

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS  
CAMPUS SUL – SEDE MORRINHOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *Stricto Sensu* EM AMBIENTE e SOCIEDADE

CRISTIANA PAULA VINHAL

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA POR MEIO DO  
SENSORIAMENTO REMOTO EM MORRINHOS-GO**

MORRINHOS - GO  
2022

CRISTIANA PAULA VINHAL

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA POR MEIO DO  
SENSORIAMENTO REMOTO EM MORRINHOS-GO.**

Dissertação apresentada à Banca Avaliadora, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Sociedade junto ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade da Universidade Estadual de Goiás.

**Área de Concentração:** Ciências Ambientais

**Linha de Pesquisa (2):** Dinâmica socioeconômica em ambientes urbanos e rurais.

**Orientador:** Dr. Pedro Rogerio Giongo

**Universidade Estadual de Goiás**  
**Pró-Reitoria de Graduação**  
**Coordenação de Programas e Projetos**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas Regionais (SIBRE)**

Como Referenciar:

Vinhal, Cristiana Paula. **AValiação DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA POR MEIO DO SENSORIAMENTO REMOTO EM MORRINHOS-GO.**

Orientador: Pedro Rogério Giongo. 2022. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sociedade) - Universidade Estadual de Goiás – UEG, UnU Morrinhos, 2022.

**All rights reserved.**

**TODOS OS DIREITOS RESERVADOS** – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

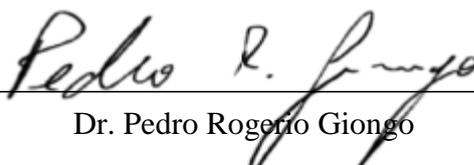
V784a	<p>Vinhal, Cristiana Paula Avaliação da Qualidade Ambiental Urbana por Meio do Sensoriamento Remoto em Morrinhos-GO. / Cristiana Paula Vinhal – Morrinhos, 2022.</p> <p>76 f. : il. Color.</p> <p>Orientador Profº Drº Pedro Rogério Giongo Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sociedade), Universidade Estadual de Goiás – UEG, UnU Morrinhos, 2022.</p> <p>1. Áreas Verdes. 2. Susceptibilidade de Alagamento. 3. Temperatura da Superfície. I. Título. II. Giongo, Pedro Rogério. III. Universidade Estadual de Goiás – UEG.</p> <p style="text-align: right;">CDU – 504</p>
-------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Catálogo na fonte:** Bibliotecária Mariana Oliveira Soldera – CRB1/3100

## Ficha de aprovação

Dissertação apresentada à Comissão Avaliadora, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Sociedade junto ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade da Universidade Estadual de Goiás.

Morrinhos, GO. 29 de agosto de 2022



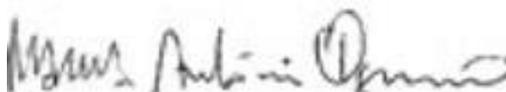
Dr. Pedro Rogério Giongo

Orientador: Presidente da Banca, UEG - Câmpus Sudoeste – Unidade de Santa Helena.



Dr. Alik Timóteo de Sousa

Examinador 1: Membro Externo, UEG - Câmpus Sul - Sede Morrinhos



Dr. Marcos Antônio Pesquero

Examinador 2: Membro Interno, UEG - Câmpus Sul - Sede Morrinhos

Dedico este trabalho,  
Ao meu pai, José Luiz Vinhal, e à minha mãe,  
Vicentina Batista de Paula Rezende Vinhal, pelo  
esforço e amor de toda uma vida.  
À minha irmã, Heny Cristina Vinhal de Moraes,  
pelo carinho e cumplicidade.  
Ao meu esposo, Cleomar Antônio da Silva, pela  
compreensão e luta.  
À minha filha, Yasmin Christine Silva Vinhal,  
por me ensinar a viver sempre com sorriso no  
rosto e a não desistir.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, porque d'Ele, por Ele e para Ele são todas as coisas, glória, pois somente a Ele pertence todas as coisas. Por todos os dias encorajar-me a continuar lutando sem desistir da caminhada, mesmo sendo em períodos tão sombrios na pandemia da Covid-19, muitas perdas e vulnerabilidades foram surgindo e, mesmo assim, não me deixou desistir.

Por ter me dado um esposo, uma filha, meus pais, que sempre se dispuseram a estar ao meu lado nos momentos de dificuldades e foram os maiores incentivadores desta conquista. Louvo a Deus todos os dias por estarem ao meu lado, em meio a tantas lutas, maiores são os milagres.

Ao meu orientador Pedro Rogerio Giongo, pelo profissionalismo, por ter me feito ver o mundo acadêmico de outra forma, pelo estágio que foi feito na UEG - Santa Helena, o qual me fez ter contato com a docência em nível superior, me dando motivação para seguir no caminho da docência e na pesquisa.

Ao PPGAS, pelo acolhimento, em especial ao professor Dr. Hamilton Afonso de Oliveira durante esta trajetória. Aos docentes do PPGAS/Morrinhos pelos ensinamentos, reflexões e orientações. Aos membros das bancas de qualificação e defesa, Prof. Dr. Alik Timóteo de Sousa e Prof. Dr. Marcos Antônio Pesquero, por terem aceitado nosso convite, pelos pertinentes apontamentos e considerações e por toda a contribuição para a melhoria deste trabalho.

Ao nosso grupo de estudos, Mariana, Letícia Cristina, Fernando e Lorena, pela união e solidariedade nas atividades.

E a todos que contribuíram de maneira direta e indireta para a realização deste trabalho.

## RESUMO

A qualidade ambiental urbana é um indicador importante, relacionando-se diretamente com as particularidades vividas pela população local. Diante disso, o objetivo fundamental desta pesquisa foi aplicar um Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) para Morrinhos-GO a partir da síntese dos indicadores ambientais. Na classe de indicadores biofísicos, foram analisadas Densidade da cobertura vegetal (Dcv), Densidade de área verde (Dav) e Temperatura da superfície (Ts); na classe da Geomorfologia e Infraestrutura, foram avaliadas a Declividade do terreno (Dt) e Susceptibilidade ao alagamento (Sa). Os referidos indicadores foram gerados e organizados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), sendo posteriormente integrados por meio da análise de pesos de evidências para a qual se adotou o método Processo Analítico Hierárquico (AHP – *Analytic Hierarchy Process*) e processados no *software* QGIS 3.22. Os resultados alcançados revelam a potencialidade das ferramentas de geoprocessamento para a integração e síntese de dados geoespaciais, permitindo-se obter produtos e aplicabilidade para a tomada de decisões no âmbito do planejamento urbano e ambiental das cidades. O IQUAU calculado na área urbana de Morrinhos, que possui seus valores compreendidos entre 1 (mínimo) e 4 (máximo), para a área de estudo, ficou entre valores de IQUAU, máximo = 3,803, média = 2,911 e mínimo = 1,233. Na análise da densidade da cobertura verde e densidade de área verde, verificou-se que são deficitárias e mal distribuídas, estando sua maior concentração em áreas de vegetações remanescentes preservadas. Os pontos de risco à inundação na cidade de Morrinhos são poucos, isso se deve ao formato do relevo ondulado e poucas partes baixas com ocupações residenciais. Com o crescimento do perímetro urbano, na atualidade, ressalta-se a necessidade de ter planejamento eficaz do uso do solo. Além disso, espera-se também que a metodologia adotada nesta pesquisa possa ser reproduzida para outras realidades urbanas similares, com as devidas adequações para cada área de análise.

**Palavras-chave:** Áreas verdes; susceptibilidade de alagamento, temperatura da superfície.

## ABSTRACT

Urban environmental quality is an important indicator, directly related to the particularities experienced by the local population. Therefore, the fundamental objective of this research was to application on Urban Environmental Quality Index (IQUA) for Morrinhos-GO, from the synthesis of the following environmental indicators. In the class of biophysical indicators, vegetation cover density (Dcv), Density of green area (Dav) and surface temperature (Ts); in the Geomorphology and Infrastructure class, the slope of the terrain (Dt) and Susceptibility to flooding (Sa) were evaluated. These indicators were generated and organized in a Geographic Information System (GIS) environment, being later integrated through the analysis of evidence weights for which the Analytic Hierarchy Process (AHP) method was adopted and processed in the software QGIS 3.22. The results achieved reveal the potential of geoprocessing tools for the integration and synthesis of geospatial data, allowing to obtain products and applicability for decision-making in the context of urban and environmental planning of cities. The IQUA calculated in the urban area of Morrinhos, which has its values between 1 (minimum) and 4 (maximum), for the study area, was between values of IQUA, maximum = 3.803, average = 2.911 and minimum = 1.233. In the analysis of the density of green cover and density of green area, it was found that they are deficient and poorly distributed, with their highest concentration in areas of preserved remaining vegetation. The risk points for flooding in the city of Morrinhos are few, this is due to the shape of the wavy relief and few low parts with residential occupations. With the growth of the urban perimeter, nowadays, the need to have effective land use planning is highlighted. In addition, it is also expected that the methodology adopted in this research can be reproduced for other similar urban realities, with the necessary adjustments for each area of analysis.

Keywords: Green areas; susceptibility to flooding, surface temperature.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	9
OBJETIVO GERAL.....	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Evolução e expansão urbana.....	13
2.1.1 A urbanização brasileira como fator que contribui para o surgimento de novas cidades .....	19
2.1.2 Aspectos ambientais e a relação sociedade-natureza.....	21
2.2 QUALIDADE AMBIENTAL URBANA .....	23
2.2.1 Formação das cidades goianas: apresentação da área de estudo.....	26
2.2.2 Indicadores de qualidade ambiental urbana .....	28
2.3 Geotecnologias .....	34
2.3.1 Sensoriamento remoto .....	34
2.3.2 Sistema de Informação Geográfica .....	36
REFERÊNCIAS .....	40
CAPITULO II.....	46
ESTUDO DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA (IQUAU) EM MORRINHOS-GO POR MEIO DOS INDICADORES BIOFÍSICO E GEOMORFOLÓGICO COM O USO DAS GEOTECNOLOGIA .....	46
RESUMO .....	46
INTRODUÇÃO.....	47
MATERIAL E MÉTODOS.....	49
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	62
REFERÊNCIAS .....	63
APÊNDICE .....	67

## 1. INTRODUÇÃO

As cidades são resultados de transformação dos recursos naturais, apropriação e mudanças, constituindo-se como produto histórico e coletivo da sociedade e na justa medida em que há a necessidade de produção e consumo do espaço urbano. A oferta e a demanda dessa construção/consumo coletivos são determinadas pelas contingências sociais que, por sua vez, determinam o uso e a troca, ou seja, o reinício de todo o processo em toda sua extensão. “Portanto, é no contexto das cidades que se dá a produção e também o consumo, que promovem os desequilíbrios ambientais” (MACIEL; MARTINS, 2020, p. 181).

Com o aumento desse consumo do espaço urbano, as novas projeções sobre o crescimento populacional indicam que, de 2019 até 2050, nove países vão responder por mais da metade do crescimento estimado para a população global: Índia, Nigéria, Paquistão, República Democrática do Congo, Etiópia, Tanzânia, Indonésia, Egito e Estados Unidos, prevendo que a população urbana mundial crescerá a uma taxa bastante elevada (ONU, 2019).

Essa informação, ressaltada pelas Organizações das Nações Unidas (ONU), gera um alerta, pois esse aumento de população urbana deve ser acompanhado por um planejamento eficaz da relação entre o tecido urbano e o ambiente natural em que se está inserido, como causa e consequência dos desequilíbrios ambientais (MACIEL; MARTINS, 2020). Na medida em que essa sociedade se projeta em um determinado território e imprime nele as características locais, forjam-se padrões de ocupação e de uso, como resultado de processos complexos dentro da organização do território (GUO *et al.*, 2020).

É equivocado pensar a organização territorial como sendo consequência apenas de relações locais (sociedade e natureza, sociedade e sociedade), uma vez que nestes lugares tanto os bens materiais como os imateriais (culturais) são objetos de intensas e tensas lutas por/contra barreiras e proteções. Os padrões mundiais de desenvolvimento como configuração de poder ajudam a determinar a forma de organização dos espaços locais (as cidades) (FORATTINI, 1991).

Pensar a relação desigual entre a produção e consumo do espaço é estabelecer parâmetros sociais mesmo com necessidades básicas semelhantes, “[...] bem como entre todos os espaços, objetivando um desenvolvimento que seja partilhado, contribuindo para um equilíbrio entre meio ambiente e sociedade, vislumbrando também, as gerações futuras” (MACIEL; MARTINS, 2020, p. 181).

Portanto, ocorre a dependência de diagnósticos e atitudes que sejam elaborados de forma interdisciplinar, a fim de se estudar e pesquisar a relação entre as diferentes esferas do planejamento urbano, seja ele social, econômico, político ou ambiental. A predominância do modo de vida urbano e industrial motivou importantes debates acerca de saúde pública e qualidade de vida nas cidades (SANTOS, 2009).

Nessa mesma linha de raciocínio, Faisal e Shaker (2017) afirmam que a identificação da qualidade ambiental urbana é uma estratégia que vem sendo adotada em vários países e que está presente em uma série de publicações científicas, dando destaque para Moreira e Messias (2020); Yue *et al.* (2019); Guo *et al.* (2020), mas que, no entanto, ainda é questionável a ideia de quais fatores poderiam determinar a qualidade ambiental, se há uma qualidade mínima e quais seriam os métodos e técnicas com os quais se poderia mapear e avaliar os efeitos de determinados usos da terra para a qualidade ambiental.

Em 2019, o governo federal, por meio do Ministério do Meio Ambiente, elegeu a Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana como atividade estratégica de gestão, visando melhorar os indicadores nas cidades brasileiras. Com esse programa, o governo pretende orientar políticas públicas urgentes, mais efetivas e eficientes, que proporcionem maior integração entre os diferentes níveis para a obtenção do resultado (BRASIL, 2021).

Ao pensar em qualidade ambiental, torna-se importante compreender sobre a paisagem local, onde a mesma torna-se, portanto, complementar ao planejamento urbano, quando considerados os indicadores ambientais para a tomada de decisões, os quais se destacam de forma a contribuir para um melhor atributo ecossistêmico e, conseqüentemente, qualidade de vida (UGEDA JÚNIOR, 2014).

Nesse processo de avaliação da qualidade ambiental urbana, a gestão ambiental pode se beneficiar das técnicas e instrumentos do geoprocessamento para a elaboração de indicadores. Cavalcante *et al.* (2020) afirmam que o geoprocessamento e o geossistema, por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG), apresentam-se como uma possibilidade de exploração e estabelecimento de novos conhecimentos científicos na área ambiental e que nas últimas três décadas houve um grande avanço das técnicas de geoprocessamento.

As técnicas e bancos de dados são úteis para uma série de análises complexas, junto ao geossistema, sendo estas representações da organização espacial, resultante da interação dos componentes físicos da natureza, que permitem investigar diferentes aspectos da natureza (estrutura, dinâmica e evolução), sob uma base unificada em termos de perspectiva e tratamento

dos problemas, permitindo a integração de dados de diversas fontes no contexto espaço-temporal, para uma análise da paisagem em diferentes escalas (ESTÊVEZ; NUCCI, 2015).

Dentro dos geossistemas, destaca-se a importância dessas ferramentas para o planejamento ambiental e o mapeamento e avaliação da qualidade ambiental urbana, segundo Faisal e Shaker (2017). Dessa maneira, são significativas a utilização desse instrumento e a elaboração de um índice que contemple de uma forma mais unificada a qualidade ambiental urbana.

Diante do exposto, a questão central desta pesquisa buscou averiguar e integrar os indicadores que pudessem ser quantificados e analisados individualmente para a obtenção da qualidade ambiental urbana de Morrinhos/GO, e que pudessem ser utilizados em pesquisas em cidades pequenas do país.

Foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica que contextualizou os processos de urbanização, características das construções das cidades, descrevendo a crise ambiental urbana por meio do entendimento da história do planejamento ambiental nas cidades, dos aspectos ambientais intrínsecos ao desenvolvimento, da busca pela qualidade de vida por meio da avaliação da qualidade ambiental urbana, analisando se ocorrem o equilíbrio e a preservação ambiental e o nível no limite do perímetro urbano, abordando temas relacionados à expansão urbana e aos índices de qualidade ambiental. Tem-se, como objetivos da pesquisa:

### **Objetivo Geral**

O objetivo geral desta pesquisa foi aplicar um Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU) para a cidade de Morrinhos/GO, a partir da análise e síntese dos indicadores ambientais relativos à cobertura vegetal, uso do solo urbano, vulnerabilidade a alagamento e temperatura de superfície, com apoio nas geotecnologias.

### **Objetivos Específicos**

- Estimar o nível da qualidade ambiental urbana por meio de bases de dados e Sistema de Informação Geográfica (SIG);
  - Avaliar, por meio de indicadores, a qualidade ambiental dos setores na cidade de Morrinhos/GO;
  - Avaliar a aplicação de um índice de qualidade ambiental em escala espacial urbana.

O trabalho divide-se em dois capítulos, além da introdução. No primeiro capítulo, apresenta-se o referencial teórico, abordando as temáticas sobre evolução e expansão urbana, qualidade ambiental urbana e aplicação das geotecnologias, com trabalhos correlatos. O segundo capítulo da qualidade ambiental urbana (QAU) em Morrinhos-GO por meio dos indicadores biofísico e geomorfológico com o uso das geotecnologias no lócus da pesquisa, destacando os resultados e discussão.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

O referencial teórico-metodológico desta pesquisa aborda a evolução histórica entre natureza e sociedade, para compreender as causas e consequências da ruptura entre o natural e o social, buscando identificá-los nas diversas abordagens da literatura. Busca-se, ainda, a compreensão do desenvolvimento urbano e qual a sua respectiva qualidade ambiental, pois essa ligação é intrínseca homem-natureza, sendo de suma importância a compreensão da relação entre os fatores físicos e bióticos, influenciados pelos processos antrópicos da sociedade.

### **2.1 Evolução e expansão urbana**

Historicamente, a cidade não era uma invenção do capitalismo, contudo, o papel que coube a ele após o seu desenvolvimento como modelo econômico é muito distinto se comparado às cidades da Antiguidade. Carlos (2011) argumenta que a origem da cidade se vincula à existência de uma ou mais funções urbanas: industrial, cultural (religiosas, centros universitários, históricas etc.), comerciais, administrativas ou políticas. Sendo assim, “[...] vão surgir exatamente nos locais onde a agricultura já apresentava certo estágio de desenvolvimento, ou seja, na Ásia, e só muito mais tarde, na Europa” (CARLOS, 2011, p. 59).

Assim, de acordo com Lakatos (1979), a cidade pode ser entendida como a melhor forma de assentamento humano, uma vez que é formada, desde sua origem, por processos que operam na sua organização, (Quadro 1).

Esses processos de organização terão maior ou menor importância dependendo, principalmente, do momento histórico e tamanho da cidade, ou seja, da sua relação tempo e espaço, pois, para análise da qualidade ambiental, deve-se levar em consideração a forma de urbanização e desenvolvimento da cidade.

Ao tratar do meio ambiente construído, onde a importância da natureza primitiva se apresenta muito reduzida, é o lugar onde a espacialidade se torna mais complexa, pela mesma natureza do conteúdo ambiental, isto é, fixos, fluxos, tipos humanos e sua problematização nas quais está inserido, trazendo a ruptura homem e natureza.

**Quadro 1.** Processos que operam na organização das cidades.

<b>Processos</b>	<b>Descrição</b>
Concentração	Reunião em massa de habitantes devido às condições favoráveis ao sustento. Essas condições podem ser devido às características naturais e/ou uso das tecnologias no meio ambiente urbano na forma de moradias.
Centralização	A partir de um ponto central onde ocorrem com maior frequência as interações sociais, econômicas e culturais.
Segregação	Quanto maiores são os fluxos de trocas, por meio da competição, determinados tipos de populações e de atividades são separados.
Invasão e/ou incorporação	Penetração de tipos de populações e novas funções daqueles que já ocupam determinada área.
Sucessão	Deslocamento e substituição de pessoas e de determinados tipos de atividades por outros grupos novos. É um processo característico no desenvolvimento das cidades.
Descentralização	À medida que as áreas centralizadas atingem o máximo de sua capacidade funcional, há uma tendência para o deslocamento de populações e funções de menor poder competitivo para as áreas periféricas. O desenvolvimento dos sistemas de transportes contribui para esse processo.
Fluidez	É o movimento diário de ida e volta da população para a realização de suas atividades essenciais à sobrevivência no meio ambiente urbano.

Fonte: Adaptado de Lakatos (1979, p. 298).

O lugar agrega valor às partes individuais, não se vive apenas nas casas, mas também nas praças, ruas, parques, ou seja, a cidade é um somatório de lugares que formam, por conseguinte, uma identidade local. A totalidade da cidade, o seu espaço, deve ser maior que a soma das partes individualizadas – os espaços privados. As cidades constituem-se como produto coletivo da produção da sociedade (CARLOS, 2011).

A oferta e a demanda dessa construção/consumo coletivos são determinadas pelas contingências sociais que, por sua vez, determinam a troca e o uso, ou seja, o reinício de todo o processo em toda sua extensão. Assim, o consumo da cidade obedece essa lógica capitalista, mas caracterizado por ser um ato essencialmente individual, desigual e contínuo. Surge aí a maior parte dos problemas ambientais e conflitos que afligem a sociedade das cidades (CARLOS, 2007).

A produção e consumo existem como movimentos essenciais para a realização do ciclo produtivo, que são intrínsecos à sociedade, principalmente, enquanto corpo coletivo dotado de vontades e de representações. Pensar a relação entre a produção e consumo desigual do espaço é estabelecer parâmetros sociais mesmo com necessidades básicas semelhantes. A fragmentação dos espaços urbanos leva a identificar os seguintes ambientes das cidades (CORRÊA, 1997, p. 157):

- 1) o núcleo central;
- 2) a zona periférica do centro;
- 3) as áreas fabris;
- 4) os subcentros comerciais;
- 5) as áreas residenciais da classe dominante;
- 6) as áreas residenciais da classe média;
- 7) e as áreas residenciais populares.

O desenvolvimento citadino torna-se desigual dentro de seu espaço, onde as cidades revelam em sua estrutura e organização territorial um nível de heterogeneidade extremo, cujos efeitos acabam por aumentar as contradições sociais devido ao aprofundamento da segregação socioespacial. No entanto, o esclarecimento dessas diferenças espaciais na cidade para a população tende a impulsionar conquistas sociais que, por sua vez, levam a um processo de homogeneização dos espaços urbanos, tais como a busca por infraestruturas, equipamentos coletivos e melhores condições de trabalho e de vida (CORRÊA, 1997).

O espaço urbano vai sendo continuamente transformado por processos de homogeneização e heterogeneização, inerentes ao próprio sistema capitalista de produção. Segundo Corrêa (2010, p. 9), o espaço urbano pode ser definido como sendo “[...] fragmentado e articulado, reflexo e condicionante social, um conjunto de símbolos e campo de lutas. É assim a própria sociedade em uma de suas dimensões, aquela mais aparente, materializadas nas formas espaciais”. Para Carlos (2011a, p. 26-27), no espaço urbano “[...] fundem-se os interesses do capital, a ação do Estado e a luta dos moradores como forma de resistência contra a segregação no espaço residencial e pelo direito à cidade”.

O espaço urbano passa a ser composto por um conjunto de paisagens geográficas, caracterizadas pelos contornos caóticos e ao mesmo tempo organizadas, dado num certo momento (tempo) pelos diferentes ritmos do desenvolvimento das relações sociais. A paisagem urbana é, portanto:

[...] a expressão da ‘ordem’ e do ‘caos’, manifestação formal do processo de produção do espaço urbano, colocando-se no nível do aparente e do imediato. O aspecto fenomênico coloca-se como elemento visível, como a dimensão do real que cabe intuir, enquanto representação de relações sociais reais que a sociedade cria em cada momento do seu processo de desenvolvimento (CARLOS, 1994, p. 36).

As qualidades da paisagem urbana, caóticas ou ordenadas, estão ligadas ao conhecimento, sejam elas emocionais ou estéticas. As paisagens têm sido consideradas pelo homem como algo estático, congelado no tempo. Entretanto, elas são definidas como superestruturas formadas por um sistema de interações de grande dinamismo. Essas interações

são referentes aos componentes bióticos e abióticos, geralmente com o equilíbrio bastante crítico e fácil de ser alterado (CARLOS, 1994).

A paisagem urbana é consequência direta da relação entre a experiência humana e seu espaço. Este, por sua vez, reflete no ambiente, no qual está inserido, a segregação espacial como resultado da distribuição de renda estabelecida no processo de produção e consumo. Tal segregação aparece, principalmente, no acesso a determinados serviços, à infraestrutura, enfim, aos meios de consumo coletivo. “O urbano produzido através das aspirações e necessidades de uma sociedade de classes faz dele um campo de luta onde os interesses e as batalhas se resolvem pelo jogo político das forças sociais” (CARLOS, 1994, p. 71). A paisagem urbana aparece como obra histórica das contradições inerentes à sociedade.

A urbanização, do ponto de vista financeiro, aparece como capital fixo e sua formação se dá de forma a permitir a circulação do produto, da matéria-prima e da mão de obra, bem como a viabilidade do processo de produção. O uso do solo urbano vem da necessidade do uso e da expansão de áreas para tipos de uso, como pela utilização da terra como área de construção civil e industrialização. A disputa fundamentada nas contradições em que se dá o processo de reprodução espacial implica profundas transformações no uso do solo (CARLOS, 2011).

As cidades nos países em desenvolvimento possuem seus problemas agravados, no que tange ao uso do solo, pois apresentam um grau mais acentuado na estratificação e segmentação dos diversos setores sociais que materializam a vida urbana. Nessas cidades, a reprodução da lógica conflituosa entre capital  $x$  trabalho produz ainda uma dinâmica hierarquizada extremamente acentuada e complexa, assentando cada grupo social nos espaços físicos (áreas sociais) e nas condições sociais equacionadas por sua situação de classe. As áreas sociais, por sua vez, são áreas marcadas pela tendência à uniformidade da população em termos de três conjuntos de características: *status* socioeconômico, urbanização e etnia (CORRÊA, 1997).

A segregação residencial significa não apenas um meio de privilégios para a classe dominante, mas também para controle de reprodução social para o futuro, pois a lucratividade é um fator determinante para a ocupação. Todavia, a segregação residencial possui mobilidade, enquanto fenômeno socioespacial, e é passível de transformações no meio ambiente. “A segregação tem um dinamismo onde uma determinada área social é habitada durante um período de tempo por um grupo social e, a partir de um dado momento, por outro grupo de *status* inferior ou, em alguns casos, superior, através do processo de renovação urbana” (CORRÊA, 1997, p. 70).

Os fatores que determinarão o grau de segregação dentro das cidades estão vinculados à valoração da terra urbana (com o seu respectivo valor de uso e de troca), e à inserção de determinada parcela no espaço urbano total, tendo como ponto de partida a localização do terreno, o acesso aos lugares considerados privilegiados (escolas, *shoppings*, centros de saúde, de serviços, lazer etc.), à infraestrutura (água, luz, esgoto, asfalto, transporte) (CARLOS, 2011b).

A atuação do Estado na organização espacial da cidade tem sido complexa e variável tanto no tempo como no espaço, refletindo a dinâmica da sociedade da qual é parte integrante. Entretanto, o Estado é o grande consumidor de espaço e de localizações específicas, proprietário fundiário e promotor imobiliário, sem deixar de ser também um agente de regulação do uso do solo e o alvo dos chamados movimentos sociais urbanos (CORRÊA, 1997).

Portanto, o Estado, na elaboração de suas políticas urbanas que prezem a harmonia e a otimização dos espaços, deve ter como instrumento metodológico e técnico o planejamento, conforme Hecker, Barros e Carvalho (2016) explicam sobre a importância do planejamento e destacam métodos de execução que consigam ser sucessivos e constantes, destinados a resolver, coerentemente, as diversidades que afetam a sociedade situada em determinado espaço e época, mediante a uma previsão.

O planejamento territorial deve ser constante e contínuo, pois este é o melhor modo de ocupar o espaço citadino, uma vez que sua função é determinar os diferentes usos do solo urbano de acordo com a atividade humana (comercial, residencial ou industrial) e suas respectivas necessidades do presente e do futuro. Pelo planejamento territorial, pode-se converter a cidade em benefício para todos; democratizar as oportunidades para os moradores; garantir condições satisfatórias para financiar o desenvolvimento municipal; e democratizar as condições para usar os recursos disponíveis, de forma democrática e sustentável (LEFEBVRE, 2001).

Por outro lado, enquanto características inerentes a muitos dos planejamentos urbanos realizados no Brasil, a demora e a dificuldade de se incorporar, como premissas de um plano, a clareza nos objetivos e a fluidez na execução, fazem com que este método, no decorrer dos anos, pouco contribua para produzir cidades cada vez menos excludentes e insustentáveis do ponto de vista ambiental e econômico (CORRÊA, 2010).

As políticas urbanas de ordenação e organização do uso do solo sempre são temas de muitas discussões entre os diferentes atores citadinos, e como tentativa de amenizar esses conflitos entre as classes divergentes, o zoneamento urbano, tal como elemento no

planejamento urbano, torna-se uma importante ferramenta para a ordenação e organização do território. Sua eficácia, por vezes muito questionada, depende do compromisso dos agentes promovedores (políticos) e do grau de interação e entendimento da população envolvida, podendo até mesmo ter efeitos contrários aos planejados, tais como a especulação imobiliária e a segregação socioespacial (BACHRACH; BARATZ, 2011).

Segundo SpareMBERGER (2017) objetivo fundamental do zoneamento urbano é estabelecer, a partir do crescimento urbano equilibrado, como os diferentes espaços urbanos cumprirão sua função social de acordo com a padronização dos usos do solo, de forma a garantir o acesso a Terra urbanizada e regularizada e, nessa perspectiva, para se tornar um instrumento que introduz o desenvolvimento sustentável das cidades brasileiras, compreendendo as problemáticas ambientais nas quais são encontradas.

Sob essa perspectiva, Mendonça (2001, p. 125) argumentou que:

A abordagem da problemática ambiental, para ser levada a cabo com profundidade e na dimensão da interação sociedade-natureza, rompe assim com um dos clássicos postulados da ciência moderna, qual seja, aquele que estabelece a escolha de apenas um método para a elaboração do conhecimento científico. Tal abordagem demanda tanto a aplicação de métodos já experimentados no campo de várias ciências particulares como a formulação de novos. Mas esta característica não é uma peculiaridade somente da abordagem ambiental, ela reflete a identidade em muitas de suas experiências das ciências.

Ao ressaltar a dimensão da interação sociedade-natureza e os conhecimentos científicos disponíveis, novos métodos de abordagem, bem como ensaiar modos de inserir o social na compreensão dos problemas ambientais, resultado da própria evolução do conceito de meio ambiente, deve-se buscar políticas urbanas que incluam a gestão ambiental urbana que preze pela preservação ambiental, redução de fontes de poluição, redução de riscos à saúde, preservação de áreas de mananciais e a redução de impactos da urbanização. A gestão ambiental, conforme Macedo (2006, p. 332),

[...] refere-se aos meios de se alocar, consumir e conservar os recursos naturais, tais como o ar e a água, a fim de atender às necessidades humanas. O conceito aplica-se também à gestão ambiental urbana, na medida em que os elementos modificadores do meio antrópico estão intrinsecamente associados às cidades.

Na prática, tanto o crescimento urbano equilibrado quanto o desenvolvimento sustentável das cidades são tarefas difíceis de ser concretizadas, haja vista a complexidade de seus fluxos internos, sejam estes populacionais, de produção ou informacionais (MACEDO, 2006). Diante das questões expostas, bem como dos problemas oriundos da expansão das cidades, nota-se a necessidade de se repensar quanto ao posicionamento do ser humano em

meio a este sistema que impulsiona a sociedade ao consumo exacerbado e descompromissado com a finitude dos recursos naturais ou com a sustentabilidade local, para esta e as gerações que se sucedem, assim como é necessário que a gestão pública possa contribuir de modo decisivo no que tange à melhoria da cidade e, assim, da qualidade de vida da população.

### **2.1.1 A urbanização brasileira como fator que contribui para o surgimento de novas cidades**

Ao tratar a urbanização no Brasil, Santos (1993) cita que, entre os anos de 1940 e 1980, o país teve seu mais intenso ritmo de urbanização, sendo uma verdadeira inversão quanto ao local de moradia da população brasileira, tornando-se generalizada, trazendo em si a separação do Brasil rural para o Brasil urbano, em articulação com mudanças estruturais na economia e na sociedade. O autor ressalta as mudanças que ocorreram a partir da década de 40, ocorrendo as migrações internas que faziam o elo maior entre as mudanças estruturais por que passavam a sociedade brasileira e a aceleração do processo de urbanização.

A quantidade da população urbana teve um crescimento em ritmo acelerado no sentido demográfico, descrevendo a formação da urbanização brasileira, no sentido instantâneo que sugere o aparecimento de novas cidades. A expansão do modo de vida urbano e de algumas formas espaciais traz valores socioculturais além dos limites territoriais urbanos com a zona rural mais distante, onde os valores e as formas espaciais eram outras. Esse modo e ritmo de vida são ditados por uma sociedade industrial, com relações de trabalho especificamente industriais, tais como assalariamento, especialização e divisão do trabalho (PEREIRA; ALCÂNTARA JÚNIOR, 2017).

Para Romano (2006, p. 21) “[...] a extensão do fato urbano às novas áreas constituiu-se em um processo de ampliação da urbanização e adquiriu traços de complexidade funcional”, mas esta dificuldade gerada junto com a urbanização trouxe outro fator importante, que é a industrialização. Mesmo de forma peculiar, o processo expansivo estava chegando a várias localidades do país. Anteriormente, as cidades coloniais tinham apenas o papel político-administrativo, mas que foi de grande valia para o desenvolvimento capitalista no Brasil e o surgimento de novas áreas urbanizadas.

Juntamente com o processo de urbanização, mudanças consideráveis aconteciam com a população na cidade, com relação ao consumo e às necessidades de serviços que ofereciam um

equilíbrio para uma melhor qualidade de vida, trabalho e necessidades individuais. A difusão da modernização no território brasileiro, apesar de seu caráter desigual, impôs um conjunto de novas demandas que afetou a vida das famílias e suas culturas (CARLOS, 2011).

Para Santos (1993, p. 11),

O nível da urbanização, o desenho urbano, as manifestações das carências da população são realidades a serem analisadas à luz dos subprocessos econômicos, políticos e socioculturais, assim como das realizações técnicas e das modalidades de uso do território nos diversos momentos históricos.

Esse processo de urbanização brasileira veio de forma acelerada após o homem ter deixado o meio rural, formando novos centros urbanos em várias localidades do Brasil, onde ocorre a dinâmica populacional obtendo um sistema urbano modificado (SANTOS, 1993).

Portanto, o autor supramencionado faz uma interpretação que é importante frisar: o sistema urbano é modificado para atender os interesses pela lucratividade, sem levar em consideração a qualidade ambiental. Imprime na sociedade uma competição desleal entre seus integrantes, cuja consequência imediata é o agravamento em cidades não planejadas.

Para Santos (2009) as cidades locais mudam de conteúdo de acordo com o seu desenvolvimento, pois as grandes metrópoles têm o fator econômico predominante e seu território totalmente industrializado, surgindo como consequência as cidades médias e pequenas, seguindo a visão do desenvolvimento com a lucratividade, não levando em consideração o meio ambiente no qual estão inseridas.

Discorrer sobre a dinâmica da população brasileira e suas principais modificações e respectivos reflexos espaciais é uma tarefa bastante complexa e requer um esforço de análise que considere esse tema como parte da totalidade socioespacial. Mudanças no perfil demográfico da população de uma sociedade podem indicar a ocorrência de alterações no avanço técnico-científico, sobretudo nos setores de saúde, educação e nas condições políticas de acesso a esses benefícios, nos quais as políticas públicas estão inseridas (BRASIL, 2010).

Esse fato se traduz em reflexos e ou condições de novas estruturas socioculturais e econômicas. Da mesma forma, é verdadeiro que todas as condições desse processo têm uma dimensão espacial e territorial que deve ser analisada. Conforme Martínez (2005) dinâmica populacional em uma sociedade reflete as formas de organização da sua produção em um determinado momento histórico, bem como expressa a ocorrência de conteúdos espaciais específicos. Cabe ainda ressaltar que a população brasileira, na sua diversidade e complexidade sociocultural, expressa as marcas do processo desigual e opressivo de sua formação.

### **2.1.2 Aspectos ambientais e a relação sociedade-natureza.**

O surgimento das cidades está ligado diretamente aos mais variados processos modificadores do espaço urbano, tais como movimentos migratórios e a industrialização vivida a partir do século XIX. Com a retirada dos recursos naturais para a sua sobrevivência e visando à modernização das cidades, conforme Nucci (2008), o conceito de natureza e, posteriormente, o conceito de meio ambiente, foram elaborados a partir do papel central desempenhado pelo ser humano no mundo e, por isso, são conceitos eminentemente antropocêntricos, tendo o homem como o centro da relação com o meio.

Com a Revolução Industrial, o homem passou a desempenhar um papel primordial no desenvolvimento econômico e na formação do modelo de civilização estabelecidos a partir da sua forma de produção e organização do trabalho. O aumento populacional e sua concentração nas cidades intensificaram a exploração dos recursos naturais associada a um processo de formação de mercado mundial, que transforma desde a matéria-prima até os mais sofisticados produtos em demandas mundiais. Esse processo levou à degradação ambiental de forma diferenciada entre as nações, quer seja pela exaustão dos recursos naturais explorados ou pelo destino inadequado dos resíduos gerados pelas atividades econômicas (GRIMM; SAMPAIO, 2017).

A crise ambiental, para Nucci (2008) sobretudo a incerteza da representação da natureza, a declínio de relação com a natureza. Para o citado autor, essa recessão é simultaneamente de vínculo e de limite: do vínculo, porque já não se consegue discernir o que nos liga ao animal, ao que tem vida, à natureza; e do limite, porque já não se distingue o que deles nos diferencia. Como resultado, tem-se duas representações: a natureza-objeto e natureza-sujeito, e ambas não conduzem a um resultado justo, que, em certa medida, somente terá possibilidade de êxito caso se busque uma natureza-projeto, repensando o que a natureza faz e o que o homem faz dela.

Para Ugeda Júnior (2014) a falta de planejamento urbano adequado é um dos fatores responsáveis pela crise ambiental, sendo que a cidade se desenvolve baseada em interesses econômicos, imobiliários ou interesses de outras naturezas, entretanto, raramente a cidade se amplia seguindo um plano urbanístico, com gestão urbana eficiente.

Gestão urbana visa contribuir com o planejamento, transformando estes dois elementos, planejamento e gestão, em processo contínuo, visando sempre melhores condições e solução dos problemas identificados, deixando de lado a importância de ter um ambiente equilibrado

em que o homem-natureza precisa de soluções para os problemas ambientais que a sociedade presencia (UGEDA JÚNIOR, 2014).

A característica sistêmica dos problemas ambientais faz com que todos os seres envolvidos no meio em que estão inseridos sejam afetados, e seu controle envolve estratégias e adoção de novos paradigmas, um padrão eficiente e que vise solucionar os problemas já instalados no meio ecológico juntamente com a sociedade (SPAREMBERGER, 2017).

A sociedade do risco é uma fase de desenvolvimento da sociedade moderna, em que a dinâmica da mudança e da produção de riscos políticos, ecológicos e individuais escapa, cada vez em maior proporção, das instituições de controle e proteção da mencionada sociedade industrial. Podem ser diferenciadas duas fases: uma em que as consequências e ameaças se produzem sistematicamente e não são publicamente tematizadas, convertendo-se no núcleo do conflito político; e outra quando os perigos da sociedade industrial dominam os debates e conflitos públicos, políticos e privados (SPAREMBERGER, 2017).

Ressaltando que a urbanização brasileira expressa os desequilíbrios regionais e econômicos, com o surgimento das grandes e médias cidades, bem como o deslocamento geográfico da importância das relações das aglomerações de novas formas de urbanização em que a população é o seu fator predominante, que se instala em diferentes localidades (COSTA, 2020).

Para Angeoletto *et al.* (2011), ao analisar a sociedade industrial, verifica-se que está em risco, pois pratica o modelo de formação de sociedade que envolve o interesse local, políticas voltadas ao debate sobre a organização de interesse de direito, debates e seus conflitos devido à dinâmica da sociedade industrial, que visa apenas ao lucro sem importar com os efeitos colaterais. Já para Heckert, Barros e Carvalho (2016) na modernidade o termo política designa a atividade ou conjunto de atividades que têm como referência a *pólis*, entendido como o Estado onde o poder está centrado no desenvolvimento e a lucratividade.

Em todas as suas modulações, o que se mantém é a ideia de política como uma atividade ou *práxis* humanas, poder político como exercício de poder. Diferente do poder despótico, que se exerce pelo interesse do senhor, o poder político se exerce pelo interesse de quem governa e de quem é governado. Problematizar o modo como temos lidado com os direitos sociais e políticos parece importante para retirar de um compasso de espera, que acredita que apenas a implementação desses direitos já constituídos é ferramenta de afirmação da vida (ANGEOLETTO *et al.*, 2011).

Uma política pública implica na participação social e em sua elaboração, planejamento, execução, monitoramento, e ser estruturada e demarcada por meio de lutas coletivas e interesses das diferentes dimensões dos seus membros. Essa dimensão pública da política se atualiza como rede de relação multivetorializada, exige interferências, transversalidade, cogestão, inclui sujeitos com necessidades e demandas. Política pública, ao não se restringir à política de governo, modificável ao sabor das ondas administrativas, é instituição coletiva em meio às lutas sociais por outras cidades, por outros modos de fazer andar a vida, por um outro urbanismo sustentável e equilibrado, homem/meio ambiente (HECKERT; BARROS; CARVALHO, 2016).

Para Ugeda Júnior (2014) necessário garantir ao planejador urbano o conhecimento das características ambientais das áreas de estudo, bem como das ferramentas capazes de melhorar sua qualidade ambiental. Dessa forma, o planejador tem em mãos todas as informações necessárias para realizar um planejamento urbano adequado, entretanto, se mesmo dessa forma os erros persistirem nesse planejamento, ter-se-á a certeza de que são frutos de opções políticas, e não de incapacidade de compreensão de problemas dos ambientes urbanos dentro da formação e consolidação do urbanismo como campo epistemológico e prático da atividade humana.

## **2.2 Qualidade ambiental urbana**

Antes de conceituar a qualidade ambiental, deve-se compreender sua ligação com a qualidade de vida, pois não há qualidade de vida sem qualidade ambiental. Estudo feito por Nucci (2008) ressalta a importância de se pensar sobre a paisagem para obter um equilíbrio ambiental urbano e alcançar uma qualidade mais adequada, vendo que a deterioração ocorre a cada dia e ao longo dos anos, sem que tome medidas necessárias para que isso não ocorra.

Acrescenta-se, ainda que possa ocorrer uma qualidade de vida individual e coletiva que promova o bem-estar e seja constatado que os problemas ambientais ligados à degradação, à poluição, à contaminação, à infraestrutura deficitária, à falta de arborização, áreas verdes e de lazer são mais facilmente encontrados em cidades grandes e médias, tendo as porções periféricas da cidade pouca ou nenhuma estrutura planejada, onde reside a população de baixo poder aquisitivo e que, de acordo com o processo de urbanização, traz diversas mudanças na paisagem (NUCCI, 2008).

De acordo com a quantificação da qualidade ambiental urbana, não se pode deixar o ser humano fora da análise, juntamente com a relação do perímetro urbano, pois estão ligados na

reformulação e criação dos indicadores. A vida urbana é um fator que se deve mensurar e quantificar junto ao ambiente estudado, por isso Nucci (1998) sugere uma metodologia para avaliação e mensuração da mesma, adotando como base geral o Planejamento da Paisagem, que visa oferecer uma contribuição ecológica e de *design* para o planejamento do espaço, buscando a regulamentação dos usos do solo e dos recursos ambientais, com ênfase na contribuição da vegetação para a melhoria qualidade.

A poluição, ao mesmo tempo sinônimo de desenvolvimento industrial e poderio econômico, hoje está cada vez mais associada com a pobreza e o subdesenvolvimento. Enquanto os benefícios das inovações tecnológicas ficam delimitados a uma parcela da população que a eles tem acesso, a maior parte dos efeitos negativos gerados por esta inovação é dividida por todos, sendo que, muitas vezes, a parcela maior desses efeitos negativos termina ficando com os mais pobres, ou politicamente mais fracos (GOUVEIA, 1999, p. 57).

As grandes diferenças regionais e urbanas que ocorrem no Brasil são devido a esse modelo negativo de desenvolvimento, sendo as principais consequências as desigualdades cada vez maiores entre ricos e pobres, e na relação com o meio ambiente menos poluído, além do acesso a melhor qualidade do ambiente. Com relação à condição socioeconômica de desigualdade, Gouveia (1999) destaca partes que influenciam na determinação da qualidade do ambiente:

É importante frisar que a condição socioeconômica é o que determina, na maioria das vezes, a qualidade e a quantidade da exposição ambiental, uma vez que grande parte da população vivencia ou experimenta o meio ambiente através da pobreza. Ou seja, fatores econômicos e sociais são importantes determinantes da saúde devido a sua influência direta no meio ambiente. Condição ambiental precária é fator contribuinte principal para a queda do estado geral de saúde e a baixa qualidade de vida (GOUVEIA, 1999, p. 57- 58).

Destacando as condições ambientais, além das desigualdades, a deterioração ambiental crescente assume importância que necessita de estudos e políticas públicas, levando à consciência dos limites do crescimento demográfico devido à deterioração dos recursos naturais, consumo de forma irreversível que pode levar a consequências desastrosas. Com qualidade de vida, passa a incorporar, além da dimensão econômica, as dimensões social e ambiental na análise da qualidade ambiental urbana (SANTOS; SARTORELLO, 2019).

A ideia inicial sobre qualidade de vida relaciona-se ao bem-estar das pessoas como sujeitos, estando correlacionada às eventualidades que as rodeiam, na medida em que podem ou não se mostrarem de maneira favorável às pretensões que as atendem. Por outro lado, a

qualidade de vida urbana relaciona-se às cidades, retratando a análise de métodos que buscam definir o nível de satisfação dos indivíduos que vivem no meio urbano. Deve ser ponderada sob o ponto de vista do grupo, posto que o planejamento governamental em relação às questões ambientais se orienta pelas necessidades coletivas. Dessa maneira, o bem-estar individual está diretamente ligado ao entendimento da comunidade (VITTE; KEINERT, 2009).

Santos e Sartorello (2019) descrevem sobre a importância de compreender as diversas possibilidades de influência da paisagem urbana atribuída e relaciona diretamente com a população local. Explicam que não basta viver ou conservar o meio, devendo, antes de tudo, buscar a qualidade de vida, que está diretamente ligada ao meio ambiente.

Assim, tem-se um conceito de equilíbrio ambiental, ressaltando a saúde como algo ligado ao mundo natural. No seu Dicionário de Direito Ambiental, Milaré (2015, p. 542) define a expressão meio ambiente como sendo um “conjunto de condições, leis, influência e interações de ordem física, química, biológica, social, cultural e urbanística, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. Entretanto, abundam casos em que o natural não é visto como algo que potencie ou estabeleça o nexos entre a omissão e os danos que são marcados pela pluralidade de agentes transformadores do meio, e a dificuldade em se avaliar a extensão e os efeitos dos danos ambientais no meio ambiente onde o homem está inserido e em constante apropriação.

Considerar que o espaço natural é demasiadamente vulnerável à atuação humana consiste em considerar que:

- a) Qualquer entidade natural, cultural e artificial é parte integrante do ecossistema terrestre, em sua totalidade planetária. Por isso, nada é alheio a esse ecossistema complexo, abrangente de tudo o que existe nesta ínfima porção do Cosmos, a Terra.
- b) Meio ambiente não é sinônimo de natureza. É, sim, o “mundo natural” transformado pelo homem, que nele imprime a sua marca registrada. Por isso, as transformações introduzidas pelo homem têm características ambientais (MILARÉ, 2014, p. 627).

Partindo do pressuposto do direito à vida com qualidade, Nucci (1998) apresentou análise no sentido de que todo o ambiente que cerca o ser humano constitui um conjunto inseparável, que se relaciona com ele e influencia o meio diretamente. Nesse contexto, constata-se que não pode haver qualidade de vida sem vida saudável, sem um ambiente equilibrado. Relacionando os elementos que compõem o meio ambiente, encontra-se a paisagem e, sobretudo, a paisagem urbana, que pode sofrer de desequilíbrio e, no Brasil, não tem sido objeto de cuidados, seja por parte de governantes, seja por parte da população.

### **2.2.1 Formação das cidades goianas: apresentação da área de estudo**

Ao pesquisar a formação das cidades no Brasil, verificou-se que não se deve apenas ao resultado da industrialização e urbanização que aconteceram ao longo do século XX, mas também pela busca por novos territórios (SANTOS, 2009). As primeiras cidades no Brasil encontravam-se ligadas ao seu meio cartográfico, redes de ligações, tendo a função de facilitar a ocupação factual e possibilitar a expansão da colonização nos mais diversificados pontos do território brasileiro (SANTOS, 2009).

Após o processo de colonização, para este estudo destaca-se a década de 1930 até a consolidação da nova capital estadual, nos anos de 1950, é possível identificar Anápolis como a cidade mais importante para o território goiano, exercendo a função de rede de ligação econômica na região onde se encontra, tendo sua economia forte e suprindo o mercado consumidor local e regional, trazendo com o desenvolvimento grandes transformações urbanas e consolidando a economia da cidade (SALGADO, 2021).

Com a consolidação econômica e regional em diferentes localidades do país, nos municípios do extremo norte de Goiás, que não estavam integrados à rede de Anápolis, mantinham relações comerciais com as cidades dos estados que fazem divisa com Goiás. Uma nova rede urbana, comandada por Goiânia, passa a se estruturar no território goiano. A rápida troca de posição entre Anápolis e a nova capital evidencia a fluidez das redes urbanas em países subdesenvolvidos (SALGADO, 2021).

A região sul do estado no ano de 1906 sofreu influência econômica devido à Estrada de Ferro que trouxe o desenvolvimento econômico do estado, surgindo novas atividades agropecuárias e industriais, ampliando as alternativas de novas comercializações com outros estados. Na região sudoeste, devido à proximidade geográfica, mantinha relações preferencialmente com os municípios do Triângulo Mineiro (BARREIRA; DEUS, 2006).

O estado de Goiás, assim como a cidade de Morrinhos, enquadra nesse contexto, em que a localização geográfica foi um dos fatores determinantes para a ocupação e modernização do estado, ressaltando a região sul, da qual Morrinhos faz parte. Devido ao aspecto natural (vegetação, relevo), quanto pela localização - rota dos viajantes entre a cidade de Goiás, capital da capitania de Goiás, e a divisa com Minas Gerais, a qual já pertenceu à região de Morrinhos – tornava-se cada vez mais referência nas decisões políticas, ao passo que os grandes coronéis compravam terrenos, modernizando a economia local (MEIRA, 2019).

A modernização de Goiás levou aproximadamente quatro séculos, com as mudanças expressivas em seu território, destacando a agricultura, pecuária e atividade elementar de

mineração como principais fontes de renda. Com a construção de Goiânia, inaugurada nos anos de 1930, não se conhecem sistematicamente os efeitos dinâmicos que ocorreram. O urbano moderno chega antes da modernização rural, o que leva ao crescimento urbano devido ao novo cenário e novas perspectivas de desenvolvimento (SANTOS, 2009).

Com estudos, o Cerrado passou por uma mudança em seu território, criando condições e aprimoramento de conhecimentos sobre a agricultura moderna, um consumo diversificado e, paralelamente, uma nova etapa da urbanização começou, devido aos equipamentos modernos do país e à construção de Brasília, fator determinante para o surgimento e desenvolvimento em localidades que estavam paralisadas em seu desenvolvimento no estado de Goiás (SANTOS, 2009).

Goiânia não foi responsável pelo crescimento econômico e urbano de Morrinhos, pelo contrário, a capital provocou a redução populacional do município do sul goiano, que foi fundado em 1845. Somente com a construção de Brasília e os avanços tecnológicos aplicados na produção agrícola é que cidades do interior começaram a ter acesso as formas modernas de produção e o crescimento retomou essas localidades com profundas mudanças estruturais, tanto em novas formas de cultivos e oportunidade para o desenvolvimento em outras localidades.

Após a inauguração de Brasília, Morrinhos teve uma população de 23.015 habitantes em 1960, aumentada para 31.672 em 1970, um crescimento na ordem de 37,6%. Logo na sequência, por duas décadas a população total de Morrinhos praticamente se manteve estável, atingindo em 1991 o total de 32.592, ou seja, em 20 anos o aumento foi de apenas 920 pessoas (BRASIL, 2022). Contudo, para o mesmo período a população urbana teve um aumento de 80,6%, saindo de 14.063 para 25.395 habitantes, à medida que a população rural teve queda de 59,1%, passando de 17.609 em 1970 para 7.197 habitantes registrados no Censo de 1991. Em 2010, o total de habitantes em Morrinhos estava no total de 41.460, a estimativa do IBGE para o ano de 2021 era de aproximadamente 46.955 (BRASIL, 2022).

Ao compreender a lógica de como ocorreu a ocupação territorial, os anos que levaram para chegar à formação que está, a cidade produz e é produzida pela desigualdade de classes, proliferando áreas separadas, sem estrutura e acentuando os problemas ambientais urbanos. Em seguida, a recessão que se anuncia o colapso urbano, sendo a crise da habitação sem pensar na qualidade ambiental e a qualidade de vida, apenas pensando em uma parte.

Como ressalta Santos (2013, p. 31), se há crise, inicialmente, trata-se de uma:

[...] crise global, sendo a crise urbana apenas um epifenômeno. As condições nas quais os países que comandam a economia mundial exercem sua ação sobre os países da

periferia criam uma forma de organização da economia, da sociedade e do espaço, uma transferência de civilização, cujas bases principais não dependem dos países atingidos.

Nesse sentido, o sistema mundial de produção e consumo encontra-se em crise, ressaltando os aspectos gerais comuns, como a poluição ambiental, os custos psicológicos (transtornos mentais) e sociais, contudo, não se apresenta da mesma maneira nos países desenvolvidos. Nos países em desenvolvimento, destacam-se a urbanização acelerada, o surgimento de novas áreas construídas e as grandes diferenças de renda e nível de vida, salientando a necessidade de reestruturar o meio urbano, buscando melhor qualidade de vida e ambiental, dando acesso à população local a serviços essenciais para que ocorra o equilíbrio do desenvolvimento com o meio ambiente (SANTOS, 2010).

### 2.2.2 Indicadores de qualidade ambiental urbana

Para a obtenção da qualidade ambiental, os indicadores são necessários e analisados por meio das estatísticas que são mensuradas ao longo do tempo e do espaço, fornecendo informações sobre as tendências e comportamentos dos fenômenos abordados tanto das paisagens como das quantidades existentes em cada localidade. Nessa perspectiva, a construção de um sistema de indicadores com séries históricas possibilita não só o diagnóstico da situação, como também a sua trajetória, servindo como suporte à tomada de decisão e, em alguns casos, como forma de avaliação de impacto de ações implementadas ou de resultados de políticas (AGRA-FILHO; MARINHO; SANTOS, 2019).

No Quadro 2 são apresentadas algumas referências e exemplos de indicadores utilizados na avaliação da qualidade ambiental.

**QUADRO 2.** Indicadores de qualidade ambiental urbana utilizados em diferentes locais

Autor(es)	Indicadores de Qualidade Ambiental Urbana
Nucci (1998)	Uso do solo, usos potencialmente poluidores, pontos de enchentes, apinhamento humano, verticalidade (edificações acima de seis pavimentos), desertos florísticos e déficit de espaços livres públicos.
Camargo (2007)	Arborização, desconforto térmico, presença de áreas de risco, densidade de construções e áreas de exclusão social.
Dias, Gomes e Alkmim (2011)	Abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza pública urbana, pavimentação das ruas e cobertura vegetal.

Minaki e Amorim (2012)	Enchentes, áreas de ocorrência de temperaturas elevadas, insuficiência de cobertura vegetal arbórea, alta densidade de edificações, espaços livres de edificação sem cobertura vegetal.
Biziak (2017)	Abastecimento de água, eletricidade, esgotamento sanitário, coleta de lixo, densidade populacional, patrimônios urbanos, pontos de inundação, denúncias e reclamações, densidade de cobertura vegetal, densidade de áreas verdes, rendimento.
Fornazieiro (2020)	Cobertura vegetal urbana, poluição ambiental, áreas vulneráveis à inundação e alagamento, uso do solo urbano, temperatura de superfície.

Fonte: Fornazieiro (2020).

Ao tratar-se da caracterização dos indicadores de qualidade ambiental urbana, deparou-se com uma nova análise adotada sobre a verificação de áreas verdes, mostrando outra ferramenta para a elaboração do índice de vegetação urbana, pois faz parte da análise da qualidade ambiental. Nessa visão, Santos e Nucci (2019) verificam a necessidade de incluir a análise da vegetação vertical, ou seja, aquela vista pelo pedestre, nos estudos de qualidade ambiental urbana, confrontando o Índice de Cobertura Vegetal analisado por meio dos satélites no Sensoriamento Remoto.

Para Santos e Nucci (2019), existe uma diferença significativa entre a análise orientada pela perspectiva vertical e pela perspectiva horizontal, visto que padrões de cobertura vegetal semelhantes podem resultar em diferentes efeitos visuais a quem observa ao nível do solo, e em diferentes funções potenciais à vegetação, não sendo um método tão conhecido.

O método adotado por Santos e Nucci (2019) é diferente da carta da qualidade ambiental proposta por Nucci (2008), sendo o primeiro estudo realizado no distrito de Santa Cecília no Município de São Paulo. Uso do solo, poluição, espaços livres, verticalidade das edificações, enchentes, densidade populacional e cobertura vegetal são os atributos analisados e espacializados em escalas que variam entre 1:2.000 e 1:10.000.

A análise sistêmica dessas variáveis fornece a carta de Qualidade Ambiental, em que foram selecionadas quatro situações representativas dos contrastes e similitudes da análise do verde urbano com base na Cobertura Vegetal (ICV), em comparação com a Estrutura Vertical da Vegetação (IVV). Para tanto, utilizou-se a base de dados do aplicativo *Google Earth*, de onde foram extraídas imagens aéreas (escala 1:3.000), e imagens ao nível do solo, com uso da ferramenta da *Google Street View (GSV)*, responsável pela análise vertical. Os pontos foram selecionados percorrendo com o GSV as ruas do município de Curitiba (Paraná, Brasil), todavia, a escolha das áreas poderia se dar em quaisquer outras localidades com cobertura de imagens de satélite disponibilizadas pelo *Google Earth* e fotografias do GSV para a obtenção de novas pesquisas associadas às ferramentas de análises (SANTOS; NUCCI, 2019).

Ressaltando o estudo de Santos e Nucci (2019) as imagens utilizadas para os cálculos são datadas entre 2017 e 2018, com menos de um ano de diferença entre perspectiva horizontal e vertical, e não apresentam aspectos que indiquem a perda de folhas devido a mudanças de estações. Os resultados do cálculo do ICV e do IVV contidos nessas imagens, conforme o método proposto, podem ser a apresentação das quatro situações distintas entre os índices. Tendo encontrado ICV de 72% e IVV de 30%, no caso representando elevados índices de cobertura vegetal e visão do verde em um mesmo ponto, o que se dá pela predominância de vegetação arbórea densa e contínua, constituindo o verde expressivo tanto em perspectiva horizontal como vertical.

O último resultado obtido apresenta o percentual de ICV igual a 18% e IVV de 31%, representando uma situação com menor cobertura vegetal e maior visão do verde. A maior visualização do verde ao nível do solo que em perspectiva aérea se deve à presença de árvores de diferentes alturas, tamanhos e formas, além da presença de arbustos e herbáceas (SANTOS; NUCCI, 2019).

Em Brisbane (Austrália), Mitchell *et al.* (2016) apresentaram um estudo para quantificar a estrutura vertical da vegetação urbana, destacando os poucos estudos dessa perspectiva vista pela população local na paisagem verticalizada. A estrutura vertical da vegetação é importante para a biodiversidade e a provisão de serviços ecossistêmicos. Nas cidades, entretanto, embora a variação na extensão espacial e distribuição da vegetação tenham sido amplamente investigadas, a estrutura vertical da vegetação e seus fatores potenciais não o foram. A compreensão de como a estrutura vertical da vegetação varia entre as cidades e a identificação dos fatores potenciais dessa variação melhorará o manejo da vegetação urbana para a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e a quantificação mais detalhada dos índices de qualidade ambiental.

No método adotado por Mitchell *et al.* (2016) foram levantados dados de detecção e variação de luz (LIDAR) para quantificar a estrutura vertical da vegetação em Brisbane, Austrália, a 1 km<sup>2</sup> e escalas espaciais de 1 ha para investigar como essa estrutura variava em resposta a variáveis biofísicas, socioeconômicas, de forma urbana e de estrutura da paisagem.

Adotando as técnicas de seleção de modelo, detectaram que as variáveis da estrutura da paisagem relacionadas à cobertura de árvores (extensão da cobertura de árvores e configuração espacial) explicam melhor a estrutura vertical da vegetação em ambas as escalas espaciais. Variáveis biofísicas e de forma urbana também foram importantes, mas apenas em combinação com a estrutura da paisagem. As imagens são obtidas por meio precisão do GPS – *Global*

*System Position* (Sistema de Posicionamento Global), que capta os sinais emitidos por satélites ao redor da órbita terrestre, sinais estes que emitem a localização precisa da Terra e o GPS triangula o sinal emitido, para obter maior precisão ultra geodésica, que permite leituras em uma precisão de até 3 cm (MITCHELL *et al.*, 2016).

A complexidade vertical média da vegetação, a cobertura projetiva da folhagem e a altura do dossel em um local diminuíram conforme a proporção de árvores na paisagem urbana. Em geral, essas variáveis de estrutura vertical também aumentaram onde manchas de vegetação foram agrupadas espacialmente. A sintetização dessas aplicações, usando dados de detecção e variação de luz (LIDAR) e técnicas de seleção de modelos, mostram que a extensão e a estrutura vertical da vegetação urbana não são independentes e que a extensão reduzida e o aumento da fragmentação da vegetação urbana estão associados à simplificação de sua estrutura vertical (MITCHELL *et al.*, 2016).

Se for comum, essa relação significa que o manejo da vegetação urbana para a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos não deve se concentrar apenas na quantidade de cobertura arbórea ou espaço verde presente nas cidades, mas também na identificação de onde as intervenções para melhorar a complexidade vertical da vegetação são necessárias. Este estudo fornece informações importantes sobre onde esses locais podem estar nas cidades e são importantes para a obtenção da qualidade ambiental (MITCHELL *et al.*, 2016).

O estudo feito por Mitchell *et al.* (2016) trouxe uma análise diferente para a compreensão da paisagem urbana, levando em consideração o tipo de espécie arbórea local e como elas influenciam no clima, mostrando que a ferramenta por eles utilizadas pode auxiliar no planejamento urbano e juntamente obter cidades sustentáveis e ambientalmente planejadas.

No estudo apresentado por Li e Ratti (2019) sobre os panoramas de GSV, foram coletados dados em duas etapas nas ruas de Boston (Estados Unidos da América, 42.345722° de latitude N, 71.085855° de longitude W). Na primeira etapa, obteve-se os metadados dos panoramas GSV usando coordenadas como entradas. A segunda etapa foram os *downloads* dos blocos de panorama GSV dos servidores do Google e dos blocos de mosaico para completar os panoramas GSV. Com base nas coordenadas geradas nesses *sites* de amostra gerados são disponibilizados, ainda os metadados dos panoramas GSV na área de estudo.

O método proposto por Li e Ratti (2019) permite mapear a distribuição espaço-temporal da duração da insolação na escala da cidade. Neste estudo, apresentaram apenas as distribuições espaciais da duração da insolação em dois dias para fins ilustrativos, mostram as distribuições espaciais da duração do sol em 1º de agosto de 2014 e 1º de janeiro de 2014, na área de estudo

no nível do local, respectivamente. A duração média da luz solar direta nos desfiladeiros de rua do estudo em 1º de agosto é de 7,6 h, e a duração média da luz solar direta em 1º de janeiro foi de 5,2 h.

Este estudo também mostra que é possível estimar e mapear as distribuições espaço-temporais da duração do sol e da radiação solar em desfiladeiros de rua em grande escala com resolução temporal. Considerando a abundância de dados de GSV em cidades ao redor do mundo, o método automático proposto daria um grande impulso a todos os estudos que relacionam o nível de radiação solar de desfiladeiros de rua. Mostrando análises que, usando esse método, podem ser avaliados os tipos de paisagem no contexto urbano, sendo uma das ferramentas que os dados são precisos e que pode vir a ser uma das aliadas da recuperação ambiental urbana, mesmo sendo uma ferramenta de estudo de custo elevado (LI; RATTI, 2019).

Milaré (2014) traz definição jurídica sobre paisagem, que se confunde com o próprio conceito de meio ambiente e pode abranger não somente os elementos percebidos pela visão, mas também outros – por exemplo, ruídos e odores – que possuam relação com a vida que ali se desenvolve.

Ao criar seu próprio *habitat* com a valia dos seus próprios artifícios, o homem se vale, evidentemente, de elementos naturais (matéria e energia) e elementos culturais (sua idealização do mundo). São sempre artifícios que compõem um meio ambiente artificial e este, não obstante à artificialidade, incorpora definitivamente dons da natureza e construtos da cultura humana. Por isso, a cidade e o conjunto das cidades constituem o meio ambiente artificial (MILARÉ, 2014).

Os indicadores são utilizados com a finalidade de obter um cenário da qualidade ambiental e dos recursos naturais, além de avaliar as condições e as tendências ambientais rumo ao desenvolvimento sustentável. Para isso, os indicadores ambientais possuem a capacidade de síntese, baseados em informações confiáveis devido à utilização do sensoriamento remoto, possíveis de serem comparadas e disponíveis para consulta pública (MOREIRA; MESSIAS, 2020).

Esta adaptação foi feita levando em consideração a matriz de Leopold (1971):

- 1) No indicador ‘meio físico’, as variáveis foram: origem do canal e qualidade da água;
- 2) No indicador ‘meio socioeconômico’, as variáveis estudadas foram: uso da edificação, tipo de pavimentação, coleta de resíduos sólidos, coleta seletiva e esgotamento sanitário;
- 3) No indicador ‘meio biótico’, entram as variáveis: áreas verdes e porte da vegetação;

4) No indicador ‘área de interesse geo ambiental’, a variável foi a ocupação em função da recomendação do uso do solo.

Todas as variáveis tiveram a mesma importância na construção do indicador, por isso foi atribuído o peso 10. O indicador meio físico teve um peso 20 (10 década variável), o indicador meio socioeconômico ficou com peso 50, sendo o indicador mais influente no índice por possuir mais variáveis. O valor 50 foi obtido por somatório das cinco variáveis que possuem peso 10 cada uma. O indicador meio biótico ficou com peso 20, dividido em duas variáveis (valor 10 para cada variável), e o indicador área de interesse geo ambiental ficou com peso 10 por possuir apenas uma variável de valor 10 (MOREIRA; MESSIAS, 2020).

Estudo feito em Aracaju, sendo uma cidade projetada para ser a capital sergipana, contudo, nos últimos anos cresceu desordenadamente e a falta de planejamento urbano no uso e ocupação das áreas das bacias hidrográficas dos rios que banham o município tem relação direta com o precário sistema de saneamento básico, fazendo com que vários canais de drenagem de águas pluviais (antes cursos d'água naturais) fossem pavimentados e transformados em esgotos a céu aberto, com o lançamento de esgotos domésticos e resíduos sólidos, ocasionando mau cheiro e doenças de veiculação hídrica (SILVA *et al.*, 2020).

Outros indicadores utilizados por Silva *et al.* (2020) trouxeram a análise geral do que foram considerados os elementos área verde e praça e definidos os indicadores: Acessibilidade; Adequação da Vegetação; Área Verde Total; Cobertura Vegetal da Praça; Cobertura Vegetal do Bairro; Conservação; Equipamentos; Vegetação Nativa e Exótica e Vitalidade Urbana para a avaliação quali-quantitativa daquele recorte.

Quanto à morfologia da cidade, a Lei Federal n.º 6.766/79, no artigo 4º, aborda as praças e as áreas de lazer, e no artigo 6º explica o projeto e as diretrizes para o uso do solo, onde verifica-se a ocorrência de certa ruptura na paisagem conformada pelas edificações. As praças funcionam como espaços abertos, marcos visuais e pontos focais na organização da cidade e, como elemento urbano, constituem espaços de sociabilidade propícios ao encontro e ao convívio (SILVA *et al.*, 2020).

Na área urbana, nem sempre são levadas em consideração as porcentagens adequadas para a conservação da biodiversidade urbana, a promoção das condições de vida saudável e a manutenção da qualidade ambiental. Tanto as praças quanto os parques têm a função de potencializar e superar os desafios no meio urbano, porque auxiliam na manutenção do ciclo hidrológico e na amenização da temperatura (SILVEIRA; OLIVEIRA; SCHUCH, 2020). A lei do parcelamento do solo determina que da área total do projeto de loteamento deve ser destinado

um mínimo de 10% a 15% para áreas verdes, para obter a qualidade urbana adequada para a população (SILVEIRA; OLIVEIRA; SCHUCH, 2020).

No que se refere à análise do Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA), vale pontuar que pode representar uma contribuição importante no que tange as discussões sobre a avaliação dos espaços livres públicos. A utilização do Sensoriamento Remoto trouxe uma análise de baixo custo, sendo uma ferramenta que fundamenta as pesquisas no intuito de melhor adaptação e implantação do índice que ajusta as áreas de estudo. Além disso, também poderá auxiliar na tomada de decisão no planejamento das áreas verdes a partir dos IQUAs (SILVEIRA; OLIVEIRA; SCHUCH, 2020).

## **2.3 Geotecnologias**

### **2.3.1 Sensoriamento remoto**

O sensoriamento remoto de acordo com Florenzano (2005) pesquisas realizadas por meio do sensoriamento remoto se devem à interação da energia eletromagnética com a superfície terrestre e os objetos contidos nesta, tais como a vegetação, a água e o solo, que refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética em proporções que variam com o comprimento de onda, de acordo com suas características químicas e biofísicas.

O sensoriamento remoto pode ser definido como a utilização conjunta de sensores, equipamentos para aquisição e transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética. Segundo Lopes (2003),

A função dos sensores a bordo dos satélites é a de converter a radiância que chega de um determinado ponto da superfície terrestre num sinal elétrico e quantificá-lo através de um valor digital que representado através de um pixel (Picture elemento, ou elemento de imagem). Normalmente cada sensor inclui separadores de radiação (beam splitter), que isolam as componentes da radiância medida nas várias bandas do espectro eletromagnético (visível, infravermelho próximo, infravermelho térmico etc.). Cada uma destas bandas origina um sinal eletrônico, que depois de digitalizado se converte no valor do canal. As imagens são formadas por matrizes de valores de radiância que correspondem a vários pontos da superfície detectados pelo satélite (LOPES, 2003, p. 227).

Na superfície terrestre, a radiação interage de modo diferente com cada tipo de alvo. Essa diferença é estipulada pelas diferentes composições físico-químicas dos objetos ou feições

terrestres, fatores que fazem análise de alvo terrestre que apresente características de assinatura espectral, ressaltando que existem diversos fatores que influenciam no processo de interação dos alvos, que são: textura, densidade e posição relativa das feições em relação ao ângulo de ocorrência solar e à geometria de imageamento (FIGUEIREDO, 2005).

Câmara, Monteiro e Fucks (2002) trazem em destaque a análise ambiental que é medir propriedades e relacionamento com o ambiente estudado, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo para explicar as diversas formas de análises que melhor se adequam, ou seja, a ideia central é inserir o espaço na análise que se deseja fazer. Tendo o potencial nas definições, nos conjuntos de técnicas relacionadas com o tratamento da informação espacial. Isso inclui a coleta de dados, seu processamento, análise e uso integrado na forma espectral, emitindo energia eletromagnética.

Segundo Oliveira (2013) o termo comportamento espectral da vegetação é frequentemente utilizado para representar as características de reflectância da REM (Radiação Eletromagnética) pelas folhas, plantas individuais e conjuntos de plantas. Quando se trata de estudos em vegetação com aplicações de técnicas de sensoriamento remoto, o comportamento espectral é fundamentado na compreensão da aparência que uma dada cobertura vegetal assume, sendo fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais.

O fato é que o sensoriamento remoto é essencial na análise e criação de índices envolvendo a análise espacialmente igualitária no ambiente urbano, haja vista os problemas ambientais ligados à degradação, à poluição, à contaminação, à infraestrutura deficitária, à falta de arborização, à carência de áreas verdes. Moreira e Messias (2020) com o intuito de observar essas intervenções humanas no meio ambiente, ressaltou a importância dos indicadores no estudo da qualidade ambiental com o objetivo de analisar os dados ambientais em números, colaborando na interpretação das informações e assim possibilitando uma melhor tomada de decisão por parte dos gestores na criação de medidas de proteção ambiental.

O Geoprocessamento, através do sensoriamento remoto, permite analisar e cruzar dados de diversas fontes, facilitando a extração de informação e a tomada de decisão. Ao tratar de ‘componente espacial’, compreende-se que esses dados trazem representações da superfície terrestre e estão relacionados com seu posicionamento ou localização no espaço geográfico, ao trabalhar com dados geográficos as relações com a topografia, urbanização, intersecção, adjacência, cruzamento e proximidade de determinada região geográfica, tendo por base suas coordenadas geográficas (CÂMARA; MONTEIRO, FUCKS, 2002).

Basicamente, existem duas formas de armazenamento de dados geográficos. Essas duas formas são chamadas de classes: Vetorial ou Matricial (que também é chamada de Raster). Dando destaque para os dados alfanuméricos geográficos que devem ser analisados criteriosamente dentro de controles rígidos com os usos dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e verificar com novos estudos sua relevância e qualidade para serem adotadas (CÂMARA, MONTEIRO, FUCKS, 2002).

### 2.3.2 Sistema de Informação Geográfica

As ferramentas computacionais para Geoprocessamento são chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (GIS), do inglês *Geographic Information System*. Os primeiros SIGs surgiram na década de 1960, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Esses sistemas, no entanto, eram muito difíceis de usar: não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram excessivamente caros e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e de alto custo (CÂMARA; DAVIS, 2004).

No Brasil, a implantação e popularização dessa ferramenta ocorreu aceleradamente, de acordo com os esforços dos pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), que disponibilizaram um SIG para a operação em ambiente de microcomputadores, portanto, facilmente acessível aos usuários. De acordo com Assad e Sano (1998), na época existiam cerca de 90 laboratórios de geoprocessamento em operação no Brasil que utilizavam o SIG, o que era considerado número alto de usuários, mas poucos o usavam de forma adequada e assertiva, com competência para utilizar as ferramentas e explicar os fenômenos ocorridos.

Várias são as técnicas e a eficiência de um aprendizado técnico, que requer estudos mais detalhados do potencial dessa ferramenta adotada no Brasil, e existem diversos caminhos metodológicos complexos para a obtenção de resultados e explicações mais didáticas que possam esclarecer o objeto em estudo (ASSAD; SANO, 1998).

A distribuição espacial de um fenômeno pode dizer muito sobre ele, desde padrões de distribuição até tendências de acontecimentos. Por isso, é importante não só ter conhecimento do evento que ocorreu, mas também conhecer onde ele aconteceu. Em um SIG, todas as informações estão georreferenciadas, isto é, estão atreladas a um lugar no espaço.

No modelo de representação de um SIG, os dados podem ser representados graficamente de três maneiras: através de pontos, linhas ou áreas. Cada objeto carrega consigo a informação

da localização espacial daquele dado, a forma como ele está representado e seu tamanho, sendo assim, uma ferramenta de grande valor para pesquisa. É possível integrar dados de diversas fontes, escalas e formatos, criar bancos de dados georreferenciados para estudos do funcionamento e alteração do ecossistema e o efeito da ação dos fatores moduladores, naturais e antrópicos sobre o meio ambiente (LONGLEY *et al.*, 2005).

Para a realização de consultas em um banco de dados, seja este tabular ou espacial, é utilizada a linguagem de consulta estruturada. Seus comandos e estrutura são padronizados, o que facilita a operação e análise dos dados referenciados, o aprendizado e a utilização em diversos Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD). Essa linguagem se baseia na álgebra relacional, com comandos, como: operadores lógicos (*or; and; like; ilike*); comandos matemáticos (+; -; /; ×); operadores de comparação (=; >; <; ≥; ≤; ≠); análise de elementos textuais e espaciais (BRASIL, 2018).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao reconhecer diversas aplicações e criações de indicadores, sendo em municípios pequenos e setores de cidades grandes, constatou-se a necessidade de planejamento do uso do solo urbano, já que o indicador uso do solo explicou a maior variância do IQAU nas áreas de estudo, demonstrado no Quadro 2 dessa pesquisa, destacando os estudos feitos por Nucci (1998), cuja metodologia, com o decorrer dos anos, foi usada por outros pesquisadores em localidades distintas e complementando a importância do seguimento desse estudo em áreas urbanas.

A expansão urbana traz em si o agravamento ambiental, tanto em processos erosivos, alagamentos, inundações, bem como a redução da impermeabilização do solo, sobretudo em novos loteamentos, nos quais a definição de padrões urbanísticos foram analisados por Dias, Gomes e Alkmim (2011). Já por Minaki e Amorim (2012) um dos indicadores analisados foi a densidade de cobertura vegetal e densidade de áreas verdes, destacando a necessidade de provê-las às áreas de expansão urbana.

A concepção dessa análise dentro da literatura foi em busca de trabalhos para conhecer diversificadas metodologias integradas na avaliação da qualidade ambiental urbana, constatar a importância da inserção das geotecnologias como ferramenta da aplicação de índice e a espacialização das informações. Assim, descobriram-se novos parâmetros e indicadores, como cobertura vegetal, temperatura da superfície, áreas com risco de inundação, saneamento, dentre outros que podem ser analisados de forma conjunta e com pesos diferenciados, levando em conta os dados adquiridos e as características do local.

Pôde-se observar diversas hipóteses de conhecer a qualidade ambiental tanto em cidades pequenas quanto em cidades grandes, variando, assim, a quantidade de dados que cada região fornece para sustentação das plataformas digitais. Esse sistema poderia ser representado por um SIG, dispondo de mapas com camadas representando cada indicador e metadados, os quais representariam tabelas de atributos nas análises que podem ser desenvolvidas.

Outro fator interessante é a utilização de indicadores em análises para obter resultados mais próximos da área de estudo, buscando sempre os aspectos ambientais e classes de análise características do local. Entretanto, muitas são as dificuldades encontradas para análises desse tipo, principalmente pela indisponibilidade de dados e/ou pelos dados pouco atualizados.

Os IQAUs, aplicados por meio de ferramentas computacionais com o geoprocessamento e a caracterização de indicadores, mostram-se eficazes para o segmento proposto, com

representação em mapas temáticos, tornando as análises mais claras e objetivas. Sabe-se que dificilmente essas análises são determinantes, e o intuito é aproximar ao máximo da realidade, dessa forma, a utilização de critérios e parâmetros para dar seguimento à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- AGRA-FILHO, S. S., MARINHO, M. M. D. O., SANTOS, R. D. A. S. dos. Indicadores de sustentabilidade ambiental urbana: uma análise comparativa com os indicadores nacionais propostos para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). **Bahia analise & Dados**. v. 29, n. 2, p. 174–213, 2019.
- ANGEOLETTO, F., RICHARD, E., VACCHIANO, M. C., *et al.* "ARBORIZAÇÃO URBANA NO BRASIL: um reflexo de injustiça ambiental", **Terr Plural**, v. 11, n. 2, p. 291–303, 2011. DOI: 10.5212/terraplural.v.11i2.0008. .
- ASSAD, E. D., SANO, E. E. **Sistemas de informação geográfica: aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: Embrapa, SPI, 1998. Disponível em: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00064290.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- BACHRACH, P.; BARATZ, M. S. Duas faces do poder. **Revista de Sociologia e Política**, v. 19, n. 40, p. 149–159, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rsp/article/view/31718/20239>. Acesso em: 02 maio 2022.
- BARREIRA, A. A. DEUS, J. B. Goiânia – Da utopia à construção do lugar. **Boletim Goiano de Geografia**, vol. 26, n. 1, jan.-jun., 2006, p. 70-90. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3371/337127144006.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2022.
- BIZIAK, L. D. **Sustentabilidade urbana: avaliação da qualidade ambiental do setor central de Uberlândia/MG**. 2017. 109f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/317068420\\_Sustentabilidade\\_urbana\\_avaliacao\\_da\\_qualidade\\_ambiental\\_do\\_setor\\_central\\_de\\_Uberlandia](https://www.researchgate.net/publication/317068420_Sustentabilidade_urbana_avaliacao_da_qualidade_ambiental_do_setor_central_de_Uberlandia). Acesso em: 02 ago. 2020.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. **Avanços e Desafios: Política Nacional de Habitação**. Brasília, DF, 2010.
- BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Introdução ao ambiente SIG QGIS**. Organização: Alex da Silva Santos. Editora IBGE. 144, 2018.
- BRASIL, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/morrinhos/panorama>. Acesso em: 04 abr. 2022.
- CÂMARA; G, MONTEIRO; A. M., FUCKS; S. D., C. M. S. **Análise Espacial e Geoprocessamento**. INPE- Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, p. 27, 2002. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>. Acesso em: 03 nov. 2021.

- CÂMARA, G., DAVIS, C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE- Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. São José dos Campos, p. 1–5, 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em: 10 ago. 2020.
- CAMARGO, C. E. S. **Qualidade ambiental urbana em Presidente Prudente/SP**. 2007. 152 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/96778>. Acesso em: 12 maio 2021.
- CARLOS, A. F. A. **A (re)produção do Espaço Urbano**. São Paulo: Edusp, 1994.
- CARLOS, A. F. A. **A condição espacial**. São Paulo: Editora Contexto, 2011.
- CARLOS, A. F. A. A (re)produção do Espaço Urbano. São Paulo: Edusp, 1994. *In*: CARLOS, A. F. A.; SOUZA, M. L.; SPOSITO, M. E. B. (orgs). **A produção do espaço urbano: agentes e processos, escalas e desafios**. São Paulo: Contexto, 2011.
- CAVALCANTE, J. da C. *et al.* Multicriteria analysis in the definition of priority areas for forest conservation in São Félix do Xingu - PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 1, p. 167–181, 2020.
- CORRÊA, R. L. **O Espaço Urbano**. São Paulo: Ática, 1997.
- CORRÊA, R. L. **Trajétórias Geográficas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- COSTA, C. L. A captura das subjetividades como estratégia nas relações de poder na sociedade capitalista. **Opsis**, v. 20, n. 1, p. 1–10, 2020.
- DIAS, F. de A.; GOMES, L. A.; ALKMIM, J. K. Avaliação da qualidade ambiental urbana da bacia do ribeirão do Lipa através de indicadores, Cuiabá/MT. **Sociedade & Natureza**, v. 23, n. 1, 2011.
- ESTÊVEZ, L. F.; NUCCI, J. C. A questão ecológica urbana e a qualidade ambiental urbana. **Revista Geografar**, v. 10, n. 1, p. 26, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/37677/26756>. Acesso em: 18 fev. 2022.
- FAISAL, K., SHAKER, A. Improving the accuracy of urban environmental quality assessment using geographically-weighted regression techniques. **Sensors (Switzerland)**, v. 17, n. 3, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5375814/>. Acesso em: 25 fev. 2022.
- FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. CONAB: Brasília-DF. Set. 2005. Disponível em: [https://www.clickgeo.com.br/wp-content/uploads/2013/04/conceitos\\_sm.pdf](https://www.clickgeo.com.br/wp-content/uploads/2013/04/conceitos_sm.pdf). Acesso em: 18 fev. 2022.

- FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na Geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, USP, v. 17, p. 24–29, 2005. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47272/51008>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- FORATTINI, O. P. Qualidade de vida e meio urbano: a cidade de São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 25, n. 2, p. 75–86, 1991. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/fjv5ywhTMSMF5gZf9n3d8qL/?lang=pt>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- FORNAZIEIRO, M. P. A. **Qualidade ambiental urbana**: proposta de um índice para a cidade de Rio Claro/SP. Orientadora: Andréia Medinilha Panher. 2020. 187 f. Dissertação de mestrado (Pós-Graduação em Geografia) - UNESP, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/202353>. Acesso em: 29 abr. 2021.
- GOUVEIA, N. Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental. **Saúde e Sociedade**, v. 8, n. 1, p. 49–61, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sausoc/a/gnt8LsnHRWYzhnT75vT7pjf/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 abr. 2022.
- GRIMM, I. J., SAMPAIO, C. A. C. Crise ambiental, política climática e o turismo: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 44, p. 95–112, 2017. Disponível em: [http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes\\_RBCIAMB/article/view/111/79](http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/111/79). Acesso em: 12 abr. 2022.
- GUO., *et al.* Exploring the relationships between urban spatial form factors and land surface temperature in mountainous area: A case study in Chongqing city, China. **Sustainable Cities and Society**, v. 61, p. 102286, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102286>. Acesso em: 16 mar. 2022.
- HECKERT, A. L. C., BARROS, M. E. B. de, CARVALHO, S. V. Cidades e políticas públicas. **Fractal : Revista de Psicologia**, v. 28, n. 2, p. 266–274, 2016. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/fractal/article/view/5134/4987>. Acesso em: 22 mar. 2022.
- LAKATOS, E. M. **Sociologia Geral**. São Paulo. Atlas, 1979.
- LEFEBVRE, H. **O direito à cidade**. São Paulo: Centauro, 2001.
- LEOPOLD, L. B. **A procedure for evaluating Environmental Impact**. Geological Survey – Circular 645. Washington, 13 p., 1971.
- LI, X., RATTI, C. Mapping the spatio-temporal distribution of solar radiation within street

canyons of Boston using Google Street View panoramas and building height model.

**Landscape and Urban Planning**, v. 191, p. 13, 2019. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204618306492>. Acesso em: 12 fev. 2022.

LONGLEY, P. *et al.* **Geographic Information Systems and Science**. Secondrank Edition. Wiley and Sons. England. 2005.

LOPES, A. S. **Modificações no clima urbano de Lisboa como consequência do crescimento urbano. Vento, ilha de calor de superfície e balanço energético**. Dissertação de Doutoramento apresentada a Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. Lisboa. 2003. 375 p.

M.M.A. Ministério do Meio Ambiente. **Mais um passo em direção à qualidade ambiental urbana**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana>. Acesso em: 20 jun. 2021.

MACEDO, L.V. Problemas Ambientais Urbanos Causados pelo Trânsito na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). *In*: GUERRA, A.; CUNHA, S. B. (orgs.). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006, p. 305-346.

MACIEL, P. B.; MARTINS, M. de F. Análisis de la sostenibilidad de ciudades que incorporan la dimensión humana: estudio en la ciudad de Queimadas-PB. **Polis (Santiago)**, v. 19, n. 57, 2020.

MARTÍNEZ, R. Q. **Estatísticas del médio ambiente em América Latina y el Caribe: avances y perspectivas**. Chile: Cepal. Series Manuales, 2005.

MEIRA, J. C. **Reformulação urbana no Brasil do século XX: Análise dos Discursos de Progresso e Modernização em um Município do Sul de Goiás (1950-1970)**. 1. ed. Curitiba: Editora CRV, 2019. Disponível em: <https://editoracrv.com.br/produtos/detalhes/33594-crv>. Acesso em: 30 mar. 2022.

MENDONÇA, F. Geografia socioambiental. **Terra Livre**, v. 1, n. 16, p. 113-132, 2001.

MILARÉ, É. Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário. 9. ed. São Paulo: **Revista dos Tribunais**, 2014.

MILARÉ, É. **Reação jurídica à danosidade ambiental: contribuição para o delineamento de um microssistema de responsabilidade**. 2015 380 f. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Estudos Pós-Graduados em Direito – PUC-SP. Disponível em: [https://tede2.pucsp.br/bitstream/handle/18874/2/Édis Milaré.pdf](https://tede2.pucsp.br/bitstream/handle/18874/2/Édis%20Milaré.pdf). Acesso em: 18 nov. 2021.

MINAKI, C.; AMORIM, M. C. C T. Análise da qualidade ambiental urbana. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 11, n. 24, 2012.

MITCHELL, M. G. E. *et al.* Landscape structure influences urban vegetation vertical structure. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 5, p. 1477-1488, 2016.

MOREIRA, F. D.; MESSIAS, E. C. Análise Ambiental da Paisagem Urbana na Região dos Canais de Drenagem de Águas Pluviais em Aracaju/SE. **Expressão Científica**, v 05. x, p. 1-15, 2020.

NUCCI, J. C. **Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano**: um estudo de planejamento da paisagem do distrito de Santa Cecília (MSP). 1996, 229f. 1996. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2 ed. Curitiba-PR. O Autor. 2008. 150 p.

OLIVEIRA, J. S. e S. Índices de vegetação (Ndví, Ivas, Iaf, Ndwí) como subsídio à gestão do uso e ocupação do solo na zona de amortecimento da Reserva Biológica de Saltinho, Pernambuco. **Universidade Federal De Pernambuco**, p. 1-91, 2013.

ONU. **População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/83427-populacao-mundial-deve-chegar-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu>. Acesso em: 08 fev. 2022.

PEREIRA, M. R. da S.; ALCÂNTARA JR., J. O. A mobilidade e a expansão territorial na cidade de São Luís, MA: um novo paradigma social na ocupação do espaço urbano.

**Cadernos Metrópole**, v. 19, n. 40, p. 977-998, 2017. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/view/2236-9996.2017-4012/24339>. Acesso em: 24 abr. 2022.

ROMANO, C.M.B. **Uma abordagem geográfica**. Goiânia Grafset, 135p. 2006.

SALGADO, T. R. Urbanização e rede urbana em Goiás entre as décadas de 1940 e 1980, v. 41, p. 21, **Boletim goiano de Geografia**, 2021. Disponível em:

<https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/70276/37482>. Acesso em: 14 maio 2022.

SANTOS, G., NUCCI, J. "Índice de Cobertura Vegetal e Índice Visual de Verde: indicadores de qualidade ambiental urbana", **GOT - Journal of Geography and Spatial Planning**, n. 17, p. 229–245, 2019. DOI: 10.17127/got/2019.17.010.

- SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993.
- SANTOS, M. **Ensaio sobre a Urbanização Latino-americana**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, HUCITEC. 194 p. 2010.
- SANTOS, M. **Pobreza Urbana**. 3.ed., 1. reimpr. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2013.
- SANTOS, W. A. dos, SARTORELLO, R. Percepção e paisagem no cotidiano de escolas inseridas em paisagens rurais e urbanas. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 25, n. 4, p. 911-926, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/tqXzmryVVZRVghtXNKpCyXR/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 18 fev. 2022.
- SILVA, G. J., *et al* Avaliação da qualidade ambiental do espaço público: um estudo aplicado à cidade de João Pessoa-PB, Brasil. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 8, n. 56, p. 0–17, 2020. DOI: 10.17271/2318847285620202253.
- SILVEIRA, S. J.; OLIVEIRA, F. H.; SCHUCH, F. S. Área verde mínima para loteamentos sustentáveis segundo o ciclo hidrológico. **Arquitetura Revista**, v. 16, n. 1, p. 23-45, 2020. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/1936/193662824002/193662824002.pdf>. Acesso em: 23 maio 2022.
- SPAREMBERGER, R. F. L. A relação homem e meio ambiente e a reparação do dano ambiental: reflexões sobre a crise ambiental e a teoria do risco na sociedade. **Available at: Accessed on**, v. 01, p. 25, 2017. Disponível em: [https://www.lucianedias.adv.br/uploads/media/documents/document\\_5.pdf](https://www.lucianedias.adv.br/uploads/media/documents/document_5.pdf) . Acesso em: 20 de dez. 2021
- UGEDA JÚNIOR, J. C. Planejamento da paisagem e planejamento urbano: reflexões sobre a urbanização brasileira. **Revista Mato-Grossense de Geografia**, v. 17, n. 1, 2014.
- VITTE, C. C. S; KEINERT, T. M. M. **Qualidade de vida, planejamento e gestão urbana**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2009.
- YUE, W., *et al*. Mismatch of morphological and functional polycentricity in Chinese cities: An evidence from land development and functional linkage, **Land Use Policy**, v. 88, n. 104176, nov. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104176>. Acesso em: 12 mar. 2022.

## Capítulo II

### ESTUDO DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA (IQUAU) EM MORRINHOS-GO POR MEIO DOS INDICADORES BIOFÍSICO E GEOMORFOLÓGICO COM O USO DAS GEOTECNOLOGIA

#### Resumo

Este estudo visou a aplicação e avaliação de um Índice de qualidade ambiental urbana (IQUAU) em Morrinhos-GO, por meio de indicadores ambientais e geomorfológicos obtidos por dados de sensores remoto, buscou-se aplicar uma análise dos aspectos ambientais, com aplicação de IQUAU. Na classe de indicadores biofísicos, foram analisadas a Densidade da cobertura vegetal (Dcv), Densidade de área verde (Dav) e Temperatura da superfície (Ts); na classe da Geomorfologia e Infraestrutura, foram avaliadas a Declividade do terreno (Dt) e Susceptibilidade ao alagamento (Sa). O IQUAU calculado, que possui seus valores compreendidos entre 1 (mínimo) e 4 (máximo), para a área de estudo, ficou entre valores de IQUAU, máximo = 3,803, média = 2,911 e mínimo = 1,233. Na análise da densidade da cobertura verde e densidade de área verde, verificou-se que elas são deficitárias e mal distribuídas estando sua maior concentração em áreas onde encontram-se vegetações remanescentes preservadas. Os pontos de riscos à inundação na cidade de Morrinhos são poucos, isso se deve ao formato do relevo ondulado devido às vertentes extensas e vales relativamente encaixados e poucas partes baixas com ocupações residenciais. Com o crescimento do perímetro urbano, na atualidade, ressalta-se a necessidade de ter planejamento eficaz do uso do solo.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto; áreas verdes; susceptibilidade de alagamento; densidade da cobertura.

## Introdução

O ambiente urbano traz em seu meio um sistema antrópico, tendo o homem como peça principal na alteração desse sistema, em que ambiente encontra-se na sua maior parte artificializado e com índice verde pouco acessível a maior parte da população local, sendo o acesso à natureza desvinculado do processo de crescimento urbano (SILVEIRA *et al.*, 2020).

Em se tratando da mensuração da qualidade ambiental, a biodiversidade urbana é variedade e riqueza de organismos vivos e a diversidade de habitats encontrado dentro e fora do espaço urbano, promovendo hipótese para se obter uma qualidade de vida equilibrada, mesmo que as ações antrópicas sejam intensas, gerando tanto impactos ambientais quanto socioeconômicos (YAO *et al.*, 2015).

A qualidade de vida e ambiental da área urbana constitui-se como um importante instrumento para investigar as conjunturas socioambientais de um determinado local (ZAZYKI; MARIN; MOURA, 2020). Voltando o olhar para a heterogeneidade da paisagem urbana, espera-se que diferentes paisagens encontrem-se em diversas localidades do espaço da cidade, dessa forma, apresentam variações, visto que cada espaço tem suas particularidades quanto aos tipos e intensidades de cobertura e uso do solo (HU; XU, 2018). Isso reflete nas condições ambientais e na relação de balanço e troca de energia entre a superfície e a atmosfera (PIRES; FERREIRA JR, 2015).

Ao estudar as condições das áreas ocupadas por vegetação e usá-las como objetos de análise para a obtenção do nível da qualidade ambiental urbana, dando destaque nos espaços verdes urbanos. Sendo estes percebidos de formas sensoriais e visuais que ajudam na compreensão do que a paisagem urbana resulta na configuração deste estudo, destaca-se o *Modified Photochemical Reflectance Index* (MPRI) (YANG *et al.*, 2008), passando a ser parte do estudo da fenologia, ciclos biológicos da vegetação, em classificações espectrais.

O processo fisiológico de evapotranspiração das árvores é o responsável por conservar a temperatura e a umidade relativa do ar do seu entorno, proporcionando, dessa forma, melhores sensações térmicas ao ambiente local, de acordo com Angeoletto *et al.*(2011), sendo essa conservação denominada de termorregulação. Muitas vezes, com sua ausência, pode-se comprometer a qualidade ambiental, ao reconhecer sua importância, deve-se analisar a cobertura vegetal e qual sua distribuição e quantificar para a obtenção da qualidade dentro do contexto urbano (PEREIRA; ALCÂNTARA JR, 2017).

A qualidade ambiental pode ser representada por diversos indicadores, que são analisados espacialmente no contexto urbano, contribuindo para entender as alterações na biosfera da cidade (ESTÊVEZ; NUCCI, 2015). Essas sucessivas alterações e, conseqüentemente, a compreensão de como ocorreu o desenvolvimento da área em estudo, se devem ao crescimento acelerado e contínuo, tanto em extensão como em volume de habitantes.

O crescimento das cidades tem provocado impactos sobre o ambiente urbano, mas quando as potencialidades (limites e aptidões) do ambiente urbano são conhecidas e respeitadas na elaboração e execução do planejamento municipal, certamente, haverá melhoria na qualidade ambiental urbana, pois os impactos negativos seriam reduzidos ou evitados (ESTÊVEZ; NUCCI, 2015).

Em 2019, o governo federal, por meio do Ministério do Meio Ambiente, elegeu a Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana como atividade estratégica de gestão, visando melhorar os indicadores nas cidades brasileiras, trazendo a importância de conhecer e melhorar o índice quando possível. Com esse programa, o governo pretende orientar políticas públicas urgentes, mais efetivas e eficientes, que proporcionem maior integração entre os diferentes níveis de tomada de decisão (M.M.A, 2020).

No contexto descrito e considerando as geotecnologias e o acesso a imagens multiespectrais de satélites que permitem detectar mudanças graduais e/ou rápidas nas paisagens, o uso de índices espectrais pode auxiliar na caracterização dessas mudanças de padrão, uma vez que realçam diferentes feições da superfície (CÂMARA; DAVIS, 2004). As geotecnologias têm demonstrado um crescimento expressivo da quantidade de dados produzidos como ferramentas voltadas para os estudos de planejamento e quantificação de áreas verdes, envolvendo extensões territoriais amplas no município de Rio Branco - Acre (OLIVER, 2013).

No estudo feito por Alves e Rocha (2016) sugere os seguintes questionamentos: 1) como avaliar a qualidade ambiental de um município? e 2) qual o comportamento da temperatura da superfície e de índices de vegetação na malha urbana desse município? Nesse sentido, justifica-se este trabalho devido aos poucos dados usados em estudos que envolvam a utilização de geotecnologia no município de Morrinhos, na região sul do estado de Goiás.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade ambiental urbana de Morrinhos-GO, por meio de indicadores ambientais e geomorfológicos, obtidos por meio de dados de sensoriamento remoto.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local da área de estudo

O município de Morrinhos, localizado na região sul do Estado de Goiás, tendo área territorial aproximada de 2.846 km<sup>2</sup>, população estimada de 46.955 habitantes e densidade demográfica 16,50 hab.km<sup>-2</sup>, está a 128 km de distância de Goiânia, capital do Estado, e a 336 km de Brasília-DF (BRASIL, 2022). A localização geográfica do município e área urbana de Morrinhos encontram-se na Figura 1.

### Bases de dados geográficos

Os dados geográficos com a delimitação dos bairros do município de Morrinhos, caracterizados como setores, foram adquiridos juntamente à base de infraestrutura do município, atualizada para o ano de 2020, no Setor de Infraestrutura da Prefeitura de Morrinhos (MORRINHOS, 2021).

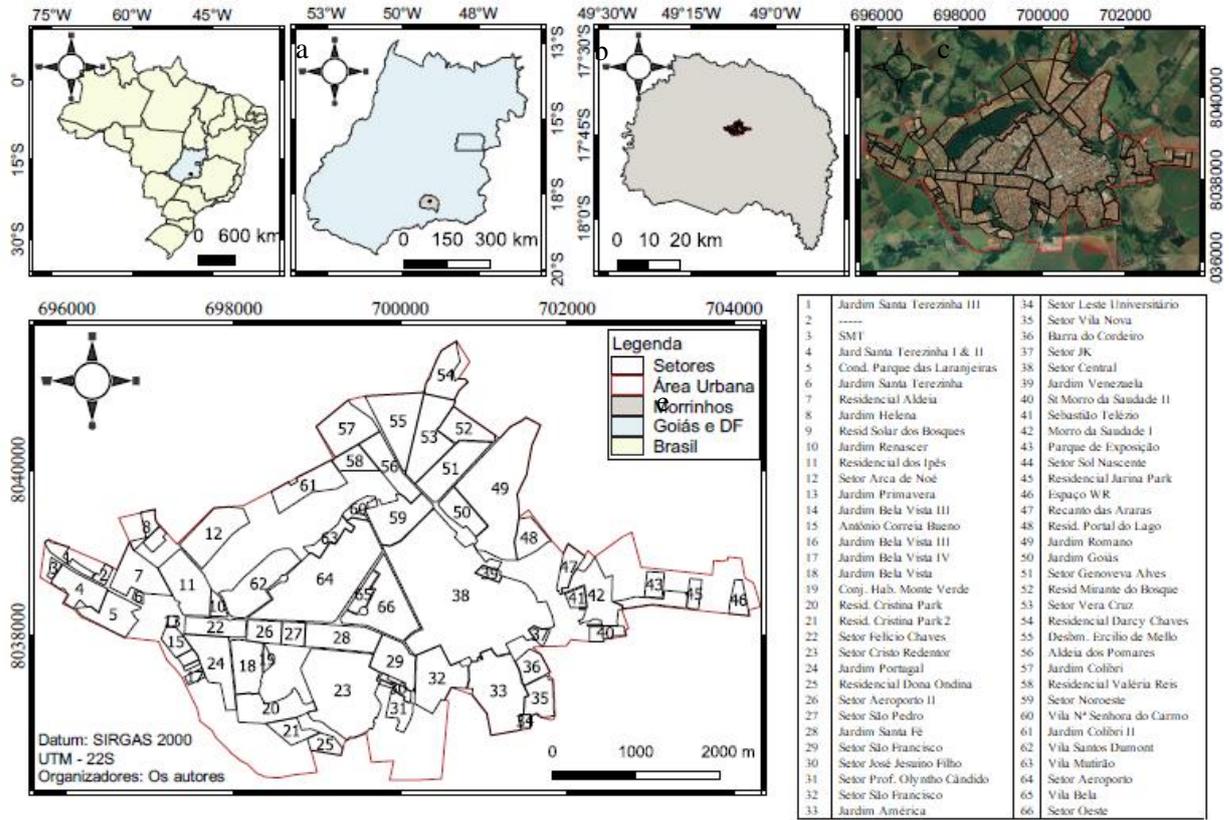
As classes de indicadores da qualidade ambiental foram definidas como: (1) Ambiental e (2) Geomorfologia e Infraestrutura, bem como as variáveis que representam as classes (Quadro 1).

**Quadro 1.** Classes e variáveis selecionadas como indicadores para avaliação da qualidade ambiental em Morrinhos-GO.

classe	variável
Ambiental	Densidade da cobertura vegetal; Densidade de área verde; Temperatura da superfície.
Geomorfologia e Infraestrutura	Declividade do terreno Susceptibilidade a alagamento

Fonte: Os autores.

**Figura 1.** Localização geográfica do Brasil (a), Goiás (b), Morrinhos (c), área urbana de Morrinhos com imagem do Google Earth (d) e dos setores de Morrinhos (e), com os respectivos nomes dos setores.



### **Densidade de cobertura vegetal (Dcv)**

Consistiu na avaliação por meio da criação do *Modified Photochemical Reflectance Index* (MPRI), obtida por meio da razão da diferença das bandas do verde e do vermelho  $((\text{GREEN}-\text{RED}) / (\text{GREEN}+\text{RED}))$  (YANG *et al.*, 2008). As imagens de satélite para obtenção do MPRI foram obtidas por meio da plataforma do *View* (EOS- VIEW, 2021). Foram selecionadas imagens em dias de céu claro, sem nuvens, em quatro datas, sendo uma do primeiro trimestre (janeiro a março), outra do segundo (abril a junho), outra do terceiro (julho a setembro) e a última do quarto trimestre (outubro a dezembro) do ano de 2021. As imagens selecionadas são do satélite Sentinel 2A, que possui resolução espacial de 10m. Após a seleção e *download* das quatro imagens, representativas de cada trimestre, foi realizado o cálculo do MPRI médio anual por meio do *software* QGIS 3.16, e a fórmula do MPRI proposta por Yang, Willis e Mueller (2008).

Com a imagem de MPRI, foram classificados os valores para a densidade de área verde, considerando trabalhos que utilizaram índices de vegetação como indicadores da qualidade da cobertura da superfície (GAMEIRO *et al.*, 2016).

Foi realizado o fatiamento do parâmetro para esse indicador com três classes:

Classe 1:  $-1$  a  $0,04$  é tido como ruim (sem cobertura: estradas, edificações e água);

Classe 2:  $0,04$  a  $0,3$  é tido como regular (pode haver cobertura rasteira ou de pequeno porte; grama, arbustos e outros); e

Classe 3:  $0,3$  a  $1$  é tido como ótima (árvores, fragmento de mata, e outros);

### **Densidade de áreas verdes (Dav)**

Foi obtida, por meio do mapeamento das informações de satélite, a identificação de áreas verdes, independente da densidade, considerando, assim, as classes 2 e 3 do mapa de densidade de cobertura vegetal (obtido no passo anterior), sendo que esses *pixels* já representam algum tipo de cobertura verde. Após a identificação, foi quantificada a área verde por bairro e obtida a razão da área do bairro com cobertura vegetal (área verde / área do bairro). Foram considerados os valores absolutos por bairro, da área urbana de Morrinhos.

### Temperatura média de superfície (Ts)

Foram selecionadas imagens em dias de céu claro, sem nuvens, em quatro datas correspondentes, sendo uma em cada trimestre, no primeiro (janeiro a março), no segundo (abril a junho), no terceiro (julho a setembro) e no quarto trimestre (outubro a dezembro) do ano de 2021. As imagens selecionadas são do satélite Landsat 8 OLI, órbita 221, ponto 72, por meio da banda 10, que representa o canal termal. Após a seleção e *download* das quatro bandas das imagens, representativas de cada trimestre, foi realizado o cálculo da temperatura da superfície média anual por meio do *software* QGIS 3.16, e a fórmula da temperatura proposta por USGS (2021).

Foi realizado o cálculo da temperatura de superfície sem correção atmosférica para o Landsat-8 a partir da conversão dos níveis de cinza da banda 10 em radiância espectral (TOA), através da equação 1 (USGS, 2021).

$$L_{\lambda} = M_L \cdot Q_{cal} + A_L \quad (\text{Equação 1})$$

onde:

$L_{\lambda}$  = Radiância espectral ( $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ );

$M_L$  = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda ( $3.3420E-04$ );

$Q_{cal}$  = Valor quantizado e calibrado do *pixel* em nível de cinza (DN);

$A_L$  = Fator aditivo de redimensionamento da banda ( $0.1000$ )

A radiância espectral foi convertida em temperatura a partir da Equação 2. As constantes térmicas da banda 10 do Landsat 8 foram obtidas no arquivo de metadados (NASA, 2021; USGS, 2021), onde  $K_1$  equivale a  $774.89 W/m^2 sr \mu m$  e  $K_2$  equivale a  $1321.08 K$ .

$$T_{sc} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (\text{Equação 2})$$

onde:

$T_{sc}$  = Temperatura sem correção atmosférica (Kelvin)

$K_1$  = Constante de calibração 1 ( $774.89 W/m^2 sr \mu m$ );

$K_2$  = Constante de calibração 2 ( $1321.08 K$ );

$L_{\lambda}$  = Radiância espectral ( $W/m^2 sr \mu m$ ).

Após a obtenção dos dados de temperatura média da superfície em Kelvin, eles foram convertidos para graus Celsius (°C), subtraindo da imagem resultante o valor de 273,15. Tendo, então, a temperatura para a área urbana, foi obtida a temperatura média do bairro, por meio do recorte e cálculo estatístico da imagem resultante, por meio do *software* QGIS, ferramenta de *estatísticas zonais* que extrai o valor médio dos *pixels* da imagem por meio da delimitação de cada bairro e carrega a uma nova coluna da tabela de atributos.

### **Declividade do terreno (Dt)**

Para geração do mapa de declividade do terreno, foram considerados os dados geográficos geomorfométricos (hipsometria) do projeto Topodata (INPE, 2021), que disponibiliza imagens com dados de altitude em resolução de 30m. Foram, então, processadas as informações para obter o mapa de declividade do terreno por meio da ferramenta *r.slope.aspect*, que permite a entrada de dados hipsométricos e a saída da imagem declividade em dados de inclinação percentual. Após a obtenção da declividade total, foi então obtida a declividade média de cada bairro da área urbana, por meio da média aritmética dos *pixels* que compõem a área de cada polígono (bairro).

### **Susceptibilidade a alagamento**

Por meio da avaliação realizada através do mapeamento das informações de altimetria, foram obtidos os dados de uso do solo, declividade do terreno e fluxo acumulado.

Para os mapas de usos do solo, foram utilizados os dados do Índice de vegetação MPRI como forma de indicador da densidade e quantidade de cobertura do solo, pois considerados os valores em escala de -1 a +1. Valores negativos representam ausência de cobertura vegetal, enquanto que valores de zero (0) a +1 representam um aumento da massa vegetal de cobertura da superfície e podem ser sensíveis à representação espacial por meio das imagens de satélite.

Para o mapa de declividade, foram utilizadas as mesmas informações já descritas anteriormente Ouma e Tateishi (2014). O mapa de fluxo acumulado foi gerado por meio da entrada dos dados de hipsometria no *software* QGIS 3.22 com a ferramenta *r.watershed*, que permite calcular o produto do número acumulado de pixels, que representa a continuidade de uma rampa no terreno (*número de pixels que drenam para cada pixel*).

Áreas em regiões mais elevadas representam o início do fluxo, enquanto que as regiões de drenagem, como baixadas, representam acúmulo maior de fluxo e, portanto, mais

susceptíveis a alagamento. Para definição das classes que representam o fatiamento dos indicadores analisados, são representados na Tabela 1, tendo sido consideradas referências de trabalhos como: Korah e López (2015), Rincón, Khan e Armenakis (2018), Popa *et al.* (2019) e Azua *et al.* (2019).

**Tabela 1.** Informações espaciais e valores utilizados para reclassificar as imagens, de acordo com a escala indicador/importância na Susceptibilidade a alagamento.

Classe \ Parâmetro	MPRI (uso do solo)	declividade (%)	fluxo acumulado
1 – Muito baixa	0,3 – 1	>20	0 – 2000
2 – Baixa	0,1 – 0,3	8 – 20	2000 – 4000
3 – Moderada	0 – 0,1	3 – 8	4000 – 8000
4 - Alta	-1 – 0	0 – 3	> 8000

Fonte: Adaptado de Korah e López (2015).

Para o cálculo do mapa de áreas susceptíveis a alagamento, foram considerados os seguintes pesos para os mapas de entrada: 40% - uso do solo; 25% - declividade; 35% - fluxo acumulado. Os pesos dos indicadores foram definidos considerando trabalhos na literatura que executaram de modo semelhante em vários lugares no mundo, como: Korah e López (2015), Ouma e Tateishi (2014), Rincón, Khan e Armenakis (2018), Popa *et al.* (2019), Azua *et al.* (2019).

### Sistema de Informação Geográfica - SIG

Para inserção dos dados no SIG, os dados de cada uma das variáveis foram equalizados em escala numérica de 1 a 4; essa equalização visa transformar os valores de diferentes escalas para uma forma padronizada. Para a equalização, foi considerado que o valor 1 representa o menor do parâmetro, enquanto que o valor 4 da escala representa o maior valor do parâmetro avaliado (Tabela 2).

**Tabela 2.** Informações espaciais e valores utilizados para reclassificar as imagens dos indicadores quanto à qualidade ambiental urbana, de acordo com a escala de quatro níveis.

Parâmetro	Dt (%)	Sa	Dav	Dcv (%)	Ts (°C)
Classe					
1 – Alta	0 – 3	1	0,3 – 1,0	0,3 – 1	< 28
2 – Moderada	3 – 8	2	0,2 – 0,3	0,1 – 0,3	28 – 30
3 – Baixa	8 – 20	3	0,1 – 0,2	0 – 0,1	30 – 32
4 - Muito baixa	>20	4	0,0 – 0,1	-1 – 0	> 32

Dt: Declividade do terreno (%); Sa: Susceptibilidade ao alagamento; Dav: Densidade de área verde do bairro (decimal); Dcv: Densidade da cobertura vegetal (adimensional); Ts: Temperatura média anual da superfície (°C).  
Fonte: Os autores.

Após a equalização das imagens quanto aos indicadores, foram, então, definidos os pesos de cada indicador, segundo a metodologia *Analytic Hierarchy Process*, AHP (POPA *et al.*, 2019). Essa metodologia visa comparar os resultados obtidos e combinados dois a dois, obter o ranqueamento para os indicadores de entrada, sendo que o valor deve ser inferior a 1. Após o cálculo, foram obtidos os pesos para os indicadores, (Tabela 3).

**Tabela 3.** Pesos criados a partir da matriz de importância pareada para cada indicador.

Parâmetro	Dt (%)	Sa	Dav	Dcv (%)	Ts (°C)
Pesos	0,112	0,187	0,297	0,218	0,186

Dt: Declividade do terreno (%); Sa: Susceptibilidade ao alagamento; Dav: Densidade de área verde do bairro (decimal); Dcv: Densidade da cobertura vegetal (adimensional); Ts: Temperatura média anual da superfície (°C).

Os dados da base geográfica foram processados no *software* QGIS 3.22 para tratamento, operações, geração de relatórios, estatísticas e mapas temáticos dos indicadores e do Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA).

Para fins do IQUA de Morrinhos, foram estabelecidos para cada variável um peso da informação, que reflete a importância da variável para o valor final do IQUA. Os pesos relativos às variáveis são apresentados na Tabela 3.

O cálculo do IQUA para a área de estudo foi aplicado por meio da álgebra de mapas (*raster calculator*), com a geração do mapa de qualidade ambiental urbana, por meio da Equação 3, a qual representa a equação do IQUA para o local de estudo, calculado para cada *pixel* do mapa:

$$IQAU = \frac{(Dt*0,112)+(Sa*0,187)+(Dav*0,297)+(Dcv*0,218)+(Ts*0,186)}{0,112+0,187+0,297+0,218+0,186} \text{ (Equação 3)}$$

Onde cada indicador representa as variáveis de qualidade ambiental que foram avaliadas e tem os respectivos pesos (Tabela 3). Após a geração do mapa base do IQAU, ele foi quantificado em escala para cada bairro da cidade de Morrinhos, perfazendo as análises dos indicadores de maior impacto, bem como a variação da qualidade ambiental em cada setor e a avaliação geral.

Os resultados foram expressos na forma de mapas temáticos, bem como a avaliação dos valores por setor.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Hipsometria

A inclinação do terreno desempenha um papel importante na compreensão da estabilidade ou não sobre a área em estudo. As maiores variações altimétricas estão nos setores Aeroporto (64), Jardim Romano (49) e Sol Nascente (44), de altitude (Figura 1), sendo os pontos mais altos da cidade, de acordo com a Figura 2A. Assim, a hipsometria teve relação com o uso do solo, e a densidade de construção por setores com a probabilidade de alagamento (SILVA, 2014).

A representação da altitude da superfície do terreno, bem como a compreensão das partes de onde pode ou não ocorrer inundação, passam a ter sua relevância na pesquisa. Segundo a Figura 2A, os pontos mais baixos estão nos setores: Professor Olyntho Cândido (31), Vila Nova (35), Jardim Venezuela (39) (Figura 1). O modelo digital de superfície ainda permite ter uma compreensão das diferenças altimétricas entre os setores da área urbana.

### Declividade do terreno

As áreas planas são mais propensas ao alagamento, o que não é o caso do município em estudo, pois seu relevo não apresenta topografia extensa e única, de forma plana, e no seu relevo predomina o ondulado (MORRINHOS, 2021). Por meio da figura 2D, observa-se a predominância de declividades leves a onduladas, o que indica que a maior extensão da área urbana tem uma inclinação do terreno no sentido noroeste-sudeste, suave ao escoamento das

águas pluviais, e que não ocorre em áreas de risco que normalmente são superfícies com alta declividade (>20%).

A partir das análises realizadas, foi elaborado o mapa da declividade urbana, (Figura 2D), constatando-se que as áreas propícias à expansão urbana (considerando a topografia) são aquelas localizadas na porção norte do município, em sua extensão Noroeste (NW). Nessas regiões, encontram-se novos loteamentos, que estão inseridos na análise de quantificação da qualidade urbana total, tendo a variação de baixa a moderada na declividade estudo feito no município de Edoret no Quênia (OUMA; TATEISHI, 2014).

Dessa forma, Cavalcante *et al.* (2020) destacaram as classes com baixa inclinação tendo atribuição à classificação de alta qualidade ambiental, devido ao terreno quase plano, enquanto que, alta declividade do terreno tem baixa qualidade ambiental como indicador. Ressaltando que, para o estudo de caso, os resultados das camadas de elevação e declividade originais e reclassificadas são apresentados na Figura 2D.

### **Susceptibilidade a alagamento**

O alagamento é o acúmulo momentâneo de águas precipitadas em determinadas áreas, os casos frequentes ocorrem devido à impermeabilização do terreno, que são locais de escoamento, acumulação e infiltração natural das águas precipitadas (SANTANA; NASCIMENTO, 2019). O crescimento populacional e a expansão urbana, além de aumentarem a redução da impermeabilização do terreno, passa a ser um dos fatores determinantes na análise da qualidade ambiental urbana, tendo um valor expressivo nesta análise.

A susceptibilidade ao alagamento no perímetro urbano indica que a maior frequência de classes resultantes é de baixa a muito baixa, indicando que esse parâmetro indica melhor qualidade ambiental. O mapa de susceptibilidade ao alagamento (Figura 2F) predomina em classes de alta e muito alta para o indicador de qualidade ambiental urbana em Morrinhos, resultado que indica a junção das informações de média a moderada inclinação do terreno, associada à moderada cobertura vegetal que também é indispensável para infiltração da água no solo. Morrinhos é tida ainda como uma cidade de média a pequena, perfazendo, assim, um pequeno a médio comprimento de rampa, o que diminui o acúmulo de água em grandes eventos de chuva.

O desnível altimétrico e declividade são os fatores predisponentes ao alagamento (susceptibilidade), e a impermeabilização das encostas e várzeas é o fator efetivo ao alagamento

(vulnerabilidade). O mapa de risco a alagamento é resultado da densidade e cobertura do solo, que são resultados do índice de vegetação (MPRI), classificando as áreas em níveis de probabilidade de risco (Figura 2F).

No estudo feito por Ouma e Tateishi (2014), no município de Edoret no Quênia a partir do mapeamento de vulnerabilidade a alagamento, também pôde ser derivado o índice de risco de alagamento urbano como indicador do parâmetro. Ressaltando que os resultados são validados usando medições de altura de inundação, com uma diferença média mínima de -1 e uma diferença média máxima de +1 na altura de inunda o observada nas diferentes áreas propensas   ocorrência.

Isso representa uma abordagem proativa para lidar com a probabilidade e as consequências das inunda es nas cidades. Korah e López (2015) trouxeram estudo que buscou mapear áreas vulneráveis a inunda es na cidade de Quetzaltenango, Guatemala, usando SIG. O estudo recomendou a recupera o da floresta através da arboriza o, entre outras como algumas estratégias de mitiga o de enchentes (KORAH; LÓPEZ, 2015).

### **Densidade da cobertura Vegetal e de área verde**

A presença da cobertura vegetal nas cidades tem sido considerada por diversos pesquisadores uma variável importante, de acordo com Est vez e Nucci (2015), devido aos benefícios que proporcionam ao homem e ao equilíbrio ambiental. A quantifica o e análise do verde urbano são importantes para a avalia o do papel das árvores no sequestro de carbono e na regula o da temperatura da superfície do solo dentro do contexto urbano.

Dentro da porcentagem, destaca-se a influência da vasta cobertura arbórea na área que promove o resfriamento evaporativo nas áreas de coberturas mais densas. Assim, isso pode ser devido   presença de solos mais nus e espaços abertos que são pouco absorventes da radia o solar (SUN *et al.*, 2012). No que se refere às varia es nos setores analisados, nota-se o aumento das manchas verdes em diferentes localidades da cidade.

A densidade de áreas verdes (Dav) tem um grande peso na análise, 0,297, inferior a 1, isso se deve   sua característica e grau de importância no IQAU para Morrinhos. O  ndice de cobertura vegetal   um indicativo da área verde por unidade de área do setor, assim como também utilizada por Cunha e Martins (2017), e pôde-se perceber que sua distribui o encontra-se mais alta nos setores afastados do Centro (setores 64, 65 e 66), onde ainda tem maior cobertura com vegeta o, e o quão deficitária e mal distribuída   em outros setores, como está

representado na Figura 2B. Considerando, ainda, a Densidade de cobertura vegetal (Figura 2C), pode-se destacar o predomínio de vegetação arbórea nos sistemas de espaço de integração urbana, no qual a vegetação rasteira é mais frequente nos setores do sentido norte-noroeste e na região sudeste da área urbana de Morrinhos.

A quantificação e a análise da vegetação urbana são importantes na avaliação do papel das árvores urbanas e na vegetação rasteira, pois influenciam na regulação da temperatura da superfície do solo em um ambiente urbano, sendo estes elementos considerados para a obtenção do mapa final da qualidade ambiental no contexto urbano (RINCÓN; KHAN; ARMENAKIS, 2018).

Por meio da Densidade da cobertura verde (Figura 2B), observa-se que a parte central urbana apresenta baixas classes, indicativo para o IQAU, com predomínio as classes baixa e moderada nas áreas com maior densidade de construções (urbanizada), dando destaque a parte central nas classes (bege), que estão o Setor Central (38), Vila Bela (65), São Francisco (29), JK (37), o que significa que a maior parte da área é desprovida de qualquer tipo de vegetação. A maioria dos setores apresenta boa quantidade de áreas verdes, destacando as áreas que apresentam cobertura vegetal rasteira, como campos e gramados, sendo estes encontrados em maior predominância nos novos loteamentos: Valéria Reis (58), Jardim Santa Terezinha III (01), Jardim Helena (08), Jardim Primavera (13), entre outros.

No estudo feito por Mudede *et al.* (2020) na cidade de Joanesburgo, apenas 7% da mancha urbana possui cobertura vegetal adensada, com índice entre 4 e 5. Sendo que o ideal seria que esse índice fosse próximo a 30%, mantendo assim os serviços ecossistêmicos e o conforto térmico, sendo 5% o limite mínimo para que as áreas urbanas não sejam consideradas verdadeiros desertos florísticos.

Sendo assim, Morrinhos tem seu índice um pouco mais elevado, devido ainda ter áreas de vegetação nativa, tendo uma variação significativa nas áreas com as classes de alto a moderada IQAU para a cobertura vegetal, conforme poder ser observada na Figura 2C. Um fator a ressaltar é a desuniforme distribuição da cobertura vegetal, sendo considerada de baixa qualidade para o IQAU, quando considerada para os setores centrais da área urbana, deixando a média desse parâmetro para classes baixa a muito baixa.

Morrinhos, assim como outras cidades, apresenta um diferencial de parque urbano, que aqui não foi considerado por não ser interno a nenhum dos setores, mas com uma influência a amenizar/atenuar a temperatura, bem como outros benefícios nos arredores de alguns setores, conforme observado na Figura 2E.

## Temperatura da superfície

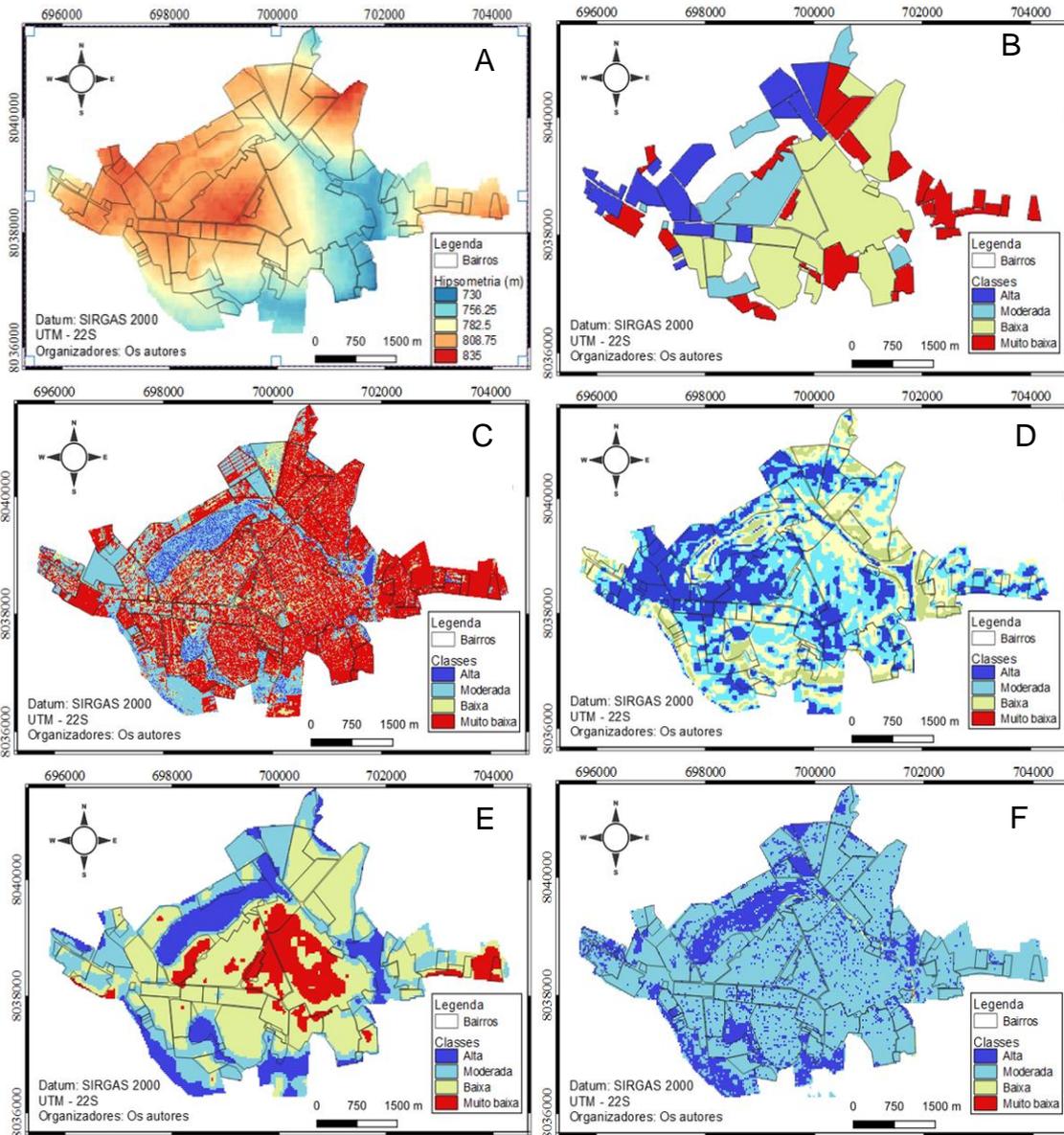
Por meio do mapa da temperatura da superfície (Figura 2E), podemos observar uma grande variação térmica entre os setores, sendo considerada de muito baixa qualidade no IQAU para os setores centrais, enquanto que é considerada moderada em setores novos, principalmente na porção Norte e Oeste. A classificação da qualidade térmica é fortemente influenciada também pela presença de áreas verdes, o que indica uma correlação no IQAU para temperatura (Figura 2E) e Índice de cobertura verde (Figura 2B), ou ainda com a Densidade de cobertura vegetal (Figura 2C). A diferença de temperatura é relativa à extensão e às condições da área urbana, como a diferença de temperatura de 2,4°C, apresentada no estudo feito por Xiong *et al.* (2017).

Um estudo feito por Sun *et al.* (2012) revelou que a proporção de uma área de cobertura de classes semelhantes sobre a temperatura média estava entre 12,80% e 29,59%. No entanto, comparando esses resultados com o presente estudo, pode-se notar que aquelas áreas em estudo da temperatura da superfície apresentaram o nível muito baixo em Rosebank, bairro de Johannesburg, África do Sul, chegando ao total de 11,89%. Shekhar *et al.* (2014) afirmaram que a expansão das cidades acelera a temperatura da superfície terrestre através da conversão de espaços verdes abertos e vegetação em áreas residenciais, o que pode ser comprovado também para os setores em condições semelhantes em Morrinhos.

A análise apresentada por Sousa e Júnior (2012), da carta de temperatura de superfície terrestre para o dia 15 de agosto de 2002 em Goiânia, capital do estado de Goiás, indica a predominância das faixas de temperatura superficiais mais altas (> 34°C), apenas uma pequena porção do território municipal apresenta faixas amenas de temperatura (entre 23 e 30°C). Sendo que, nas composições das bandas ópticas do Landsat, é possível observar que, em geral, áreas de vegetação densa a temperatura média apresenta-se entre 23°C e 30°C, enquanto que em setores mais urbanizados (setores centrais, 64, 65 e 66), foram registrados valores entre 34°C e 36°C.

Sendo assim, na área urbana do município de Morrinhos há predominância de alta temperatura no centro e na parte leste da cidade, denotando para um IQAU com classe muito baixa, representado com a cor vermelha, mas, na maioria dos setores, a temperatura da superfície chega ao nível baixo, como apresentado na Figura 2E.

**Figura 2.** Mapas temáticos da hipsometria (A), e das classes de indicadores da qualidade ambiental urbana para índice de cobertura verde (B), densidade da cobertura verde (C), declividade do terreno (D), temperatura da superfície (E) e Susceptibilidade ao alagamento (F) para área urbana de Morrinhos - GO.



Fonte: Os autores.

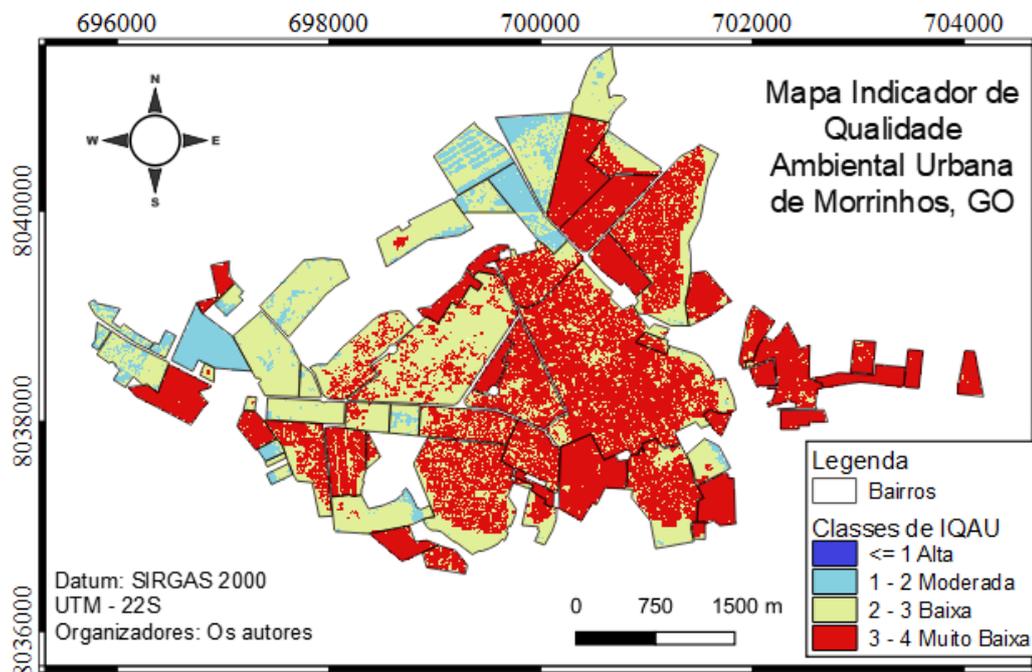
O IQAU para área urbana de Morrinhos (Figura 3) apresentou valor máximo de 3,803, média de 2,911 e mínimo de 1,233, considerando todos os 66 setores urbanos (Figura 1). É observado, de forma geral, que há uma predominância de setores com IQAU para as classes de baixa a muito baixa, indicando, assim, a necessidade de observar parâmetros indicadores que podem ser melhorados para elevar a qualidade ambiental urbana, como exemplo a arborização.

Observa-se que, dos 66 setores, em nenhum há média de IQAU na classe alto IQAU, 4 estão na classe moderada, 27 na classe baixa, enquanto que 35 são da classe muito baixa, representando, assim, 0%, 6,06%, 40,90%, 53,03%, respectivamente, tendo o setor central a

média de 3,132, São Francisco (setor periférico) 3,506, Vila Nova (setor periférico) 3,494 e setor Aeroporto (setor nobre) 2,776, destacando as diferentes urbanizações.

O IQAU calculado é um indicador não permanente para essa área, e nem somente para outros parâmetros que podem ser considerados, portanto, ele pode ser modificado quanto à estrutura e aos pesos atribuídos aos parâmetros de entrada. Quanto aos parâmetros avaliados, observa-se que, de forma direta, a cobertura vegetal apresenta maior peso e tem impactado negativamente para o IQAU, principalmente em setores centrais.

**Figura 3.** Mapa temático da Qualidade ambiental urbana, por meio de indicadores geográficos, para área urbana de Morrinhos - GO.



Fonte: Os autores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica que problemas de baixo IQAU relativos a parâmetros específicos, tais como a cobertura vegetal deficiente, áreas com risco de inundação e temperatura da superfície foram analisados de forma conjunta e com pesos diferenciados, levando em conta os dados adquiridos e as características associadas ao local.

Pôde-se observar uma qualidade ambiental urbana regular para a cidade, onde foram considerados os valores dos 66 setores, com um valor de IQAU (escala de 1 a 4) máximo: = 3,803, média = 2,911, mínimo = 1,233 e Desvio padrão = 0,495. Com isto verifica que a qualidade de vida da população relacionada a preservação do meio ambiente, é parcialmente

atendida, considerando principalmente a densidade de cobertura vegetal e áreas verdes, espacializadas na cidade, sendo essa irregular e variável.

Verificou-se a necessidade de utilizar mais indicadores nessas análises para obter resultados mais próximos da realidade do local, se considerar a complexidade e demais fatores que direta e indiretamente influenciam no IQAU, buscando sempre os aspectos ambientais e classes de análise específicas. Entretanto, muitas são as dificuldades encontradas para análises desse tipo, principalmente pela falta de disponibilidade de dados e dificuldade em obter dados junto aos órgãos competentes. Ainda assim, a metodologia, com uso do geoprocessamento e a caracterização de indicadores, mostrou-se eficaz para o diagnóstico proposto, resultando em um índice eficiente para análise com representação em mapa temático, tornando-a mais clara e objetiva.

Sabe-se que dificilmente essas análises são determinantes e o intuito é sempre se aproximar ao máximo da realidade, dessa forma, a utilização de critérios e parâmetros foi uma das formas de contextualizar a necessidade de mais dados em análises para quantificar a realidade total da área de estudo, pois há diversidade de indicadores que podem ser pontuados, novos estudos podem ser criados, poucas são as pesquisas feitas em cidades pequenas.

## REFERÊNCIAS

ALVES, W. S.; ROCHA, T. Analysis of hypsometric aspects of exposure and relief from the urban area of Iporá-GO: a contribution to the climate study of cities. **Ambiência**, v. 12, p. 793–801, 2016.

ANGEOLETTO, F. *et al.* Arborização Urbana no Brasil: um reflexo de injustiça ambiental. **Terr Plural**, v. 11, n. 2, p. 291–303, 2011.

AZUA, S., *et al.* Spatial Multi-Criteria Analysis for Mapping of Flood Vulnerable Areas in Fagge Local Government Area of Kano State, Nigeria. **FUTY Journal of the Environment**, v. 13, n. 1, p. 23–35, 2019.

BRASIL, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/morrinhos/panorama>. Acesso em: 04 abr. 2022.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**, p. 1–5, 2004.

Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em: 04 abr. 2022.

- CAVALCANTE, J. da C. *et al.* Multicriteria analysis in the definition of priority areas for forest conservation in São Félix do Xingu – PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 1, p. 167–181, 2020.
- CUNHA, R. B.; MARTINS, C. A. A. Geografia eleitoral: Uma revisão e possíveis caminhos. **RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 39, p. 43–56, 2017.
- DA SILVA, R. M. *et al.* Modelagem da relação hipsométrica para um povoamento urbano de *Swietenia macrophylla* King no município de Marabá, Pará, Brasil. **Revista Agroecossistemas**, v. 11, n. 1, p. 204, 2019.
- EOS- VIEW. **Land Viewer**. Disponível em: <https://eos.com/products/landviewer/>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- ESTÊVEZ, L. F.; NUCCI, J. C. a Questão Ecológica Urbana e a Qualidade Ambiental Urbana. **Revista Geografar**, v. 10, n. 1, p. 26, 2015.
- GAMEIRO S. *et al.* Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) na Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, CE. **Terræ**, v. 13(1–2), p. 15–22, 2016.
- GOIÁS, M. **PREFEITURA DE MORRINHOS**. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-morrinhos-go.html>. Acesso em: 12 jul. 2022.
- HU, X.; XU, H. A new remote sensing index for assessing the spatial heterogeneity in urban ecological quality: A case from Fuzhou City, China. **Ecological Indicators**, v. 89, n. August 2017, p. 11–21, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.02.006>. Acesso em: 12 jul. 2022.
- INPE. **AMBDATA**. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/declividade\\_gradiente.php#:~:text=A declividade é a inclinação,terreno em relação à horizontal](http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/declividade_gradiente.php#:~:text=A declividade é a inclinação,terreno em relação à horizontal). Acesso em: 13 jul. 2022.
- INPE. **INPE-TOPODATA**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- KORAH, P. I.; LÓPEZ, F. M. J. Mapping Flood Vulnerable Areas in Quetzaltenango, Guatemala using GIS. **Journal of Environmental and Earth Science**, v. 5, n. 6, p. 132–143, 2015.
- LIMA, V. Mapeamento da qualidade ambiental urbana com o uso da técnica AHP (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS). **Geographical Journal**, v. 9, n. 1, p. 60–72, 2018.

- M.M.A. Ministério do Meio Ambiente. **Mais um passo em direção à qualidade ambiental urbana**, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/mais-um-passo-em-direcao-a-qualidade-ambiental-urbana>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- MORRINHOS; GOIÁS. **Secretaria de obras e serviço público**. Disponível em: <https://morrinhos.go.gov.br/site/secretaria-de-obras-e-servicos-publicos/>. Acesso em: 17 jan. 2022.
- MUDEDE, M. F. *et al.* A new remote sensing index for assessing the spatial heterogeneity in urban ecological quality: A case from Fuzhou City, China. **Ecological Indicators**, v. 61, n. August 2017, p. 103969, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102286>. Acesso em: 17 jan. 2022.
- OUMA, Y. O.; TATEISHI, R. Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: Methodological overview and case study assessment. **Water (Switzerland)**, v. 6, n. 6, p. 1515–1545, 2014.
- PIRES, É.; FERREIRA JR, L. **Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8**. p. 7421–7428, 2015. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- POPA, M. C. *et al.* Flood hazard mapping using the flood and Flash-Flood Potential Index in the Buzau River catchment, Romania. **Water (Switzerland)**, v. 11, n. 10, 2019.
- RINCÓN, D.; KHAN, U. T.; ARMENAKIS, C. Flood risk mapping using GIS and multi-criteria analysis: A greater toronto area case study. **Geosciences (Switzerland)**, v. 8, n. 8, 2018.
- SANTANA; K. E. S. NASCIMENTO; P. S. R. Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe. **XIII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe**. Mapeamento das áreas urbanas propensas a alagamentos no município de Lagarto (SE). n. 1998, p. 1–6, 2019.
- SHEKHAR, N. K. *et al.* Numerical and experimental study of multi-peaked and trimmed pulses in an actively Q-switched fiber laser. **International Conference on Fibre Optics and Photonics, 2014**, p. 10–12, 2014.
- SILVA, M. M. Elaboração de um mapa de risco de inundações da bacia hidrográfica do córrego São Pedro, área urbana de Uberlândia-MG. **Caderno de Geografia**, v. 24, n. 41, p. 1–16, 2014.
- SILVEIRA, S. J.; OLIVEIRA, F. H.; SCHUCH, F. S. Área verde mínima para loteamentos

sustentáveis segundo o ciclo hidrológico minimum. **Arquiteturarevista**, v. 16, n. 1, p. 23–45, 2020.

SOUSA, S. B.; JÚNIOR, L. G. F. Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura da terra no município de Goiânia (GO). **RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 26, n. 26, p. 75–99, 2012.

SUN, M. *et al.* A Web-Based Geovisual Analytical System for Climate Studies. **Future Internet**, v. 4, n. 4, p. 1069–1085, 2012.

USGS (United States Geological Survey). **Using the USGS Landsat 8 Product**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product>. Acesso em: 19 dez. 2021.

XIONG, J. *et al.* Automated cropland mapping of continental Africa using Google Earth Engine cloud computing. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 126, p. 225–244, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.01.019>. Acesso em: 19 dez. 2021.

YANG, Z.; WILLIS, P.; MUELLER, R. Impact of Band-Ratio Enhanced AWiFS Image to Crop Classification Accuracy. **Proceeding Pecora 17**, v. 17, n. 1, p. 1–11, 2008.

YAO, R. *et al.* An integrated study of urban microclimates in Chongqing, China: Historical weather data, transverse measurement and numerical simulation. **Sustainable Cities and Society**, v. 14, n. 1, p. 187–199, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2014.09.007>. Acesso em: 20 dez. 2021.

ZAZYKI, M. A.; MARIN, S.; MOURA, G. L. de. Impactos Da Urbanização Brasileira E O Direito De Propriedade. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, v. 17, n. 3, p. 34, 2020.

## APÊNDICE

### Apêndice 1

Valores médios por bairros da área e dos indicadores de qualidade ambiental urbana para Morrinhos, GO.

Nº	setor	Área do Bairro (km <sup>2</sup> )	Area Verde (km <sup>2</sup> )	Ind. AV (adm)	MPRI (adm)	TS (°C)	Decliv (%)	Alagamento (adm)
1	Jardim Santa Terezinha III	0,06537	0,03067	0,46920	0,0679	28,780	6,790	2,203
2		0,03044	0,01946	0,63930	0,0709	28,580	7,090	1,965
3	SMT	0,02241	0,01252	0,55870	0,0644	29,668	6,440	2,250
4	Jardim Santa Terezinha I & II	0,19407	0,06442	0,33190	0,0414	29,713	4,140	2,437
5	Condomínio Parque das Laranjeiras	0,20861	0,00926	0,04440	0,0230	30,312	2,300	2,831
6	Jardim Santa Terezinha	0,01541	0,00419	0,27190	0,0169	30,093	1,690	2,625
7	Residencial Aldeia	0,24958	0,24905	0,99790	0,0223	28,584	2,230	2,094
8	Jardim Helena	0,05987	0,00470	0,07850	0,0204	30,592	2,040	2,816
9	Residencial Solar dos Bosques	0,04448	0,02496	0,56120	0,0111	29,931	1,110	2,438
10	Jardim Renascer	0,04426	0,01411	0,31880	0,0220	30,407	2,200	2,486
11	Setor Sul dos Pomares / Residêcial dos Ipês	0,31522	0,12686	0,40240	0,0228	31,075	2,280	2,496
12	Setor Arca de Noé	0,30481	0,11398	0,37390	0,0252	30,714	2,520	2,499
13	Jardim Primavera	0,01297	0,00263	0,20280	0,0277	30,200	2,770	2,546
14	Jardim Bela Vista III	0,03034	0,02412	0,79500	0,0898	28,642	8,980	1,874
15	Antonio Correia Bueno	0,07933	0,00313	0,03950	0,0793	29,987	7,930	2,516
16	Jardim Bela Vista III	0,01098	0,00205	0,18670	0,0872	28,528	8,720	2,300
17	Jardim Bela Vista IV	0,02541	0,00941	0,37030	0,0718	28,649	7,180	2,248
18	Jardim Bela Vista	0,22311	0,02369	0,10620	0,0374	31,220	3,740	2,634
19	Conj. Hab. Monte Verde	0,02555	0,00367	0,14360	0,0436	30,636	4,360	2,522
20	Resid. Cristina Park	0,25208	0,06522	0,25870	0,0493	29,342	4,930	2,414
21	Resid. Cristina Park 2	0,10237	0,00203	0,01980	0,0426	30,113	4,260	2,730
22	Setor Felicio Chaves	0,15540	0,05623	0,36180	0,0202	30,577	2,020	2,577
23	Setor Cristo Redentor	0,78020	0,12264	0,15720	0,0560	30,659	5,600	2,504
24	Jardim Portugal	0,27666	0,03890	0,14060	0,0386	30,290	3,860	2,579
25	Residencial Dona Ondina	0,07594	0,00712	0,09380	0,0583	29,348	5,830	2,542
26	Setor Aeroporto II	0,11089	0,02560	0,23090	0,0359	31,250	3,590	2,508

27	Setor São Pedro	0,07944	0,03296	0,41490	0,0532	30,604	5,320	2,319
28	Jardim Santa Fé	0,25447	0,03455	0,13580	0,0512	31,240	5,120	2,537
29	Setor São Francisco	0,22065	0,02602	0,11790	0,0356	31,585	3,560	2,629
30	Setor José Jesuino Filho	0,03610	0,00128	0,03550	0,0576	30,641	5,760	2,593
31	Setor Prof. Olyntho Cândia	0,10446	0,01739	0,16650	0,0524	29,519	5,240	2,517
32	Setor São Francisco	0,33019	0,02964	0,08980	0,0320	31,599	3,200	2,706
33	Jardim América	0,49941	0,05841	0,11700	0,0475	30,660	4,750	2,611
34	Setor Leste Universitário	0,01919	0,00023	0,01200	0,0642	28,873	6,420	2,650
35	Setor Vila Nova	0,14617	0,00086	0,00590	0,0459	31,264	4,590	2,732
36	Barra do Cordeiro	0,10632	0,02930	0,27560	0,0428	29,597	4,280	2,485
37	Setor JK	0,03441	0,00263	0,07640	0,0447	29,970	4,470	2,609
38	Setor Central	1,99395	0,31629	0,15860	0,0435	31,697	4,350	2,550
39	Jardim Venezuela	0,03431	0,00411	0,11980	0,0358	30,844	3,580	2,650
40	St Morro da Saudade II	0,06435	0,00064	0,00990	0,0914	30,446	9,140	2,502
41	Sebastião Telézio	0,04635	0,00089	0,01920	0,0673	30,374	6,730	2,594
42	Morro da Saudade I	0,27672	0,02088	0,07550	0,0569	30,331	5,690	2,603
43	Parque de Exposição	0,06472	0,00289	0,04470	0,0343	30,073	3,430	2,685
44	Setor Sol Nascente	0,10407	0,00317	0,03050	0,0331	32,089	3,310	2,768
45	Residencial Jarina Park	0,05158	0,00118	0,02290	0,0448	31,599	4,480	2,725
46	Espaço WR	0,07282	0,00410	0,05630	0,0356	32,968	3,560	2,741
47	Recanto das Araras	0,09458	0,00391	0,04130	0,0739	29,463	7,390	2,521
48	Resid. Portal do Lago	0,13649	0,00871	0,06380	0,0706	29,826	7,060	2,515
49	Jardim Romano	0,87186	0,09835	0,11280	0,0599	30,439	5,990	2,526
50	Jardim Goiás	0,15335	0,00366	0,02390	0,0788	31,051	7,880	2,518
51	Setor Genoveva Alves	0,28258	0,02265	0,08020	0,0561	31,171	5,610	2,561
52	Residencial Mirante do Bosque	0,16341	0,02835	0,17350	0,0654	29,483	6,540	2,446
53	Setor Vera Cruz	0,35174	0,01802	0,05120	0,0405	30,509	4,050	2,679
54	Residencial Chaves Darcy	0,19492	0,04866	0,24960	0,0638	28,752	6,380	2,413

55	Desbm. Ercilio de Mello	0,34812	0,13663	0,39250	0,0499	28,718	4,990	2,257
56	Aldeia dos Pomares	0,20738	0,16713	0,80590	0,0459	27,576	4,590	2,085
57	Jardim Colibri	0,27733	0,15058	0,54300	0,0265	28,807	2,650	2,388
58	Residencial Valéria Reis	0,10816	0,03762	0,34780	0,0442	29,839	4,420	2,370
59	Setor Noroeste	0,29345	0,05166	0,17600	0,0529	31,538	5,290	2,539
60	Vila Nossa Senhora do Carmo	0,05297	0,00288	0,05440	0,0444	30,332	4,440	2,711
61	Jardim Colibri (implantação II)	0,23767	0,05098	0,21450	0,0397	28,880	3,970	2,544
62	Vila Santos Dumont	0,34862	0,07281	0,20890	0,0277	31,688	2,770	2,554
63	Vila Mutirão	0,08575	0,00552	0,06440	0,0348	30,850	3,480	2,649
64	Setor Aeroporto	0,96347	0,21702	0,22520	0,0275	31,556	2,750	2,565
65	Vila Bela	0,06945	0,00615	0,08860	0,0401	32,456	4,010	2,606
66	Setor Oeste	0,39961	0,05698	0,14260	0,0400	32,039	4,000	2,525

Fonte: Os autores.

## Apêndice 2

Estatística descritiva das imagens do IQAU por setores de Morrinhos, GO.

Nº	Bairro	Média	mediana	Desvio padrão	mínimo	máximo
1	Jardim Santa Terezinha III	2,006	2,014	0,292	1,317	2,568
2		1,871	1,796	0,301	1,234	2,568
3	SMT	2,027	1,946	0,267	1,420	2,568
4	Jardim Santa Terezinha I & II	2,240	2,291	0,283	1,503	3,618
5	Condomínio Parque das Laranjeiras	3,457	3,432	0,171	1,955	3,804
6	Jardim Santa Terezinha	2,709	2,731	0,228	1,955	3,024
7	Residencial Aldeia	1,908	1,955	0,096	1,392	3,273
8	Jardim Helena	3,453	3,618	0,235	1,796	3,804
9	Residencial Solar dos Bosques	2,269	2,141	0,323	1,737	3,618
10	Jardim Renascer	2,357	2,350	0,229	1,764	2,727
11	Setor Sul dos Pomares / Residencial dos Ipês	2,386	2,359	0,237	1,764	2,727
12	Setor Arca de Noé	2,375	2,382	0,259	1,578	2,913
13	Jardim Primavera	2,682	2,731	0,311	1,875	3,273
14	Jardim Bela Vista III	1,799	1,638	0,336	1,345	3,273
15	Antonio Correia Bueno	3,232	3,273	0,206	1,638	3,459
16	Jardim Bela Vista III	2,606	2,683	0,312	1,452	2,976
17	Jardim Bela Vista IV	2,030	2,164	0,348	1,234	2,976
18	Jardim Bela Vista	3,102	3,162	0,201	1,986	3,348
19	Conj. Hab. Monte Verde	3,013	3,087	0,238	2,172	3,321
20	Resid. Cristina Park	2,502	2,572	0,331	1,456	3,618
21	Resid. Cristina Park 2	3,409	3,459	0,205	2,311	3,618
22	Setor Felício Chaves	2,422	2,434	0,235	1,737	3,321
23	Setor Cristo Redentor	2,985	3,087	0,242	1,911	3,321
24	Jardim Portugal	3,035	3,103	0,211	1,871	3,459
25	Residencial Dona Ondina	3,162	3,273	0,164	2,469	3,273
26	Setor Aeroporto II	2,733	2,806	0,248	1,987	3,246
27	Setor São Pedro	2,275	2,275	0,254	1,578	3,162
28	Jardim Santa Fé	3,036	3,162	0,212	1,638	3,507
29	Setor São Francisco	3,129	3,162	0,212	2,283	3,507
30	Setor José Jesuino Filho	3,379	3,459	0,148	2,358	3,459
31	Setor Prof. Olyntho Cândido	2,905	2,976	0,352	1,753	3,459
32	Setor São Francisco	3,506	3,543	0,213	2,580	3,804
33	Jardim América	3,046	3,162	0,243	1,753	3,618
34	Setor Leste	3,234	3,273	0,229	2,274	3,618
35	Setor Vila Nova	3,494	3,459	0,138	2,678	3,804
36	Barra do Cordeiro	2,573	2,679	0,374	1,615	3,618
37	Setor JK	3,314	3,309	0,169	2,469	3,497
38	Setor Central	3,132	3,162	0,269	1,753	3,804

39	Jardim Venezuela	3,082	3,162	0,244	2,014	3,507
40	Setor Morro da Saudade II	3,279	3,300	0,137	2,678	3,459
41	Sebastião Telézio	3,355	3,459	0,172	2,603	3,618
42	Morro da Saudade I	3,337	3,459	0,197	2,311	3,618
43	Parque de Exposição	3,331	3,432	0,179	2,469	3,645
44	Setor Sol Nascente	3,592	3,618	0,160	2,805	3,804
45	Residencial Jarina Park	3,475	3,459	0,136	2,805	3,645
46	Espaço WR	3,601	3,645	0,194	2,730	3,804
47	Recanto das Araras	3,193	3,273	0,208	2,469	3,459
48	Residencial Portal do Lago	3,244	3,273	0,241	2,306	3,459
49	Jardim Romano	3,007	3,162	0,244	1,753	3,459
50	Jardim Goiás	3,328	3,300	0,133	2,567	3,459
51	Setor Genoveva Alves	3,370	3,459	0,180	2,422	3,618
52	Residencial Mirante do Bosque	2,856	2,976	0,330	1,828	3,618
53	Setor Vera Cruz	3,410	3,459	0,199	2,093	3,618
54	Residencial Darcy Chavesua	2,462	2,520	0,265	1,689	3,459
55	Desbm. Ercílio de Mello	2,047	2,089	0,275	1,234	3,618
56	Aldeia dos Pomares	1,768	1,610	0,230	1,317	3,321
57	Jardim Colibri	2,136	2,030	0,260	1,578	2,727
58	Residencial Valéria Reis	2,230	2,275	0,279	1,578	2,838
59	Setor Noroeste	3,095	3,162	0,274	1,467	3,507
60	Vila Nossa Senhora do Carmo	3,377	3,459	0,161	2,429	3,683
61	Jardim Colibri (implantação II)	2,551	2,679	0,320	1,531	3,024
62	Vila Santos Dumont	2,828	2,865	0,294	1,615	3,210
63	Vila Mutirão	3,392	3,459	0,181	2,429	3,618
64	Setor Aeroporto	2,776	2,806	0,238	1,987	3,618
65	Vila Bela	3,578	3,645	0,187	2,655	3,804
66	Setor Oeste	3,144	3,162	0,229	2,283	3,507

Fonte: Os autores.