. P. Características epidemiológicas da hanseníase nos idosos e comparação com outros grupos etários, Brasil (2016-2018). **Cadernos de Saúde Pública**, vol. 36, nº 9, 2020. <https://doi.org/10.1590/0102/311X00048019>.

SANTOS, K. C. B.; CORRÊA, R. G. C. F.; ROLIM, I. L. T. P.; PASCOAL, L. M.; FERREIRA, A. G. N. Estratégias de controle e vigilância de contatos de hanseníase: revisão integrativa. **Saúde em Debate**, vol. 43, nº 121, p. 576–591, abr. 2019. <https://doi.org/10.1590/0103-1104201912122>.

SILVA, F. J. L. A.; AQUINO, D. M. C.; MONTEIRO, E. M. L. M.; COUTINHO, N. P. S.; CORRÊA, R. G. C. F.; PAIVA, M. F. L. Hanseníase em menores de 15 anos: Caracterização Sociodemográfica e Clínica dos casos em um Município Hiperendêmico. **Cogitare Enfermagem**, nº 27, p. 1–13, 17 ago. 2022. <https://doi.org/10.5380/ce.v27i0.82221>.

SOARES, G. M. M. M.; SOUZA, E. A.; FERREIRA, A. F.; GARCÍA, G. S. M.; OLIVEIRA, M. L. W-D-R.; PINHEIRO, A. B. M.; SANTOS, M. A. M.; RAMOS JR, A. N.. Fatores sociodemográficos e clínicos de casos de hanseníase associados ao desempenho da avaliação de seus contatos no Ceará, 2008-2019*. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, vol. 30, nº 3, 2021. <https://doi.org/10.1590/S1679-49742021000300024>.

SOUSA, G. S.; SILVA, R. L. F.; XAVIER, M. B. Hanseníase e Atenção Primária à Saúde: uma avaliação de estrutura do programa. **Saúde em Debate**, vol. 41, nº 112, p. 230–242, mar. 2017. <https://doi.org/10.1590/0103-1104201711219>.

SUGAWARA-MIKAMI, M.; TANIGAWA, K.; KAWASHIMA, A.; KIRIYA, M.; NAKAMURA, Y.; FUJIWARA, Y.; SUZUKI, K. Pathogenicity and virulence of *Mycobacterium leprae*. **Virulence**, vol. 13, nº 1, p. 1985–2011, 2022. <https://doi.org/10.1080/21505594.2022.2141987>.

SZWARCWALD, C. L.; STOPA, S. R.; DAMACENA, G. N.; ALMEIDA, W. S.; SOUZA JÚNIOR, P. R. B.; VIEIRA, M. L. F. P.; PEREIRA, C. A.; SARDINHA, L. M. V.; MACÁRIO, E. M. Mudanças no padrão de utilização de serviços de saúde no Brasil entre 2013 e 2019. **Ciência e Saúde Coletiva**, vol. 26, p. 2515–2528, 2021. <https://doi.org/10.1590/1413-81232021266.1.43482020>.

TAAL, A. T.; BARRETO, J. G.; SOUSA, G. S.; ROCHA, A. M.; FERREIRA, N. N. L.; SILVA, J. A. M.; HINDERS, D. C.; BRAKEL, W. H. van; RICHARDUS, J. H.; BLOK, D. J. The geographical distribution and socioeconomic risk factors of COVID-19, tuberculosis and leprosy

in Fortaleza, Brazil. **BMC Infectious Diseases**, vol. 23, nº 1, 1 dez. 2023. <https://doi.org/10.1186/s12879-023-08627-9>.

TALHARI, C.; TALHARI, S.; PENNA, G. O. Clinical aspects of leprosy. **Clinics in Dermatology**, vol. 33, nº 1, p. 26–37, 1 jan. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2014.07.002>.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global leprosy (Hansen disease) update, 2021: moving towards interruption of transmission. **WEEKLY EPIDEMIOLOGICAL RECORD**, nº 36, p. 429–450, 9 set. 2022. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/362412/WER9736-429-450-eng-fre.pdf?sequence=1>. Acesso em: 22 jun. 2024.

ARTIGO 4 (PUBLICADO)

SILVA, R.C.; SILVA, F.V.; AMARAL, A.G.; PEIXOTO, J.C. Evidência empírica da melhoria da infraestrutura de água e esgoto na redução das Internações por Doenças Relacionadas ao Saneamento. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v.17, n.9, p. 01-15, 2024.

(Estrutura, de acordo com as normas de publicação da revista)

Evidência empírica da melhoria da infraestrutura de água e esgoto na redução das Internações por Doenças Relacionadas ao Saneamento

Empirical Evidence of the Improvement of Water and Sewage Infrastructure in Reducing Hospitalizations Due to Sanitation-Related Diseases

Evidencia Empírica de la Mejora de la Infraestructura de Agua y Alcantarillado en la Reducción de las Hospitalizaciones por Enfermedades Relacionadas con el Saneamiento

DOI: 10.55905/revconv.17n.9-108

Originals received: 08/05/2024

Acceptance for publication: 08/23/2024

Ricardo Carvalho Silva

Mestrado em Medicina Tropical

Universidade Federal de Goiás

Endereço: Anápolis – Goiás, Brasil

E-mail: ricardo.carvalho@ueg.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4309-3705>

Failla Vitória Silva

Graduada em Farmácia

Universidade Estadual de Goiás

Endereço: Anápolis – Goiás, Brasil

E-mail: faillavitoria@aluno.ueg.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-3150-8702>

Alliny das Graças Amaral

Doutorado em Ciência Animal

Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Endereço: Anápolis – Goiás, Brasil

E-mail: alliny.amaral@ueg.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1418-9698>

Josana Castro Peixoto

Doutorado em Ciências Biológicas

Universidade Federal de Goiás

Endereço: Anápolis – Goiás, Brasil

E-mail: josana.peixoto@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3496-1315>

RESUMO

Este estudo investiga a relação entre a melhoria do saneamento básico e a redução das internações por Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) no município de Jaraguá-GO, no período de 2010 a 2021. O objetivo foi verificar se as melhorias nas condições de salubridade ambiental resultaram na redução das internações por DRSAI. Para o seu desenvolvimento utilizou-se uma metodologia de abordagem ecológica, observacional e retrospectiva, com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Os resultados mostraram uma queda significativa de 97,59% nas internações por DRSAI, acompanhada por uma redução de 42,16% nas internações totais. A aplicação do Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) indicou uma melhora contínua nos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, correlacionando-se negativamente com as internações por DRSAI. Apesar das melhorias observadas, persistem desafios significativos, como a cobertura insuficiente de água tratada (78,86%) e esgoto (24,97%). Conclui-se que, embora as melhorias no saneamento básico em Jaraguá tenham contribuído para a redução das internações por DRSAI, há necessidade de avanços adicionais na infraestrutura para atingir níveis ideais de saúde pública.

Palavras-chave: DRSAI; Saneamento Ambiental; Qualidade da Água; Salubridade.

ABSTRACT

This study investigates the relation between the basic sanitation improvement and the hospitalizations reduction due to the Inadequate Environmental Sanitation Related Diseases (IESRD), in the municipality of Jaraguá-GO, from 2010 to 2021. The objective was to verify if the improvements in environmental health conditions resulted in hospitalizations reduction due to IESRD. An ecological, observational, and retrospective approach was used to develop this study, with data from the National Sanitation Information System (SNIS) and the Unified Health System Informatics Department (DATASUS). The results showed a significant decrease of 97.59% in hospitalizations due to IESRD, accompanied by a reduction of 42.16% in the total hospitalizations. The Environmental Health Index (ISA) application indicated a continuous improvement in water supply and sanitation services and a negatively correlating with the hospitalizations due to IESRD. Despite the observed improvements, significant challenges remain, such as treated water (78.86%) and sewage (24.97%) insufficient coverage. It is concluded that although the improvements in basic sanitation at Jaraguá have contributed to the reduction of the hospitalizations due to IESRD, additional infrastructure advancements are needed to achieve ideal public health levels.

Keywords: DRSAI; Environmental Sanitation; Water Quality; Healthiness.

RESUMEN

Este estudio investiga la relación entre la mejora del saneamiento básico y la reducción de las hospitalizaciones debido a Enfermedades Relacionadas con el Saneamiento Ambiental Inadecuado (ERSAI) en el municipio de Jaraguá-GO, desde 2010 hasta 2021. El objetivo fue verificar si las mejoras en las condiciones de salud ambiental resultaron en la reducción de hospitalizaciones debido a ERSAI. Se utilizó un enfoque ecológico, observacional y retrospectivo, con datos del Sistema Nacional de Información sobre Saneamiento (SNIS) y del Departamento de Informática del Sistema Único de Salud (DATASUS). Los resultados mostraron una disminución significativa del 97,59% en las hospitalizaciones por ERSAI, acompañada de una reducción del 42,16% en las hospitalizaciones totales. La aplicación del Índice de Salud Ambiental (ISA) indicó una mejora continua en los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, correlacionándose negativamente con las hospitalizaciones por ERSAI. A pesar de las mejoras observadas, persisten desafíos significativos, como la cobertura insuficiente de agua tratada (78,86%) y alcantarillado (24,97%). Se concluye que, aunque las mejoras en el saneamiento básico en Jaraguá han contribuido a la reducción de hospitalizaciones por ERSAI, se necesitan avances adicionales en infraestructura para alcanzar niveles ideales de salud pública.

Palabras clave: DRSAl; Saneamiento Ambiental; Calidad del Agua; Salubridad.

INTRODUÇÃO

A influência humana no ambiente, especialmente quando combinada à falta ou à ineficácia do saneamento, pode elevar os índices de doenças e diminuir tanto a expectativa quanto a qualidade de vida das pessoas (Ferreira; Silva; Figueiredo Filho, 2021; Lima; Santos; Medeiros, 2017; Massa; Chiavegatto Filho, 2020). Em algumas regiões é clara a ligação entre a propagação de certas enfermidades e a carência de serviços sanitários adequados, abrangendo questões como escassez de água potável, inadequação do saneamento básico, poluição por resíduos sólidos e condições habitacionais precárias (Marks *et al.*, 2020; Prüss-Ustün *et al.*, 2019).

Além disso, as condições precárias de acesso aos serviços de saneamento básico facilitam a propagação de bactérias, vírus, parasitas e consequentemente eleva as taxas das Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) (Aquino, 2020; Rodrigues; Venson; Camara, 2019). Essas doenças foram classificadas em cinco grupos pela Fundação Nacional da Saúde (FUNASA): doenças de transmissão feco-oral, como diarreias e hepatites; doenças relacionadas à falta de higiene, como as conjuntivites e o tracoma; doenças causadas por vetores que se proliferam em ambientes insalubres, como dengue e malária; doenças parasitárias geohelmínticas, como estrogiloidíase e teníase; e doenças resultantes do contato com a água contaminada, como leptospirose e esquistossomose (Funasa, 2010).

Em razão disso, atualmente, muito se discute sobre o saneamento ambiental inadequado, pois além de afetar a saúde, tem um impacto direto na qualidade de vida de milhões de pessoas ao redor do mundo (WHO, 2019b). No Brasil, apesar dos progressos recentes, persistem sérios desafios relacionados à deficiência dos serviços de saneamento básico, especialmente na coleta, abastecimento de água e tratamento de esgoto (Oliveira *et al.*, 2019). Nesse contexto, é fundamental compreender o conceito de saneamento ambiental, que é definido pela Lei nº 11.445 de 2007, como o grupo de serviços, infraestruturas e instalações destinadas ao fornecimento de água, tratamento de esgoto, limpeza das áreas urbanas, gestão de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais nas áreas urbanas. O saneamento básico, sendo um componente essencial do saneamento ambiental, desempenha um papel crucial na garantia da saúde pública e do bem-estar nas áreas urbanas (Prüss-Ustün *et al.*, 2019). Portanto, a eficácia desses serviços é vital para a melhoria das condições de vida e da promoção da saúde nas comunidades urbanas.

Desse modo, para avaliar a saúde ambiental urbana, o Conselho Estadual de Saneamento Ambiental (CONESAN) de São Paulo/SP introduziu, em 1999, uma metodologia que resultou na criação do Indicador de Salubridade Ambiental (ISA). Este indicador mede a salubridade urbana e tem se adaptado ao longo do tempo às necessidades locais, de acordo com o previsto em seu

manual de criação (Teixeira; Prado Filho; Santiago, 2018; Ventura *et al.*, 2022). A criação do ISA junto com outras medidas de saúde implementadas no século XX, resultou em melhorias significativas no país, evidenciando um papel efetivo na redução e até na erradicação de várias doenças endêmicas e epidêmicas (Teixeira; Prado Filho; Santiago, 2020).

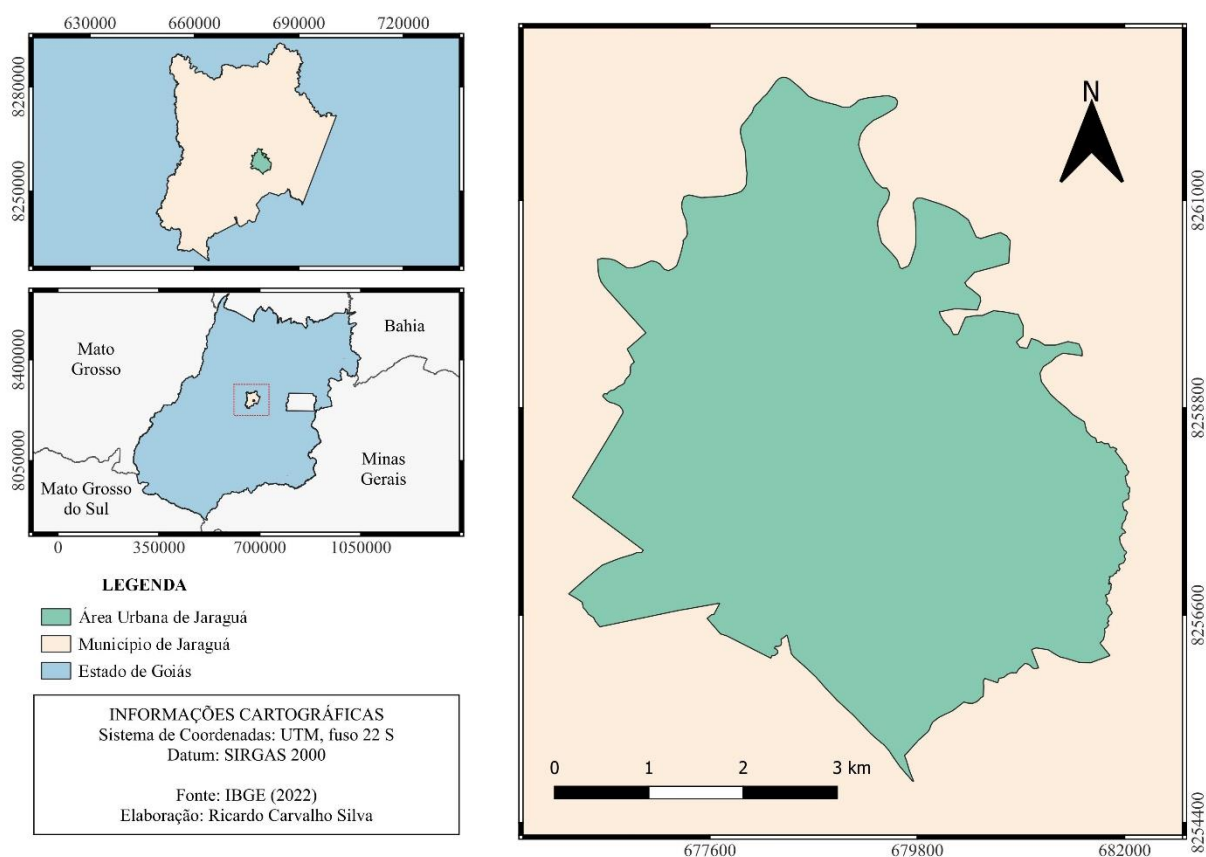
No entanto, mesmo com essas melhorias, as doenças relacionadas às condições precárias de vida ainda desempenham um papel significativo na morbidade e mortalidade da população e continuam a impactar o sistema de saúde, visto que muitos municípios ainda possuem saneamento insalubre (Brasil, 2019). Estudos anteriores (Ferreira *et al.*, 2021; Khan *et al.*, 2021) indicam que as altas incidências de internações por DRSAl sugerem uma vulnerabilidade nos sistemas públicos de saneamento ou uma vulnerabilidade socioeconômica dos municípios. Isso levanta a questão: será que a melhoria da salubridade ambiental, especialmente através do fornecimento de água tratada e coleta de esgoto, pode reduzir significativamente o número de internações por DRSAl? Considerando a escassez de estudos focados em municípios menores do Brasil, este trabalho visa preencher essa lacuna. O objetivo é investigar de forma abrangente a relação entre o saneamento básico e as internações por DRSAl no município de Jaraguá, Goiás, verificando se as melhorias nas condições de saneamento básico influenciam diretamente a redução das internações por DRSAl.

METODOLOGIA

Este estudo é de natureza ecológica, observacional, retrospectivo e realizado através de dados secundários. A região urbana alvo da pesquisa foi Jaraguá, localizada no estado de Goiás na região Centro-Oeste do Brasil, entre as coordenadas 15° 44' 31" Sul, 49° 20' 6" Oeste (Figura 1). O município apresenta uma área territorial de 1.848,94 km² e uma população, conforme censo do IBGE de 2022, de 45.223 pessoas. A região está localizada a cerca de 121 Km da capital do estado, Goiânia, possui os municípios de Pirenópolis, Goianésia, São Francisco de Goiás, Uruana, Itaguaru, Itaguari, Jesúpolis e Santa Isabel como limítrofes.

O estudo utilizou dados de indicadores municipais relacionados ao saneamento básico de Jaraguá, as informações foram extraídas da série temporal disponível no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Da mesma forma, foram examinados dados secundários sobre as internações causadas pelas principais doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAl), obtidos através do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS (TABNET).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Autores, 2024

Durante o período de 2010 a 2021, a pesquisa investigou a associação entre as condições de saneamento básico da população e os casos de internações relacionadas às principais DRSAl. O modelo de análise considerou as seguintes variáveis:

- Internações Hospitalares por DRSAl – o trabalho considerou o quantitativo de internações por doenças selecionadas segundo lugar de residência. As morbidades examinadas foram escolhidas por suas associações com os ambientes insalubres, a saber: diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível (CID-10 A09) e outras doenças infecciosas intestinais (CID-10 A02, A04-A05, A07-A08) (Cardoso *et al.*, 2023);
- Indicador de Salubridade Ambiental de áreas Urbanas (ISA/Urbano) - avalia a salubridade ambiental de uma área urbana (Bilmayer; Mezzomo; Gonçalves, 2020);
- Indicador de Abastecimento de Água Urbano (I_{AB}) - examina a situação do abastecimento de água por meio de indicadores associados ao sistema (Shibasaki, 2022);
- Indicador de Esgotamento Sanitário Urbano (I_{ES}) - examina as condições do esgotamento sanitário por meio de indicadores associados ao sistema (Shibasaki, 2022).

Para o cálculo do ISA/Urbano o estudo empregou a Equação 1, desenvolvida a partir de uma adaptação da metodologia da (Shibasaki, 2022).

$$ISA/Urbano = 0,290.I_{AB} + 0,288.I_{ES} + 0,221.I_{RS} + 0,201.I_{DU} \quad (1)$$

Onde:

ISA/Urbano - Indicador de Salubridade Ambiental de áreas Urbanas;

I_{AB} - Indicador de Abastecimento de Água;

I_{ES} - Indicador de Esgotos Sanitários;

I_{RS} - Indicador de Resíduos Sólidos;

I_{DU} - Indicador de Drenagem Urbana.

A equação proposta por Shibasaki (2022), conhecida como Índice para Avaliação do Saneamento e Saúde Ambiental (ISSA), utilizou sete indicadores principais, cada um com um peso específico. A Equação 1 adotou quatro indicadores do ISSA (juntamente com seus pesos), enquanto os três indicadores restantes tiveram seus pesos combinados e distribuídos igualmente na nova equação resultante.

Por fim, com base nos resultados obtidos através da Equação 1, foi possível avaliar a saúde ambiental da área urbana de Jaraguá durante o período analisado. Isso foi alcançado ao comparar os resultados com os intervalos de pontuação de 0 a 100 estabelecidos pelo ISA/CONESAN (Tabela 1).

Tabela 1 - Situação de salubridade por faixa de pontuação do ISA/Urbano

Situação da Salubridade	Pontuação do ISA/Urbano
Insalubre	0 – 25,5
Baixa Salubridade	25,51 – 50,5
Média Salubridade	50,51 – 75,5
Salubre	75,51 – 100

Fonte: Adaptado de Shibasaki (2022)

Os dados coletados foram analisados utilizando o software estatístico *Jamovi*, versão 2.3.28.0. Inicialmente, a distribuição dos dados foi avaliada utilizando o teste de *Shapiro-Wilk* ($p \leq 0,05$), que é recomendado para amostras com tamanho inferior a 50 unidades (Miot, 2017).

Posteriormente, a análise de correlação foi conduzida utilizando o método de *Spearman*, uma medida não paramétrica que avalia a relação monotônica entre duas variáveis, especialmente útil quando os dados não seguem uma distribuição normal, isto é, trata-se de uma ferramenta valiosa na análise de dados quando a relação entre as variáveis não pode ser assumida como linear (Alsaqr, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de 2010 a 2021, conforme os registros do Sistema de Informações Hospitalares do SUS - SIH/SUS, verificou-se um volume total de 38.511 internações registradas no município objeto deste estudo. Dentro desse conjunto, 1.759 casos (4,6% do total) foram identificados como associadas às principais DRSAI, conforme a Classificação Internacional de Doenças, 10ª Revisão (A02, A04-A05, A07-A09).

Mas por outro lado, ao longo dos anos observou-se uma tendência de declínio nas internações. Em 2010, o número total de internações foi de 4.536, diminuindo para 2.621 em 2021, o que representa uma redução de 42,16%. Quando se analisa a proporção em relação à população residente na região, em 2010, havia 108 internações por cada 1.000 habitantes, enquanto em 2021 esse número reduziu para 51 (Tabela 02).

Tabela 2 - Internações e taxas de internações (por 1.000 habitantes) processadas no SIH/SUS com residência em Jaraguá-GO, Brasil, no período de 2010 a 2021

Ano do processamento	Internações totais	Taxa de internações totais (por 1.000 hab)	Internações por DRSAI	Taxa de internações por DRSAI (por 1.000 hab)
2010	4.536	108	484	11,56
2011	4.757	112	352	8,26
2012	4.203	97	230	5,28
2013	3.756	85	222	5,00
2014	3.659	81	127	2,80
2015	3.456	75	74	1,60
2016	3.003	64	94	2,00
2017	2.990	62	107	2,23
2018	2.233	46	28	0,57
2019	1.481	30	12	0,24
2020	1.816	36	14	0,28
2021	2.621	51	15	0,29

Fonte: Autores, 2024

Em uma análise temporal longitudinal da Tabela 2, nota-se que as internações totais apresentaram uma clara diminuição até 2019. Nesse ano, houve apenas 1.481 internações totais (30 por 1.000 habitantes), mantendo-se baixas em 2020 com 1.816 internações (36 por 1.000 habitantes). No entanto, em 2021, aumentou para 2.621 internações (51 por 1.000 habitantes), essa alta pode ser o reflexo de uma combinação de fatores, incluindo a sobrecarga do sistema de saúde devido à pandemia da COVID-19 e outros problemas de saúde que surgiram após um ano de restrição (Moynihan *et al.*, 2021; Rennert-May *et al.*, 2021).

Com relação às internações por DRSAI, objeto dessa pesquisa, ao examinar a sua evolução entre os anos de 2010 e 2021, foi identificada uma queda de aproximadamente 97,59% na taxa de internação para essas doenças específicas (CID-10 A02, A04-A05, A07-A09) (Tabela 2). Esta queda expressiva pode ser um indicativo de melhoras nos serviços de saneamento básico. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a melhora desse serviço poderia, em 2019, ter evitado cerca de 395.000 mortes de crianças menores de 5 anos de idade, principalmente devido à redução de doenças diarreicas (WHO, 2019a).

Muitos outros estudos corroboram essa ideia, isto é, as iniciativas em programas que visam a melhoria do acesso à água potável, ao saneamento adequado e as práticas de higiene, são ações que previnem as doenças e promovem a saúde pública. Como exemplo pode-se destacar o estudo do (Merid *et al.*, 2023), os pesquisadores conseguiram mostrar a associação entre o acesso ao saneamento e a redução na prevalência de diarreia entre crianças menores de cinco anos em países de baixa e média renda, reforçando a importância de investimentos contínuos em infraestrutura sanitária para melhorar os resultados de saúde pública.

Em virtude ao raciocínio anterior o presente estudo analisou a evolução do saneamento básico na cidade de Jaraguá, entre os anos de 2010 a 2021. Os resultados dessa investigação podem ser observados na Tabela 3, note que os indicadores estudados (I_{AB} , I_{ES} e $ISA/Urbano$) apresentam uma melhora progressiva ao longo do período estudado, validando e justificando a redução das internações por DRSAI. A melhora expressiva no saneamento urbano na cidade de Jaraguá, refletidas pelos resultados da Tabela 3, indicam não apenas um avanço na saúde pública, mas também é possível notar uma correlação inversamente proporcional entre as internações por DRSAI e os indicadores de saneamento, como evidenciado pela matriz de correlação de *Spearman* (Tabela 4).

Tabela 3 - Evolução dos indicadores I_{AB} , I_{ES} e ISA/Urbano de Jaraguá Goiás entre os anos de 2010-2021

Ano do processamento	I_{AB}	I_{ES}	ISA/Urbano
2010	79,98	0,43	23,32
2011	81,37	11,13	26,80
2012	86,43	11,60	28,41
2013	86,87	16,17	29,85
2014	90,99	19,96	32,14
2015	90,03	20,27	31,95
2016	90,18	20,94	32,18
2017	91,60	21,70	45,75
2018	89,13	22,79	44,37
2019	90,40	22,81	44,74
2020	90,50	22,29	49,30
2021	91,29	21,81	49,21

Fonte: Autores, 2024

Com relação a Tabela 4, é possível observar uma correlação negativa e significativa entre as internações por DRSAI e o abastecimento de água urbana ($\rho = -0,643$, $p < 0,05$) sugerindo que a redução das internações por essas doenças está amplamente relacionada ao abastecimento de água. O acesso a água potável é crucial para reduzir a incidência de inúmeras doenças, portanto esse achado mostra a importância da infraestrutura básica de uma cidade para o desenvolvimento da saúde pública de sua população (WHO, 2019b).

Tabela 4 - Matriz de correlação de *Spearman* sobre Internações por DRSAI e Serviços de Saneamento Urbano

	Internações por DRSAI	Abastecimento de água urbano	Esgotamento sanitário Urbano	ISA/Urbano
Internações por DRSAI	1			
Abastecimento de água urbano	- 0,643*	1		
Esgotamento sanitário Urbano	- 0,951***	0,657*	1	
ISA/Urbano	- 0,867***	0,860***	0,888***	1

Nota: * $p < 0,05$ / ** $p < 0,01$ / *** $p < 0,001$

Fonte: Autores, 2024

Consequente, existe uma outra correlação ainda mais forte, ocorre entre as internações por DRSAI e o esgotamento sanitário urbano ($\rho = -0,951$, $p < 0,001$). Esse resultado é consistente com as descobertas de Teixeira *et al.* (2014), que avaliaram o impacto das deficiências do saneamento na saúde pública do Brasil. Ambos os estudos demonstram que melhorias no esgotamento sanitário

estão significativamente associadas à redução das internações por DRSAI. Teixeira *et al.* (2014) aplicaram uma metodologia abrangente para correlacionar as deficiências no saneamento e o impacto na saúde pública, com foco nos gastos e nas taxas de morbidade e mortalidade. De forma similar, nossos resultados indicam que a expansão e o aprimoramento do sistema de esgotamento sanitário resultaram em uma diminuição substancial nas taxas de internação por doenças relacionadas ao saneamento inadequado, reforçando a importância de políticas públicas voltadas para a melhoria do saneamento básico.

Do mesmo modo, mais uma correção forte e negativa pode ser vista entre as internações por DRSAI e o ISA/Urbano ($p = -0,867$, $p < 0,001$), esse resultado sugere que melhores indicadores de saneamento ambiental urbano estão associados a menores taxas de internações por doenças relacionadas ao saneamento. Esse achado está alinhado com a opinião de outros pesquisadores da área, onde afirmam que a infraestrutura inadequada de saneamento contribui para a proliferação de doenças infecciosas, isto é, a necessidade de melhorias integradas no saneamento é imprescindível na promoção da saúde pública (Ezeudu; Abdulrauf, 2023; Kanungo *et al.*, 2021). Entretanto é necessário ressaltar a importância da abordagem coordenada e integrada dos serviços urbanos básicos, isso para alcançar os resultados sustentáveis e a melhora na qualidade de vida da população (Scott *et al.*, 2019).

De modo igual, outro resultado que merece atenção é a forte correlação positiva entre o ISA/Urbano e os indicadores de saneamento (I_{AB} e I_{ES}), esse achado sugere que o Indicador de Saneamento Ambiental Urbano está diretamente relacionado com a melhora do esgotamento sanitário e do serviço de água tratada.

Por fim, apesar da melhora no cenário de saneamento básico na cidade de Jaraguá, durante o período analisado, é importante destacar a situação da cidade, observada no último ano avaliado, 2021. Os indicadores do SNIS de 2021 mostra que apenas 78,86% da população recebia água tratada, um valor inferior às médias estadual (89,02%) e nacional (84,02%). Isso significa que 11.029 habitantes de Jaraguá (21,14%) não têm acesso à água potável. Por outro lado, a situação do esgotamento sanitário é ainda mais crítica, atendendo apenas 24,97% da população, comparado às médias estadual e nacional de 70,78% e 66,95%, respectivamente, deixando 39.138 habitantes (75,03%) sem coleta de esgoto. Em suma, conclui-se que a falta dessas infraestruturas pode causar surtos/disseminação de doenças e degradação ambiental, além disso essa situação pode repercutir negativamente na saúde e na qualidade de vida da população impactando diretamente na saúde pública.

CONCLUSÃO

Diante do estudo, conclui-se que a análise dos dados de Jaraguá-GO, entre 2010 e 2021, indicou que a melhora expressiva no saneamento básico, evidenciada pelo aumento dos índices I_{AB} , I_{ES} e $ISA/Urbano$, correlaciona-se diretamente com a redução das internações por DRSAI. A matriz de correlação de *Spearman* reflete essa correlação, demonstrando uma relação significativa e negativa entre internações por DRSAI e os indicadores de esgotamento sanitário e abastecimento de água.

Durante o período estudado observou uma queda de 97,59% nas taxas de internações por DRSAI, acompanhada por uma relevantes melhora nos indicadores de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Esses resultados validam a hipótese de que os avanços no saneamento básico impactam significativamente na redução de internações por DRSAI. No entanto, apesar do progresso na salubridade ambiental de Jaraguá, o município ainda enfrenta desafios importantes, visto que em 2021 o abastecimento de água cobria apenas 78,86% da população, enquanto o esgotamento sanitário atendia apenas 24,97%. Por fim, a universalização do saneamento básico, o que inclui o acesso equitativo aos serviços de abastecimento de água potável e de esgotamento sanitário, é crucial para a promoção da saúde pública. Portanto, a continuidade e a ampliação das iniciativas de infraestrutura são indispensáveis para alcançar níveis ideais de saúde e bem-estar.

REFERÊNCIAS

ALSAQR, A. M. Remarks on the Use of Pearson's and Spearman's Correlation Coefficients in Assessing Relationships in Ophthalmic Data. **African Vision and Eye Health**, vol. 80, nº 1, 2021. <https://doi.org/10.4102/AVEH.V80I1.612>.

AQUINO, D. S. Influência do acesso a saneamento básico na incidência e na mortalidade por COVID-19. **Revista Thema**, vol. 18, nº Especial, p. 319–331, 8 out. 2020. <https://doi.org/10.15536/thema.v18.especial.2020.319-331.1798>.

BILMAYER, A. F.; MEZZOMO, M. M.; GONÇALVES, M. S. Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) como ferramenta para Análise da Qualidade Ambiental Urbana do Município de Peabiru - PR. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, vol. 9, nº 3, p. 330–347, 2020. <https://doi.org/10.3895/rbpd.v9n3.9347>.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Brasília, DF: Diário Oficial da União, Seção 1, p. 3, jan. 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm. Acesso em: 8 nov. 2023.

BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Impactos na Saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de Agravos Relacionados a um Saneamento Ambiental Inadequado**. Brasília: [s. n.], 2010. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/bitstream/handle/123456789/593/Impactos%20na%20Saude%20e%20no%20sistema%20unico%20de%20saude.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 8 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças não Transmissíveis. Saúde Brasil 2019: **Uma análise da situação de saúde com enfoque nas doenças imunopreveníveis e na imunização**. Brasília: [s. n.], 2019. Disponível em: https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_brasil_2019_analise_situacao.pdf. Acesso em: 8 nov. 2023.

CARDOSO, L. C.; MIRANDA, R. C. M.; BRITO, A. P.; GOMES, W. C.; ALIANÇA, A. S. S.; DIBAI, D. B.; SILVA, F. M. A. M.; GONÇALVES, M. C.; SANTOS, A. F.; BARBOSA, J. M. A.; RÊGO, A. S. Internações de crianças por Doenças Relacionadas ao Saneamento Inadequado na Região Metropolitana de São Luís – MA. **Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia**, vol. 11, nº 3, p. 3033–3042, 23 out. 2023. <https://doi.org/10.16891/2317-434x.v11.e3.a2023.pp3033-3042>.

EZEUDU, T. S.; ABDULRAUF, A. Impact of Urban Proximity on the Spread of Infectious Diseases: A Case Study of Onitsha, Anambra State, Nigeria. **SciBase Epidemiol Public Health**, vol. 1, nº 1, 2023. <https://doi.org/10.52768/epidemiology/1004>.

FERREIRA, D. C.; GRAZIELE, I.; MARQUES, R. C.; GONÇALVES, J. Investment in drinking water and sanitation infrastructure and its impact on waterborne diseases dissemination: The Brazilian case. **Science of the Total Environment**, vol. 779, 20 jul. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146279>.

FERREIRA, D.; SILVA, L.; FIGUEIREDO FILHO, D. B. Saneamento importa? Uma análise da relação entre condições sanitárias e COVID-19 nas capitais brasileiras. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 2, nº 6, p. 1079–1084, 2021. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220200355>.

KANUNGO, S.; CHATTERJEE, P.; SAHA, J.; PAN, T.; CHAKRABARTY, N. D.; DUTTA, S. Water, Sanitation, and Hygiene Practices in Urban Slums of Eastern India. **Journal of Infectious Diseases**, vol. 224, nº S5, p. S573–S583, 15 nov. 2021. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiab354>.

KHAN, M. T.; SHAH, I. A.; IHSANULLAH, I.; NAUSHAD, M.; ALI, S.; SHAH, S. H. A.; MOHAMMAD, A. W. Hospital wastewater as a source of environmental contamination: An overview of management practices, environmental risks, and treatment processes. **Journal of Water Process Engineering**, vol. 41, 1 jun. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.101990>.

LIMA, R. O. L.; SANTOS, E. L. N.; MEDEIROS, J. P. Saneamento e Saúde Pública: Análise das Relações entre Indicadores no Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, vol. 7, nº 2, p. 134–151, 2017. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/view/1274>. Acesso em: 20 jan. 2024.

MARKS, S. J.; CLAIR-CALIOT, G.; TAING, L.; BAMWENDA, J. T.; KANYESIGYE, C.; RWENDEIRE, N. E.; KEMERINK-SEYOUM, J. S.; KANSIIME, F.; BATEGA, D. W.; FERRERO, G. Water supply and sanitation services in small towns in rural-urban transition zones: The case of Bushenyi-Ishaka Municipality, Uganda. **NPJ Clean Water**, vol. 3, nº 1, 1 jan. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41545-020-0068-4>.

MASSA, K. H. C.; CHIAVEGATTO FILHO, A. D. P. Basic sanitation and self-reported health in brazilian capitals: A multilevel analysis. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, vol. 23, p. 1–13, 2020. <https://doi.org/10.1590/1980-549720200050>.

MERID, M. W.; ALEM, A. Z.; CHILOT, D.; BELAY, D. G.; KIBRET, A. A.; ASRATIE, M. H.; SHIBABAW, Y. Y.; ARAGAW, F. M. Impact of access to improved water and sanitation on diarrhea reduction among rural under-five children in low and middle-income countries: a propensity score matched analysis. **Tropical Medicine and Health**, vol. 51, nº 1, 1 dez. 2023. <https://doi.org/10.1186/s41182-023-00525-9>.

MIOT, H. A. Avaliação da normalidade dos dados em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**, vol. 16, nº 2, p. 88–91, 2017. <https://doi.org/10.1590/1677-5449.041117>.

MOYNIHAN, R.; SANDERS, S.; MICHALEFF, Z. A.; SCOTT, A. M.; CLARK, J.; TO, E. J.; JONES, M.; KITCHENER, E.; FOX, M.; JOHANSSON, M.; LANG, E.; DUGGAN, A.; SCOTT, I.; ALBARQOUNI, L. Impact of COVID-19 pandemic on utilisation of healthcare services: A systematic review. **BMJ Open**, vol. 11, nº 3, 16 mar. 2021. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-045343>.

OLIVEIRA, J. L. M.; COHEN, S. C.; KLIGERMAN, D. C.; CARDOSO, T. A. O.; ASSUMPÇÃO, R. S. F. V.; BARROCAS, P. R. G. Os desafios do saneamento como promoção da saúde da população brasileira. **Saúde em Debate**, vol. 43, nº Especial 3, p. 4–5, dez. 2019. <https://doi.org/10.1590/0103-11042019s300>.

PRÜSS-USTÜN, A.; WOLF, J.; BARTRAM, J.; CLASEN, T.; CUMMING, O.; FREEMAN, M. C.; GORDON, B.; HUNTER, P. R.; MEDLICOTT, K.; JOHNSTON, R. Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene for selected adverse health outcomes: An updated analysis with a focus on low- and middle-income countries. **International Journal of Hygiene**

and Environmental Health, vol. 222, nº 5, p. 765–777, 1 jun. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.05.004>.

RENNERT-MAY, E.; LEAL, J.; THANH, N. X.; LANG, E.; DOWLING, S.; MANNS, B.; WASYLAK, T.; RONKSLEY, P. E. The impact of COVID-19 on hospital admissions and emergency department visits: A population-based study. **PLOS ONE**, vol. 16, nº 6, 1 jun. 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252441>.

RODRIGUES, K. C. T. T.; VENSON, A. H.; CAMARA, M. R. G. Distribuição Espacial do Acesso aos Serviços de Saneamento Básico nas Microrregiões Brasileiras de 2006 a 2013. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, vol. 15, nº 1, p. 137–151, 2019. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/4325>. Acesso em: 20 jan. 2024.

SCOTT, R.; SCOTT, P.; HAWKINS, P.; BLACKETT, I.; COTTON, A.; LEREBOURS, A. Integrating basic urban services for better sanitation outcomes. **Sustainability (Switzerland)**, vol. 11, nº 23, 1 dez. 2019. <https://doi.org/10.3390/su11236706>.

SHIBASAKI, K. **Elaboração e Aplicação de Índice para Avaliação do Saneamento e Saúde Ambiental (ISSA)**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/16661>. Acesso em: 19 out. 2023.

TEIXEIRA, D. A.; PRADO FILHO, J. F.; SANTIAGO, A. F. Construção da equação do Indicador de Salubridade Ambiental (ISA/OP) da cidade de Ouro Preto (MG) para o gerenciamento do saneamento municipal urbano. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, vol. 08, nº 60, 2020. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/cf98/8582863f91c319e5a7fe18f98e0317d1ae55.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2024.

TEIXEIRA, D. A.; PRADO FILHO, J. F.; SANTIAGO, A. F. Indicador de salubridade ambiental: variações da formulação e usos do indicador no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 23, nº 3, p. 543–556, 2018. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018170866>.

TEIXEIRA, J. C.; OLIVEIRA, G. S.; VIALI, A. M.; MUNIZ, S.S. Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 19, nº 01, p. 87–96, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000100010>.

VENTURA, K. S.; FERRO, L. H. R.; REZENDE, D.; ALVARES, M. E. G.; SHIBASAKI, K. Indicador de Salubridade Ambiental: adaptações, contribuições metodológicas e estudo de caso em municípios da UGRHI 5. **Revista DAE**, vol. 70, nº 238, p. 56–66, 4 out. 2022. <https://doi.org/10.36659/dae.2022.068>.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Burden of disease attributable to unsafe drinking-water, sanitation and hygiene**. Geneva: [s. n.], 2019a. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240075610>. Acesso em: 8 nov. 2023.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Water, sanitation, hygiene and health - a primer for health professionals**. Geneva: [s. n.], 2019b. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CED-PHE-WSH-19.149>. Acesso em: 8 nov. 2023.