

PLANEJAMENTO AMBIENTAL URBANO:

ALICERCES DE UMA CIDADE INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL

ORGANIZAÇÃO:

EDILSON DE SOUZA BIAS
VALDIR ADILSON STEINKE



caliandra

Universidade de Brasília
ICH - Instituto de Ciências Humanas

PLANEJAMENTO AMBIENTAL URBANO: ALICERGES DE UMA CIDADE INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL

Organizadores:

Edilson de Souza Bias
Valdir Adilson Steinke



caliandra

Brasília - DF
2024



Conselho Editorial

Membros internos:

Prof. Dr. Bruno Leal (HIS/UnB) - Presidente

Prof. Dr. Herivelto Pereira de Souza (FIL/UnB)

Prof^a Dr^a Maria Lucia Lopes da Silva (SER/UnB)

Prof^a. Dr^a. Ruth Elias de Paula Laranja (GEA/UnB)

Membros externos:

Prof^a Dr^a Ângela Santana do Amaral (UFPE)

Prof^a Dr^a Joana Maria Pedro (UFSC)

Prof^a Dr^a Marine Pereira (UFABC)

Prof. Dr. Ricardo Nogueira (UFAM)

Membros internacionais:

Prof. Dr. Fernando Quiles García (Universidad Pablo de Olavide - Espanha);

Prof^a Dr^a Ilía Alvarado-Sizzo (Universidad Autonoma de México)

Prof^a Dr^a Paula Vidal Molina (Universidad de Chile)

Prof. Dr. Peter Dews (University of Essex - Reino Unido)

© 2024.



Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)

A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens dessa obra é dos autores.

[1ª edição]

Elaboração e informações

Universidade de Brasília

ICH - Instituto de Ciências Humanas

Campus Universitário Darcy Ribeiro, ICC Norte, Mesanino Bloco 01qr Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte, Brasília DF CEP: 70297-400 Brasília - DF, Brasil

E-mail: ihd@unb.br

Contato: (61) 3107-7364

Site: ich.unb.br

Equipe técnica

Parecerista: Charlei Aparecido da Silva (UFGD)

Editoração: Valdir Adilson Steinke e Edilson de Souza Bias

Revisão: Amabile Zavattini

Capa: Thamirys Verneque Silva dos Reis

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade de Brasília - BCE/UNB)

P712 Planejamento ambiental urbano [recurso eletrônico]
 : alicerces de uma cidade inteligente e
 sustentável / organizadores: Edilson de Souza
 Bias, Valdir Adilson Steinke. – Brasília :
 Universidade de Brasília, Instituto de Ciências
 Humanas, 2024.
 262 p. : il.

 Inclui bibliografia.
 Modo de acesso: World Wide Web:
 <caliandra.ich.unb.br>.
 ISBN 978-85-93776-08-3.

 1. Planejamento urbano. 2. Sustentabilidade. 3.
 Cidades inteligentes. I. Bias, Edilson de Souza
 (org.). II. Steinke, Valdir Adilson (org.).

CDU 711.4

Heloiza dos Santos - CRB 1/1913



Dedicatória

A organização de uma obra exige tempo, esforço, paciência e muito trabalho, o qual deve ser orientado por uma finalidade, um objetivo, um fator motivador. No caso deste trabalho, o fator motivador foi proporcionar a pesquisadores, estudiosos e estudantes das questões urbanas uma articulação de textos úteis e atuais para apoiá-los e orientá-los em seus estudos.

Dedicamos esta obra às nossas instituições, que nos proporcionam o ensino e a pesquisa contínua, bem como a todos os nossos estudantes, tanto de graduação quanto de pós-graduação. As atividades de docência representam para todos nós um rico manancial de reflexões, que possibilitam aprofundamentos sobre todos os temas abordados nesta obra.

Índice

Prefácio _____	10
Capítulo 1: Planejamento Urbano e a construção de Indicadores de Sustentabilidade – O que aprendemos ou o que temos que aprender._____	16
Capítulo 2: Cidades sustentáveis, ODS 11 - Educação ambiental: um desafio para o planejador urbano ou uma ferramenta indispensável?_____	50
Capítulo 3: Proposição de indicadores de qualidade ambiental urbana_____	64
Capítulo 4: O desenho da cidade e o conforto térmico ambiental: estratégias para obtenção de formas urbanas com maiores alternativas ecotérmicas._____	82
Capítulo 5: O planejamento com a infraestrutura da paisagem cerratense: a contribuição da arborização_____	102
Capítulo 6: Mobilidade como um Serviço: Indicações de Estratégias Interventivas no Hábito de Usar Automóvel Baseadas na Revisão da Literatura_____	122
Capítulo 7: Eventos pluviais extremos no Distrito Federal: desafios para adaptação às mudanças climáticas em busca de uma cidade sustentável_____	140
Capítulo 8: Drenagem urbana sustentável, geotecnologias e cidades inteligente_____	170
Capítulo 9: Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como instrumento de análise da qualidade ambiental urbana: Uma abordagem metodológica_____	198
Capítulo 10: Aplicações e Ferramentas Geotecnológicas para a Gestão Ambiental Urbana_____	222
Capítulo 11: A integração de dados geográficos para o planejamento urbano sustentável – o que usar e como usar?_____	238

CAPÍTULO 9

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como instrumento de análise da qualidade ambiental urbana: Uma abordagem metodológica



Lindon Fonseca Matias

Bacharel em Geografia pela UNESP - Rio Claro (1990), mestre (1996) e doutor em Geografia Humana (2001) pela USP; Pós-doutorado (2018) na School of Geography and Planning da Cardiff University (Wales, UK); Livre Docente pela UNICAMP (2018); Estância Acadêmica (2022) no Departamento de Geografia da Facultad de Filosofía y Letras da Universidad Autónoma de Madrid (Madrid, Espanha). Professor Associado do Departamento de Geografia da UNICAMP. Coordena o grupo de pesquisa de Geotecnologias Aplicadas à Gestão do Território - GeoGet.



Abimael Cereda Junior

Geógrafo, Mestre e Doutor em Engenharia Urbana e Especialista em Geoprocessamento, vem atuando como Professor, Consultor e Palestrante na área de Inteligência Geográfica há mais de 20 anos, dedicando-se ao desenvolvimento e transferência de competências em Agricultura Digital, Cidades Inteligentes e Ensino. Sua experiência abrange empresas, universidades e outras Instituições – públicas e privadas - promovendo a integração de tecnologias e as chamadas Geotecnologias. Alavanca na Geografia das Coisas® a Transformação Digital Territorial por meio da Inteligência Geográfica no Brasil, América Latina, Europa e África.



Edilson de Souza Bias

Geógrafo, mestre em Geociências (UNESP – Rio Claro – 1998) e Doutor em Geografia (UNESP – Rio Claro – 2003) e Pós-Doutorado em Infraestrutura de Dados Espaciais pela Universidad Ort Uruguay. Atuou com gerente do projeto de implantação do GEOCEB, e como consultor da Diretoria Técnica da Cia Energética de Brasília, no acompanhamento e implantação da integração de todos os sistemas técnicos da empresa. Foi durante 8 anos professor do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Católica de Brasília. Atualmente é professor do Instituto de Geociências – IGD da Universidade de Brasília – UnB. Possui experiências nas áreas de Geociências, com ênfase em Geoprocessamento, Cartografia, Normalização de Dados, Infraestrutura de Dados Espaciais e Classificação de Imagens Baseada em Objetos.

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como instrumento de análise da qualidade ambiental urbana: Uma abordagem metodológica

**Lindon Fonseca Matias
Abimael Cereda Junior
Edilson de Souza Bias**

INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta uma discussão de cunho teórico-conceitual sobre a temática da aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como instrumento de subsídio aos estudos de análise da qualidade ambiental urbana, tendo como objetivo a proposição de uma metodologia para utilização de software SIG no mapeamento e análise da qualidade ambiental em áreas urbanas. Como procedimento metodológico, realiza uma breve revisão da literatura sobre o tema e discute as principais características socioambientais que subsidiam estudos para análise da qualidade ambiental em espaços urbanos.

A relevância do assunto decorre do fato de que a questão ambiental assumiu, também, nos ambientes urbanos, uma importância fundamental para o alcance da melhoria da qualidade de vida da população, principalmente em razão do crescimento desordenado que se observa em todos os países do mundo. Neste sentido, acredita-se que a ciência geográfica pode contribuir de forma significativa no estudo dessa temática, uma vez que possui instrumentos teóricos e metodológicos capazes de contribuir para uma compreensão mais integrada sobre o tema, assim como na proposição de soluções que visem minimizar os problemas socioambientais vivenciados no espaço urbano. Para isso, a ciência geográfica conta com auxílio das geotecnologias, como também são conhecidas as técnicas de aquisição e processamento de dados para representação e análise do espaço geográfico, na busca de uma melhor compreensão e intervenção no espaço da sociedade no presente momento histórico.

A cidade e seus espaços internos devem ser observados e analisados de acordo com as suas permanentes transformações, sejam as deteriorações, revitalizações e refuncionalizações, expressando os valores adotados pela sociedade e refletindo os símbolos e valores adotados pela própria sociedade, constituindo a sua identidade. Para tal, as tecnologias, algoritmos e funcionalidades do chamado Geoprocessamento se confirmaram eficazes ao longo das últimas décadas, como suporte para realização de análises geoespaciais que impactaram diretamente a Sociedade para além da Academia, devido a, sobretudo,

permitirem o trabalho com dados geograficamente referenciados e representações do espaço num ambiente computacional integrado, incluindo, nos tempos atuais, ambientes distribuídos (nuvem). Assim, o emprego das geotecnologias no estudo da qualidade ambiental urbana se faz de fundamental importância, uma vez que nos permite trabalhar com diversos tipos e fontes de dados na elaboração de diferentes análises e representações por meio de mapas temáticos das diferentes variáveis que envolvem o tema.

O texto deste capítulo está organizado da seguinte forma: num primeiro momento, faz-se uma discussão dos pressupostos teórico-metodológicos que envolvem a compreensão do espaço urbano na contemporaneidade a partir da visão geográfica; depois são abordadas algumas metodologias propostas para análise da qualidade ambiental no espaço urbano, suas contribuições e limitações; e, a seguir, realiza-se a proposição de uma metodologia para mapeamento e análise da qualidade ambiental urbana com base no uso de software SIG, sem contudo, descrever um programa computacional específico, pois, na verdade o software deve ser visto como um instrumento que se enquadra na necessidade e possibilidades dos usuários, o que nos leva a afirmar que não existe um software melhor que o outro, e sim necessidades diferentes.

PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

O espaço urbano é por excelência o local onde as atividades humanas se encontram melhor representadas. É o espaço primordial da produção, da circulação e do consumo, não só dos bens materiais da sociedade, como também das ideias (CARLOS, 1997a). Isso decorre, fundamentalmente, do fato de que nele se concentram os maiores contingentes populacionais e também onde as relações sociais de produção são mais bem estabelecidas e estruturadas (CORRÊA, 1995; LEFEBVRE, 2001).

O processo de reprodução do espaço urbano faz surgir, portanto, uma correspondente organização espacial da cidade que, por sua vez, não ocorre de maneira uniforme no tempo e no espaço (SPÓSITO, 1989). Ao contrário, tal processo corresponde à forma como a sociedade [re]produz historicamente as suas condições de existência, entendidas no seu sentido mais amplo e não somente econômico (CARLOS, 1997b; SINGER, 1998).

O processo de reprodução do espaço urbano, materializado nas formas e relações sociais vigentes numa determinada cidade, está relacionado ao desenvolvimento do modo de produção capitalista em âmbito mais geral (SANTOS, 1996a). Assim, para se compreender a questão da qualidade ambiental no espaço urbano, faz-se necessário entender como se dá a territorialização desse modo de produção e de suas relações sociais de produção. Tal processo se concretiza, em suas manifestações espaciais, nas diversas atividades (habitação, comércio, circulação, lazer etc.) e suas inter-relações no ambiente urbano.

Considerando que o meio natural e o meio social são faces de uma mesma moeda (MARTINS JÚNIOR, 1990), entende-se que a cidade representa o palco e o cenário favorável para um enredo que deve ser sustentável e equilibrado. O entendimento da qualidade ambiental no espaço urbano, portanto, implica conhecer os processos de como a sociedade transforma a natureza, aqui entendida como natureza socializada ou segunda natureza (SANTOS, 1996b; RODRIGUES, 1998; GONÇALVES, 2005), por meio do processo de trabalho, e como ocorre a apropriação desigual e combinada desse espaço pelas diferentes classes e grupos sociais (GOMES, 1991; MORAES, 1994), segundo diferentes estratégias de disputa socio-territorial (SOUZA, 2002; HAESBAERT, 2006).

Quando se trata de qualidade ambiental, todavia, não existe um conceito consagrado e aceito consensualmente, visto que diferentes definições são usadas, refletindo, em sua grande maioria, a diversidade de estudos e de abordagens existentes. Na atualidade, o tema faz parte da preocupação de profissionais oriundos de diferentes áreas do conhecimento (Geografia, Arquitetura, Ecologia, Economia, dentre outras). O conceito de qualidade ambiental é cada vez mais utilizado, embora isso não signifique que o seja de forma adequada, ou mesmo, que já tenha alcançado pleno desenvolvimento teórico.

Sobre isso, Guimarães (1984, p. 32) propôs que “[a] ausência de uma conceituação amplamente aceita a respeito não deve, por conseguinte, impedir a sua utilização, explorando-se ao máximo suas diferentes dimensões”. Já a Organização Mundial da Saúde (OMS) define qualidade ambiental em um sentido amplo como “[...] um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não a simples ausência de doença ou enfermidade” (SOUZA, 1984, p. 12). Luengo (1998, [s/p]) pondera que se deve entendê-la como “[...] as condições ótimas que regem o comportamento do espaço habitável em termos de conforto associado ao ecológico, biológico, econômico-produtivo, sociocultural, tipológico, tecnológico e estético em suas dimensões espaciais.” Bem como, a qualidade ambiental urbana, por decorrência, é “[...] produto da interação destas variáveis para a conformação de um habitat saudável, confortável e capaz de satisfazer as necessidades básicas de sustentabilidade da vida humana individual e em interação social dentro do meio urbano” (LUENGO, 1998, [s/p]).

No Brasil, algumas cidades, especialmente de médio e grande porte, vêm registrando um rápido crescimento que, na maioria das vezes, não se faz acompanhado de um processo de planejamento e gestão urbanas adequadas e que priorizem a conservação da qualidade ambiental. As consequências disso, vivenciadas cada vez mais por um grande contingente de habitantes, revelam-se na crescente degradação do ambiente urbano, o que acaba gerando e agravando os problemas socioambientais, como o processo de favelização, a ocupação irregular de encostas e fundos de vales, a poluição do ar e dos corpos d'água, sendo a partir desse cenário que se deve buscar compreender a importância que assume a preocupação com a qualidade ambiental urbana, vista como elemento fundamental para

o alcance da melhoria da qualidade de vida nas cidades (SPOSATI, 2000; CÂMARA; MONTEIRO, 2001).

A determinação dos processos ou elementos que caracterizam a qualidade ambiental urbana vem sendo debatida na bibliografia especializada. Silva (2002) salienta que a qualidade ambiental urbana é o predicado do meio urbano que garante a vida dos cidadãos dentro de padrões de qualidade, tanto nos aspectos biológicos (saneamento urbano, qualidade do ar, conforto ambiental, condições habitacionais etc.), como nos aspectos socioculturais (preservação do patrimônio cultural e natural, recreação, educação etc.). Henke-Oliveira, Santos e Toppa (2004), chamam a atenção ao fato que a qualidade ambiental deve ser contextualizada no âmbito mais amplo da qualidade de vida, segundo cinco critérios: impacto fisiológico, impacto psicossociológico, desenvolvimento cultural e participação do indivíduo na comunidade, condicionamento psicossocial, e dependência ecológico-ambiental.

Quando se trata da realização de estudos para espacialização da qualidade ambiental urbana, ainda existe um longo caminho a ser percorrido. Tal preocupação já foi manifestada por Nucci (2001) que, ao retomar ideias do geógrafo Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, salienta que “[e]xecutar um trabalho de espacialização da qualidade ambiental constitui um verdadeiro desafio, visto que não existe uma receita técnica calcada numa concepção teórico-metodológica pronta” (NUCCI, 2001, p. 12).

Com relação a espacialidade, Corrêa (1997) afirma que o conceito vai além da simples distribuição dos objetos sobre as diferentes superfícies do ambiente, possuindo um caráter valorativo numa espacialidade duplamente diferencial. Nas suas palavras:

A espacialidade diferencial implica que se considere o meio ambiente, de um lado, como reflexo social e, de outro, como condicionante social, isto é, reflete os processos e as características da sociedade que os criou e que ali vive, como impacta sobre seu futuro imediato. Por outro lado, a espacialidade está sujeita a um dinamismo fornecido pelo movimento da sociedade, mas é parcialmente minimizado pela força da inércia dos objetos materiais socialmente produzidos: o meio ambiente é mutável sem que as formas espaciais existentes tenham mudado substancialmente. E por tratar de uma espacialidade situada no bojo de uma sociedade de classes, desigual, a espacialidade implica desigualdades, refletindo e condicionando a sociedade de classes, e tendendo à reprodução das desigualdades. (CORRÊA, 1997, p. 156)

Assim, concebe-se na relação entre a sociedade e o meio natural um processo de transformação dialética, onde a sociedade impõe mudanças aos elementos naturais e é, ao mesmo tempo, por eles condicionada; contudo, o ritmo imposto pela sociedade, quase sempre, é mais célere que o da natureza, o que resulta na produção de espaços desiguais refletindo a sociedade de classes do sistema capitalista no qual se vive, onde as desigualdades sociais também são expressas na forma como o espaço geográfico é produzido. O processo de produção desigual e combinada do espaço urbano não ocorre ao acaso, pois as leis de zoneamento, em geral, são uma legitimação para a ocupação diferenciada, constituindo um espaço

de disputas políticas entre os diferentes agentes produtores do espaço urbano (CORRÊA, 1995; CARLOS; SOUZA; SPOSITO, 2012), ao exemplo das ações empreendidas pelo poder público, proprietários fundiários, promotores imobiliários, trabalhadores etc. Tais disputas sociopolíticas, segundo Souza (2002, p. 83), devem ser “[...] entendidas à luz de uma teia de relações em que a existência de conflitos de interesse e de ganhadores e perdedores, dominantes e dominados, é um ingrediente sempre presente” e, dessa forma, justificam o planejamento e gestão urbanas não poderem ser considerados num contexto de neutralidade técnica.

Sendo assim, percebe-se que a representação da espacialidade mostra uma realidade com diversas facetas e que a qualidade ambiental é resultante tanto das relações entre os diferentes grupos sociais entre si, como deles para com o substrato material da sociedade (hidrografia, relevo, geologia etc.) num determinado momento histórico. Portanto, não se trata de algo uniforme que ocorre de uma mesma maneira por todo e em todos os espaços urbanos, mas sim, com características específicas em cada área da cidade, possuindo, além de variáveis físico-territoriais, também um valor simbólico e material para cada cidadão, segundo o arranjo socioespacial dos seus elementos constitutivos naquele fragmento do espaço geográfico. Diante disso, constata-se a dificuldade da questão metodológica para estabelecer de forma peremptória uma qualidade ambiental urbana, ainda que embasada em levantamentos e análises científicas, já que em última instância pode-se admitir a existência de um determinado padrão de qualidade ambiental para cada cidadão e para cada localidade, pois as relações de disputas sociais não são as mesmas em todos os locais, devido aos diferentes valores materiais e simbólicos, sem mencionar, também, que os ambientes materiais e imateriais, vislumbrados numa área urbana, e sua população são diversos.

Todavia, os mesmos processos reconhecidos pelas ciências da natureza ocorrem nos assentamentos urbanos, de forma muito mais acelerada e crítica. É nesse cenário que uma nova visão deve ser adotada, no qual a dimensão ambiental é compreendida pela inter-relação e interdependência entre os elementos e processos do ambiente, de modo que mudanças em um deles resultem em alterações em outros componentes (CEREDA JUNIOR, 2006).

Acselrad (2004) nos alerta sobre a articulação entre degradação ambiental e injustiça social, segundo o qual existe uma lógica política a orientar a distribuição desigual dos danos ambientais, de modo que os grupos sociais menos favorecidos fiquem mais expostos aos riscos ambientais e sofram a incumbência mais direta de enfrentar a degradação do ambiente natural. Ou seja, ao avaliar a qualidade ambiental deve-se estar atento à utilização de uma concepção teórico-metodológica que contemple igualmente os aspectos naturais e sociais do ambiente, dentro de uma visão de totalidade, onde o ser humano é parte indissociável e não um mero agente externo (MENDONÇA, 2004; SUERTEGARAY, 2004).

Desta forma, o meio ambiente não deve ser entendido como componentes

estanques que podem ser integrados pela simples soma das variáveis: a visão de inventário deve ser superada, uma vez que a caracterização e levantamento de dados imutáveis não condizem com a realidade dinâmica e integrada que se materializa no espaço; a cidade, meio ambiente construído e idealizado para suprir diversas necessidades sociais, possui particularidades que a diferenciam do meio natural original (CEREDA JUNIOR, 2006).

Em suma, compreende-se que a qualidade ambiental urbana faz parte de um conceito mais amplo que é o de qualidade de vida, visto que “[...] qualidade de vida como conceito mais amplo, possui, como parte integrante de seu arcabouço de análise a variável ambiental para indicar a qualidade do ambiente humano” (MARTINELLI, 2004, p. 25).

DESAFIOS PARA A MENSURAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA

Uma maneira de se buscar mensurar a qualidade ambiental urbana é por meio da utilização de indicadores ambientais que visam auxiliar no desenvolvimento de políticas públicas ligadas aos diversos setores da sociedade. Para Santos (2004, p. 60), indicadores ambientais são:

parâmetros, ou funções derivadas deles, que têm a capacidade de descrever um estado ou uma resposta dos fenômenos que ocorrem em um meio [...] são fundamentais para tomadores de decisão e para a sociedade, pois permitem tanto criar cenários sobre o estado do meio, quanto aferir ou acompanhar os resultados de uma decisão tomada.

No contexto da busca da qualidade ambiental, os processos de planejamento se posicionam como estratégicos e essencialmente necessários, conforme observa-se nas colocações de Santos (2004):

De uma forma bastante simples, entende-se que o processo de planejamento é um meio sistemático de determinar o estágio em que você está, onde deseja chegar e qual o melhor caminho para chegar lá. (p. 23)

[...] planejamento é um processo contínuo que envolve a coleta, organização e análise sistematizadas das informações, por meio de procedimentos e métodos, para chegar a decisões ou a escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis. (p. 24)

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) se subdividem em 17 objetivos com 169 metas que podem ser medidas por meio de 230 indicadores e têm como objetivo proteger o planeta e assegurar a qualidade de vida, abrangendo três dimensões – econômica, social e ambiental.

Em relação ao número de indicadores que devem ser utilizados para a avaliação da qualidade ambiental urbana não há um consenso, entretanto, se esses forem bem selecionados haverá uma maior agilidade e eficiência na tomada de decisão, “[...] simplificando o manejo do banco de dados e a apresentação das informações, sem prejuízo para a qualidade da interpretação” (SANTOS, 2004, p. 61).

Além dos indicadores, a serem transformados em índices, segundo certos postulados, existem outras estratégias que são aplicadas na avaliação de impactos ambientais e que, mediante as devidas adaptações, podem ser empregadas na elaboração de diagnósticos da qualidade ambiental urbana – procedimentos detalhados por Santos (2004, p. 114): “[...] inquirição, listagem, análise espacial, redes, árvores de decisão e sistemas modelados e de simulação”. Nessas estratégias, observa-se tanto aspectos positivos como negativos, não havendo uma solução que atenda amplamente todas as necessidades. Assim, cada pesquisador deverá estar consciente dos limites que cada técnica impõe que, por outro lado, quando administradas de forma correta, podem resultar em importante contribuição para auxiliar na tomada de decisões.

Dentre algumas metodologias conhecidas e que se dispuseram, de alguma forma, a mensurar a qualidade ambiental urbana, apresentar-se-á a seguir três exemplos significativos dos tipos de estudos realizados. Os trabalhos foram escolhidos em função das suas características na busca por uma síntese na representação da qualidade ambiental urbana: seja na forma de uma representação cartográfica ou gráfico-estatística; no fato de trabalharem com diversas variáveis sobre o espaço urbano, representativas de condicionantes naturais ou sociais; na possibilidade de espacialização das variáveis trabalhadas em mapas temáticos e, também, a possibilidade de aplicação no estudo de outras áreas urbanas, uma vez que tratam de dados obtidos com certa facilidade e dentro de procedimentos técnicos difundidos cientificamente.

O trabalho proposto por Nucci (1998) é um estudo de ecologia e planejamento da paisagem que visou analisar a qualidade ambiental resultante do adensamento urbano ocorrido no distrito de Santa Cecília, na cidade de São Paulo. Para isso, foram considerados os atributos ambientais diagnosticados e espacializados de forma integrada e em escala espacial local (1:10.000). Segundo Nucci (1998, p. 209-210), a proposta seria “[...] uma forma de diagnosticar [...] a capacidade que o ambiente tem para acolher os diferentes usos do solo de acordo com a qualidade ambiental que apresenta”. Nessa metodologia, o objetivo norteador é agrupar dados possíveis de serem representados cartograficamente, através da elaboração de um mapa síntese, e em seguida fazer uma análise sistêmica para a elaboração de um diagnóstico ambiental espacializado. Cabe lembrar que o mapa síntese, no entendimento de Martinelli (1991, p. 162):

não contém nem a superposição nem a justaposição, e sim a fusão deles em tipos – unidades taxonômicas. Isso significa que [...] deveremos identificar agrupamentos de lugares caracterizados por agrupamentos de atributos ou variáveis [...] trata-se de obter agrupamentos de unidades espaciais em função de vários critérios e mapear os resultados obtidos evidenciando os agrupamentos de lugares.

A unidade geográfica de análise adotada no trabalho foi o lote, por considerar que a cidade é consequência da utilização que cada indivíduo faz de seu lote. Para obtenção do mapa síntese, Nucci (1998) trabalhou com os seguintes temas: uso

do solo, poluição (definida a partir dos diferentes usos da terra urbana), densidade populacional, distribuição da infraestrutura urbana, verticalidade das edificações, pontos de enchentes, déficit de espaços livres públicos e desertos florísticos. Para a análise da distribuição dos atributos apresentados, a superposição deles se deu em etapas, ou seja, sobrepondo-se dois mapas de cada vez. Tal procedimento se repetiu até a síntese final na forma de uma Carta de Qualidade Ambiental Urbana. Na elaboração dessa carta síntese não houve a intenção de aplicar valores quantitativos aos atributos, portanto, a carta de qualidade ambiental apresenta uma valoração qualitativa que deve ser analisada de forma relativa na qual a área que apresenta todos os atributos considerados negativos, comparativamente, tem uma pior qualidade ambiental em relação às áreas que apresentam menor quantidade desses atributos e assim por diante (NUCCI, 2001).

Os aspectos negativos identificados nessa metodologia se referem, primeiro, ao fato do autor não atribuir “pesos” diferenciados aos temas utilizados para a realização da carta síntese, tratando-os como semelhantes no que tange a sua contribuição para a definição de um determinado parâmetro de qualidade ambiental, o que constitui um aspecto limitador por se entender que, por exemplo, o fato de um local não possuir vegetação não significa, necessariamente, que ele apresente o mesmo grau negativo de qualidade ambiental quanto ao da poluição causada por uma indústria que lança dejetos num determinado curso d'água; assim como também, por considerar-se insuficientes os temas levados em conta na avaliação da qualidade ambiental urbana e, acrescente-se, pelo trabalho não correlacionar a distribuição desigual desses atributos com a divisão desigual de riquezas no espaço urbano, característica marcante da sociedade capitalista (SPÓSITO, 1989) e que, conforme nos alerta Rodrigues (1998), não deve ser descuidada em estudos desse tipo. Dentre os aspectos positivos, deve-se destacar a preocupação com a construção de mapas temáticos visando à representação espacial dos diversos temas que vão determinar a qualidade ambiental urbana, o que representa uma forma efetiva de estudo do espaço urbano através da linguagem da representação gráfica.

A metodologia apresentada por Garcias (2001) está fundamentada no uso de indicadores de qualidade ambiental urbana estruturados de forma que seus índices possam mensurar o desempenho ambiental, entendido como o resultado entre os recursos financeiros obtidos e consequentes perdas ambientais, pois “[...] o desempenho que interessa, do ponto de vista ambiental é aquele que maximiza os resultados financeiros obtidos ao mesmo tempo em que minimiza as perdas ambientais” (GARCIAS, 2001, p. 277). Os indicadores escolhidos são transformados em índices, sendo a variação dessas grandezas aferida em estudos aplicados para caracterizar grandezas significativas e seus graus de significância. Na mensuração do desempenho, o autor sugere que um determinado serviço urbano seja estabelecido por meio da seguinte fórmula: o numerador deve ser a quantidade executada do serviço e o denominador o montante do serviço a ser executado, com

o resultado multiplicado por 100 para representar o percentual do serviço executado (GARCÍAS, 2001).

Entre os indicadores de qualidade ambiental urbana são citados como exemplos: saúde, economia, qualidade de vida urbana e infraestrutura. A análise isolada de um indicador não apresenta um grau de significância e confiabilidade elevado devido a não consideração da história cronológica do indicador. Todavia, "[...] o grau de informação de um indicador pode ser ampliado quando ele é associado a outro indicador, ou ainda, agregando informações de diversos indicadores entre si" (GARCÍAS, 2001, p. 281). Para a análise desses indicadores, o autor propôs o método denominado de Coeficiente de Deficiência de Atendimento (CDA), o qual se baseia na relação entre o valor total acumulado não atendido e o total acumulado do ideal que deveria ser atendido. A aplicação da técnica se fundamenta na elaboração da curva de equi-atendimento.

Tal curva é demarcada a partir das estruturas de repartição dadas, que representam, no nível referencial, uma situação teórica em que os serviços de saneamento (distribuição de água, rede de esgoto, energia elétrica etc.) seriam igualmente atendidos quando representados graficamente por uma reta de 45°. No gráfico da reta de atendimento, no eixo das abscissas (X), localizam-se os serviços a serem considerados, e no eixo das ordenadas (Y), estão as porcentagens igualmente distribuídas entre os serviços que vão possuir o mesmo nível de importância. Nessa metodologia, quanto mais próximo da reta de equi-atendimento, aproximando o CDA do valor zero, melhor seria a distribuição dos serviços de saneamento básico. Desse modo, por meio da sua aplicação, pode-se avaliar a qualidade ambiental urbana a partir de indicadores agregados, considerando-se que é a partir do conjunto de indicadores ambientais urbanos que o planejamento urbano poderá orientar a tomada de decisões de definição de tipos de uso e ocupação considerando os limites sustentáveis (GARCÍAS, 2001).

Na avaliação da metodologia, deve-se apontar como negativo o fato de não haver a preocupação com a espacialização dos indicadores ambientais apontados pelo autor e pela pesquisa considerar que os indicadores trabalhados retratam tão somente a distribuição de alguns serviços sanitários básicos e não aquilo que se entende por qualidade ambiental urbana, num sentido mais amplo, que vai além da distribuição desses serviços. Como aspecto positivo, menciona-se a tentativa de se considerar, como fator preponderante no processo de análise, a agregação de diversos indicadores para o estabelecimento da qualidade ambiental urbana, uma vez que determinado indicador tomado individualmente não traduz sozinho o quadro heterogêneo prevalecente na maioria das áreas urbanas, podendo distorcer a visão da realidade se assim considerado.

A próxima metodologia foi aplicada nos distritos de Capão Redondo, Campo Limpo e Vila Andrade, na cidade de São Paulo, sendo dividida em duas fases: a primeira, que analisou a qualidade ambiental tendo como área de levantamento de

dados os setores censitários, a partir da utilização de indicadores fundamentais para a qualidade de vida e a saúde da população, e a segunda, que analisou as desigualdades na distribuição espacial dos índices de qualidade ambiental (MORATO; KAWAKUBO; LUCHIARI, 2005). Para esses autores, qualidade ambiental urbana é entendida como a provisão de condições adequadas para o conforto e a saúde da população. Os indicadores considerados na realização do trabalho foram: as condições de abastecimento de água, o destino da água servida e do lixo, domicílios improvisados (obtidos do IBGE) e cobertura vegetal (mensurada a partir da interpretação de imagens dos satélites LANDSAT-5/7 e SPOT). Para poder comparar esses indicadores, primeiramente, eles foram transformados em índices seguindo critérios semelhantes aos aplicados pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) no cálculo do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Em seguida, gerou-se o índice sintético, sendo o índice de qualidade ambiental urbana a média dos cinco indicadores trabalhados. Esse índice variou entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1 o resultado melhor as condições de distribuição do indicador considerado (MORATO; KAWAKUBO; LUCHIARI, 2005).

A partir dos indicadores e do índice sintético, foram produzidos seis cartogramas para representar a distribuição espacial desses índices (índices de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de coleta de lixo, de vegetação, de domicílios improvisados, e de qualidade ambiental urbana). Essa etapa do trabalho tentou responder a primeira linha de raciocínio proposta pelos autores, a da qualidade ambiental urbana com indicadores da qualidade de vida e de saúde da população. Para conseguir responder a segunda parte da questão levantada, analisou-se a distribuição de renda dos responsáveis pelos domicílios para verificar se havia uma relação com a desigualdade ambiental, o que ficou comprovado, no caso da área estudada (MORATO; KAWAKUBO; LUCHIARI, 2005).

Nessa metodologia também persistem pontos problemáticos, principalmente, por considerar-se que os indicadores avaliados representam muito mais um índice de qualidade sanitária no espaço urbano, haja vista a predominância de indicadores relacionados aos serviços de infraestrutura básica, do que de qualidade ambiental propriamente dita. Cabe também ressaltar que a forma como foi dividido o enfoque do trabalho, primeiro relacionando a qualidade ambiental com a espacialização dos índices de acordo com os setores censitários, e posteriormente procurando correlacioná-la com a distribuição da renda média dos habitantes dessas áreas, embora necessário, e até mesmo essencial, segundo a abordagem, quando realizado de forma separada, pode minimizar, ou quem sabe esconder, certas condicionantes sociais e econômicas imprescindíveis para o estabelecimento dos indicadores de qualidade ambiental urbana, já que constituem um mesmo e único processo que é o de produção do espaço geográfico.

Mesmo assim, foi possível aos autores constatarem que a distribuição da qualidade ambiental urbana está relacionada à distribuição desigual de riquezas no

espaço urbano, onde quem possui melhores condições financeiras reside em áreas ambientalmente mais favoráveis, em detrimento das pessoas com baixos rendimentos que ocupam áreas ambientalmente desfavoráveis, ou seja, arcam com o ônus da boa qualidade ambiental vivenciada pelos que detêm o capital, corroborando com as ideias já expressas nos estudos de Gould (2004) e Acselrad (2004).

Diante da compreensão do conceito de qualidade ambiental urbana apresentada no início do texto, conclui-se que nenhuma das proposições metodológicas retratadas, ou seus desdobramentos posteriores, atende de forma plena o objetivo de mensuração e representação da qualidade ambiental urbana. Mesmo assim, é notável que nas três apareçam contribuições importantes, que podem auxiliar de forma significativa o aprimoramento ou surgimento de novas metodologias e, dessa forma, um melhor entendimento do tema. Com base nesse desafio faz-se, na sequência, a proposição de um encaminhamento metodológico para mapeamento e análise da qualidade ambiental urbana, por meio da utilização de Sistemas de Informações Geográficas e WebGIS, visando ampliar os temas trabalhados pelas metodologias anteriores e melhorando o processamento e tratamento analítico dos dados por meio da adoção de técnicas de geoprocessamento.

Na era da Transformação Digital – e, por que não, da Transformação Digital Territorial (CEREDA JUNIOR, 2017) – por meio da visão geodata-driven (processo de tomada de decisões baseado em dados geográficos), é mister que os governos, desde níveis locais até nacionais ou internacionais, explorem o valor agregado do uso de outras fontes de dados – exemplos das quais, no contexto da Resiliência Urbana, são citadas por Moghadas et. al (2022) como o sensoriamento social (como por redes sociais), colaboração coletiva (crowdsourcing) e Informação Geográfica Voluntária (VGI) – para aprimorar suas capacidades de coleta e análise de dados.

Da mesma forma, encontramos na integração dessas fontes (estruturadas e não-estruturadas) por meio de um framework WebGIS a possibilidade de um acesso quase em tempo real a informações geoespaciais, facilitando, assim, tomadas de decisão baseadas em conhecimento geográfico e incentivando o desenvolvimento de novas metodologias e técnicas ligadas ao Geoprocessamento, servindo como um importante instrumento no enfrentamento dos desafios urbanos e ambientais contemporâneos.

PROPOSTA DE MAPEAMENTO E ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA USANDO SIG

A partir dos pressupostos teórico-metodológicos que envolvem o tema qualidade ambiental no espaço urbano, ressalta-se a importância do uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como suporte ao desenvolvimento desses estudos. Pesquisas como a realizada por Morato, Kawakubo e Luchiari (2005) demonstraram que o uso do SIG facilita o processamento dos dados e a produção de

informações espacializadas, o que permite uma melhor comparação e compreensão dos dados em análise e a representação cartográfica dos resultados.

Diante das grandes possibilidades que os Sistemas de Informação Geográficas trouxeram para a análise espacial, deve-se sempre considerar onde encontrar o dado, a linhagem, a fidelidade aos atributos, a completeza, a consistência lógica, a fidelidade semântica e a temporalidade que representam de acordo com a ICA – International Cartographic Association, pensando em elementos de qualidade posicional.

Nesta linha de pensamento, descreve-se alguns desses elementos:

No que tange as IDE – Infraestruturas de Dados Espaciais, no Brasil denominadas INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, seu surgimento veio como uma resposta a necessidade de obtenção de informações espaciais e seus respectivos metadados para planejar, gerenciar e monitorar diferentes áreas de atividade e assegurar o desenvolvimento sustentável (GRANT, 1999), tendo como objetivo reduzir esforços e controlar as redundâncias na obtenção de dados espaciais, considerando o princípio da economicidade (RAJABIFARD e WILLIAMSON, 2001).

Outro campo muito relevante é o da Informação Geográfica Voluntária (Volunteered Geographic Information, VGI), dado a grande necessidade de atrair e manter a população como um elemento participativo do processo urbano. A informação geográfica voluntária era um fenômeno recente (GOODCHILD, 2007), porém, hoje bastante discutida e analisada como elemento que oferece um mecanismo alternativo para a aquisição e compilação de informações geográficas .

Se em 2007, Goodchild já exaltava a VGI como a utilização de ferramentas para criar, reunir e divulgar dados geográficos fornecidos voluntariamente por indivíduos, hoje a VGI se destaca em um amplo conjunto de aplicações, desde as contribuições para o mapeamento colaborativo online até posts em redes sociais, que inseridos na Transformação Digital trouxeram novos processos de aquisição e disponibilização de dados geográficos, influenciando amplamente os sistemas tradicionais de autoridade e criando novas formas de envolvimento público com base em contribuições voluntárias (HAWORTH, 2018), incluindo suas dinâmicas espaço-temporais.

O desenvolvimento das representações espaciais torna possível obter um maior conhecimento sobre o local em que se vive e, por isso, pode auxiliar no planejamento e gerenciamento de um determinado espaço local, servindo como instrumento capaz de contribuir para a solução de problemas socioambientais e como forma de amenizá-los (LONGLEY et al., 2015).

Da mesma forma, a necessidade de analisar e representar fenômenos espaciais por meio do uso de mapas é um processo já bastante corriqueiro na ciência

geográfica (MATIAS, 1996). Atualmente, devido à importância assumida pelas ações de planejamento na sociedade contemporânea (SOUZA, 2004; SANTOS, 2004), isso se tornou ainda mais relevante, à medida que se faz necessária, como condição para que transcorra de forma satisfatória, a existência de uma documentação geocartográfica confiável e adequada para nortear a tarefa de gestão da área ou fenômeno objeto do planejamento. A partir daí, observa-se um constante desenvolvimento nas técnicas cartográficas e de suas aplicações, principalmente com o advento das modernas geotecnologias (BURROUGH; MACDONNELL, 1998; NIELSON, 2014).

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode ser entendido, no sentido mais amplo, como o "Conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e pessoas (usuários), perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação" (MATIAS et al., 1995, p. 24).

O potencial da aplicação do SIG nos estudos de qualidade ambiental urbana pode ser detectado, em síntese, devido as seguintes características: i) a capacidade de manuseio de diferentes formas de dados (mapas, gráficos, imagens, relatórios etc.) oriundos de diferentes fontes (censos, levantamentos de campo, dados de laboratório, sensores remotos etc.); ii) a facilidade decorrente da padronização e concentração de dados (base de dados georreferenciados) e informações num mesmo ambiente de trabalho; iii) a disponibilidade de diferentes funções analíticas para manuseio dos dados digitais na forma gráfica (espaciais) e alfanumérica (não espaciais); iv) a possibilidade de execução de análises tomando em conta as variáveis espaço-temporais; e v) a oportunidade de expressar os resultados em diversos produtos informacionais: mapas, tabelas, gráficos e relatórios.

Desta forma, Cereda Junior (2017) explica que:

a adoção de Tecnologias e Geotecnologias vai muito além do software para fazer mapas: o que aqui se discute não é introdução de técnicas de mapeamento em ambiente computacional ou mesmo o uso de dispositivos, como smartphones, para o saciar do fetiche pela tecnologia. Trata-se da construção conjunta da Visão Geográfica (Espacial) na formação em seus diversos níveis, levando-o à criticidade quanto ao meio em que se insere sem, contudo, entender este meio como um retrato estático ou contemplativo, proporcionando à Educação concretizar um dos seus papéis fundamentais: a formação de cidadãos para uma sociedade crítica e com justiça socioespacial.

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica em estudos do espaço urbano vem aumentando na proporção em que cresce o número de usuários no mundo inteiro. As principais aplicações se destinam ao armazenamento e tratamento das informações cartográficas e descritivas sobre infraestrutura, características da população, cadastro de imóveis e serviços existentes nas áreas urbanizadas (LAURINI, 2001; LONGLEY et al., 2015; RAE; WONG, 2022).

Sobre infraestrutura destacam-se os trabalhos que visam o planejamento e o monitoramento de redes de esgoto, água, gás, energia elétrica, comunicações e tráfego. Para os estudos de população são construídas bases de dados sociodemográficas visando caracterizar a estrutura e composição da população urbana. Nas aplicações de cadastro o objetivo é modernizar o processo de construção, armazenamento e gerenciamento de informações cadastrais urbanas com intuito de agilizar o atendimento aos serviços públicos e o processo de arrecadação de taxas e impostos. Quanto ao setor de serviços, observam-se inúmeras iniciativas que fazem uso da tecnologia SIG para o planejamento das ações no espaço urbano, caso das empresas de transporte e distribuição (delivery) de produtos por aplicativos ou de segurança e vigilância (MAARSEVEEN; MARTINEZ; FLACKE, 2018). No que diz respeito ao ambiente urbano, dado a necessidade crescente de um maior conhecimento para realizar eficientemente as atividades de planejamento, a aplicação dessa tecnologia significa um grande potencial para obtenção de mapas de alerta, de potencialidade, de intervenção, entre outros, que possibilitam ações integradas para monitoramento e gestão (JOLY, 1990; ROSA, 1995).

Todavia, observa-se que os estudos sobre qualidade ambiental urbana esbarram, quase sempre, na limitação dos temas a serem tratados, as metodologias aqui mencionadas são exemplos disso, o que acaba por imprimir uma visão ainda muito setorializada, quase sempre tendendo a um lado do conhecimento dos aspectos naturais ou sociais do problema, dependendo da formação científica do pesquisador, não representando a real complexidade que o tema exige. Deixa-se, na maioria das pesquisas, de trabalhar efetivamente com a qualidade ambiental para ressaltar alguns elementos constitutivos dela, sejam variáveis mais ligadas ao quadro físico-territorial ou ao socioeconômico. Embora se reconheça a existência da complexidade metodológica que o assunto exige, torna-se cada vez mais premente a necessidade de superá-la, realizando-se propostas que busquem traduzir de forma mais condizente a dimensão da totalidade do que vem a ser a qualidade ambiental em espaços urbanos.

Neste intento, o primeiro problema a ser resolvido diz respeito à adoção de um instrumental tecnológico que possibilite abraçar de forma consequente a quantidade e diversidade de dados espaciais e descritivos a serem trabalhados. A tecnologia SIG serve a isso. Contudo, trata-se de uma tecnologia que exige um conjunto de infraestrutura, em termos de hardware e software, apropriada, além de formação metodológica e técnica adequada aos seus utilizadores. No caso dos computadores e periféricos, constata-se um crescente avanço tecnológico e barateamento nos equipamentos disponíveis, tornando-os a cada dia mais acessíveis, mesmo para os usuários mais modestos. Já com relação aos softwares de geoprocessamento, existe uma vasta gama de opções entre programas com diferentes finalidades e potencialidades, com custos diversos, contando, ainda, com a possibilidade de adoção de softwares gratuitos

e/ou livres¹, geralmente desenvolvidos por instituições públicas de pesquisa, cujo acesso e uso é crescente na comunidade de usuários.

O WebGIS desempenha um papel fundamental na criação, análise e disponibilização de informações geoespaciais de qualidade para um público mais amplo e diversificado, incluindo profissionais, gestores urbanos e a população em geral. Por meio de um WebGIS (como o ArcGIS Online, CARTO, MapServer e outros), os dados e análises relacionados à qualidade ambiental urbana podem ser compartilhados de forma acessível e interativa por meio da internet, em interfaces pensadas para os públicos-alvo, bem como sua representação, tornando-se um instrumento eficaz na disseminação do Conhecimento geográfico, considerando a hierarquia DKIW – *Data-Information-Knowledge-Wisdom*².

Além disso, o advento do WebGIS, que vai além das questões técnicas e traz transformações até mesmo na Cartografia Temática, oferece novas possibilidades ao permitir a colaboração e o envolvimento da Sociedade no processo de caracterização (evidências) e análise (resultados) da qualidade ambiental urbana. Isso é particularmente relevante em um contexto urbano, onde as decisões e políticas que afetam o meio ambiente urbano têm impacto direto na vida dos cidadãos. Com a interatividade proporcionada pelo WebGIS, as partes interessadas (stakeholders) podem explorar mapas, gráficos e dados geoespaciais, contribuindo para uma compreensão mais completa dos desafios e oportunidades relacionados à qualidade ambiental em suas cidades, rumando assim às possibilidades reais – para além de modismos, sensores e normas – de uma Cidade Inteligente.

Como salienta Moghadas et. al (2022), modelos baseados em VGI podem ser considerados mecanismos independentes ou complementares quando e onde as abordagens convencionais são menos adequadas para promover a resiliência coletiva da comunidade ou a cultura de colaboração, e os conjuntos de dados administrativos são menos adequados para fornecer informações geoespaciais abertas, acessíveis e oportunas.

Desta forma, os WebGIS também possibilitam a atualização e a integração contínua de dados geográficos – incluindo Informações Geográficas Colaborativas e Voluntárias (VGI) – mantendo os dados sempre relevantes e atualizados, considerando processos de Modelagem, Limpeza, Normalização, Sistematização e Coerência. Isso é essencial para o acompanhamento das mudanças no espaço urbano ao longo do tempo, permitindo a adaptação de políticas e estratégias de melhoria da qualidade ambiental.

Após o estabelecimento da infraestrutura tecnológica, resta o segundo problema a ser resolvido: como encaminhar a proposta de uso do SIG para mapeamento

1 Alguns softwares livres ou gratuitos, incluindo SIGs, servidores WebGIS e APIs: SPRING (desenvolvimento e suporte encerrado), QGIS, MapServer, GRASS, OPENJump GIS, THUBAN, SAGA GIS. Mais informações podem ser obtidas nos respectivos sítios na Internet.

2 Dados - Informação - Conhecimento - Inteligência.

e análise da qualidade ambiental urbana. Os passos apresentados a seguir retratam de maneira resumida os procedimentos metodológicos para a elaboração da carta de qualidade ambiental urbana, conforme fluxograma esquemático representado na Figura 1.

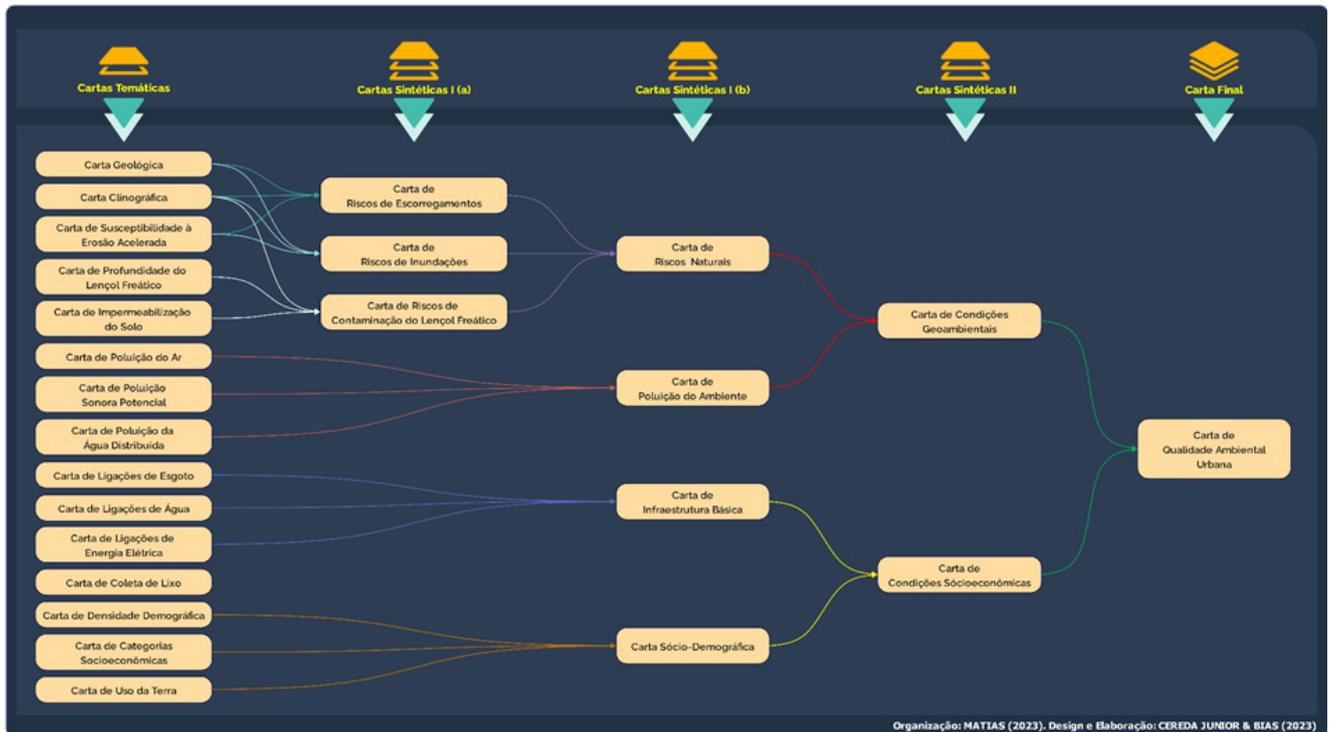


Figura 1: Fluxograma da metodologia para mapeamento e análise da qualidade ambiental urbana com SIG.

A metodologia tem como propósito elaborar a carta de qualidade ambiental urbana seguindo uma estruturação e integração de diversos temas cartográficos, armazenados em meio digital, por meio da sobreposição consecutiva, por afinidades temáticas, dos temas específicos e, posteriormente, produção do mapa resultante. A abordagem na correlação espacial entre os temas envolvidos pressupõe a adoção de critérios qualitativos e quantitativos. O processo de “cruzamento” ocorre de forma a transformar os temas envolvidos (cartas analíticas) em uma carta de síntese segundo a adoção de uma lógica booleana de processamento dos dados (SILVA, 2001; SANTOS, 2004).

Uma vez entendido que a dimensão da qualidade ambiental urbana é resultante de processos que dizem respeito à interface sociedade-natureza, deve-se contemplar uma escolha de dados representativos de ambas as partes, tentando apreender suas inter-relações. Além disso, como apontado por Lombardo (1985, p. 82), “[n]a análise ambiental urbana é necessário [...], considerar o espaço tridimensional – planos horizontais e verticais (incluindo o espaço aéreo, o solo da cidade e o espaço subterrâneo) – e as características de amenidade do meio natural.”

Na elaboração das cartas temáticas fundamentais (Figura 1) duas

preocupações centrais devem ser atendidas: a escala cartográfica a ser adotada nos mapeamentos temáticos e a unidade espacial mínima de mapeamento dos dados. Certamente a elaboração das cartas temáticas numa escala cartográfica a maior possível seria o ideal, todavia, frente às dificuldades de tempo, da demanda por recursos, tanto humanos como financeiros, para a realização das mesmas, das características próprias que envolvem cada tema, e tendo como norteador o objetivo a ser alcançado, sugere-se a adoção de uma escala cartográfica de trabalho de 1:10.000, sendo possível, quando necessário, em função do tamanho da área urbana a ser avaliada, adotar-se uma escala menor.

Com referência a unidade espacial de mapeamento dos dados, deve-se atentar aos requisitos das metodologias particulares de elaboração de cada carta temática, segundo os critérios adotados em cada área científica de onde provém o mapa, mas, para efeito de aplicação em nossa finalidade, os dados deverão ser agrupados e generalizados, quando for o caso, por unidades censitárias, seguindo a delimitação estabelecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que é o recorte geográfico sugerido, uma vez que permitem a integração, através dessas unidades espaciais, dos dados geoambientais e socioeconômicos, uma das premissas centrais a ser cumprida na metodologia.

As cartas temáticas a serem realizadas, num total de quinze, observando-se a possibilidade de obtenção e mapeamento dos dados em função das características específicas da área urbana a ser estudada, devem contemplar os seguintes temas: i) Carta Geológica; ii) Carta Clinográfica; iii) Carta de Susceptibilidade à Erosão Acelerada; iv) Carta de Profundidade do Lençol Freático; v) Carta de Impermeabilização do Solo; vi) Carta de Poluição do Ar; vii) Carta de Poluição Sonora Potencial; viii) Carta de Poluição da Água Distribuída; ix) Carta de Ligações de Esgoto; x) Carta de Ligações de Água; xi) Carta de Ligações de Energia Elétrica; xii) Carta de Coleta de Lixo; xiii) Carta de Densidade Demográfica; xiv) Carta de Categorias Socioeconômicas; e xv) Carta de Uso da Terra.

Além dessas, deve existir uma carta base digital da área urbana, de onde provêm dois temas fundamentais: a Carta Planialtimétrica e a Carta de Limites Administrativos, que, neste caso, corresponda aos limites censitários da área urbana. Foge ao escopo da discussão neste capítulo a descrição minuciosa da etapa de construção das respectivas cartas temáticas, para isso sugere-se a consulta da bibliografia pertinente, em especial os trabalhos de Troppmair (1988), Silva (2001), Blaschke; Kux (2002), Santos (2004), Zuquette; Gandolfi (2004), Silva; Zaidan (2004). Assim, com as cartas temáticas e seus atributos descritivos básicos devidamente armazenados em meio digital, constituindo uma base de dados georreferenciados da área urbana (ZEILER, 1999), construída com aporte do software SIG³ 2 adotado, pode-se executar os procedimentos analíticos necessários:

O primeiro momento consiste na elaboração de uma classificação qualitativa

³ No manual técnico do software SIG adotado, com certeza, consta a documentação com os procedimentos para construção da base cartográfica e do banco de dados associado.

para cada atributo da carta temática, tendo-se em conta a relação entre os elementos mapeados no tema e sua significância para o estabelecimento de um índice de qualidade ambiental. Indica-se a definição de cinco classes segundo o critério de maior ou menor adequabilidade à qualidade ambiental urbana, que em ordem qualitativa decrescente seriam: i) Classe 1: adequada; ii) Classe 2: moderadamente adequada; iii) Classe 3: adequada com restrições; iv) Classe 4: inadequada; v) Classe 5: altamente inadequada.

A classe de menor valor, no caso, representa uma maior adequabilidade do elemento temático em relação à qualidade ambiental, por exemplo, a ausência, na localidade, de poluição do ar, enquanto a classe de maior valor representa, ao contrário, uma forte característica de inadequação, no caso, uma localidade com taxas muito altas de poluição do ar que significam riscos à população. As classes intermediárias representam gradações dessa escala qualitativa. Em alguns casos, dependendo do tema sendo trabalhado, torna-se necessário nomear de forma diferente as classes (alta, média-alta, média, média-baixa, baixa) sem, entretanto, mudar o pressuposto metodológico. A definição das classes, em cada caso, é função do conhecimento científico a respeito de cada tema envolvido e da reflexão efetuada em torno da questão. A adoção desse procedimento classificatório visa homogeneizar o processo metodológico e facilitar o gerenciamento dos dados no SIG, o que pode ser realizado no software com certa facilidade, por meio de funções de edição e gerenciamento de banco de dados.

O próximo passo deve ser a elaboração das cartas sintéticas que, para facilitar o entendimento, foram divididas em três etapas (Cartas Sintéticas Ia, Cartas Sintéticas Ib e Cartas Sintéticas II, conforme pode ser visualizado na Figura 1). Utilizando as funções de sobreposição de mapas (overlay) disponíveis no software SIG, deve-se construir as diferentes cartas sintéticas, produto dos "cruzamentos" entre os temas previstos. A correlação espacial e dos atributos oriundos de cada carta, segundo critérios quantitativos executados sobre o banco de dados, originará as seguintes cartas: Carta de Riscos de Escorregamentos, resultante dos temas Geologia, Clinografia, Susceptibilidade à Erosão Acelerada; Carta de Riscos de Inundações, a partir de Geologia, Clinografia, Impermeabilização do Solo; Carta de Riscos de Contaminação do Lençol Freático, oriunda de Clinografia, Profundidade do Lençol Freático e Impermeabilização do Solo.

As cartas sintéticas que envolvem riscos (Escorregamentos, Inundações, Contaminação do Lençol Freático), na sequência, darão origem a Carta de Riscos Naturais. As cartas de Poluição do Ar, Poluição Sonora Potencial, Poluição da Água Distribuída originam a Carta de Poluição do Ambiente. Por sua vez, a Carta de Riscos Naturais e a Carta de Poluição do Ambiente geram a Carta de Condições Geoambientais. Seguindo o mesmo procedimento, teremos a partir da Carta de Ligações de Esgoto, Carta de Ligações de Água, Carta de Ligações de Energia Elétrica, e Carta de Coleta de Lixo, a produção da Carta de Infraestrutura Básica;

e com a Carta de Densidade Demográfica, Carta de Categorias Socioeconômicas e Carta de Uso da Terra, a construção da Carta Sociodemográfica, que juntamente com a Carta de Infraestrutura Básica resulta na Carta de Condições Socioeconômicas.

Na síntese final, o “cruzamento” da Carta de Condições Geoambientais com a Carta de Condições Socioeconômicas gera o mapa final que é a Carta de Qualidade Ambiental Urbana que, pretende-se, será uma síntese cartográfica representativa dos diversos elementos socioambientais que caracterizam a área urbana objeto de estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento e aperfeiçoamento de novas metodologias para o processamento e a análise da informação geográfica, intrínseca ao entendimento e decisões quanto à qualidade ambiental urbana, encontra-se na ordem do dia para os diferentes pesquisadores, já que os problemas ambientais urbanos apresentam uma crescente significância em razão da degradação nos padrões de qualidade de vida no espaço urbano. Espera-se com a proposição da presente metodologia contribuir para o aprofundamento das pesquisas nesta área.

Para além dos paradigmas do Webmapping e DataViz (Visualização de Dados), os SIGs, já consolidados na Academia e na Sociedade (vide SIGs *latu sensu* Waze, Google Maps, Pokémon Go!), e o WebGIS (como plataforma integrada e framework tecnológico, para além das ferramentas hoje disponíveis no mercado – sejam de código-aberto ou proprietários), devem superar a simples representação geométrica e/ou alfanumérica, sobreposição de camadas e informações acessíveis, avançando na capacidade de integrar dados geográficos colaborativos e voluntários, oriundos da Comunidade, com papel vital na construção de uma plataforma de Geoinformação Dinâmica.

Essa abordagem amplia as possibilidades de resiliência coletiva da comunidade e fomenta uma cultura de colaboração nas questões relacionadas à qualidade ambiental urbana: à medida que os conjuntos de dados administrativos tradicionais podem ser insuficientes para fornecer informações geoespaciais abertas, acessíveis e oportunas, as contribuições da Sociedade e a utilização de dados de voluntários desempenham um papel crucial na obtenção de uma visão mais abrangente das complexas dinâmicas urbanas.

Portanto, os SIGs e os WebGIS não se restringem à simples representação de dados, mas também possibilitam a participação ativa da comunidade na coleta e compartilhamento de informações geoespaciais, ampliando a capacidade de análise e gestão da qualidade ambiental urbana. Esse paradigma de colaboração e integração de dados de fontes diversas, incluindo a comunidade, contribui para uma compreensão mais completa e dinâmica das mudanças no espaço urbano

ao longo do tempo. Dessa forma, consolida-se a visão de um conjunto ferramental não apenas para mapeamento, mas, principalmente, como mecanismo único na construção de cidades e comunidades inteligentes, apoiadas em Infraestruturas de Dados Espaciais, alinhando-se com as necessidades da sociedade contemporânea em relação ao ambiente urbano e à qualidade de vida.

O passo seguinte deve ser a aplicação da metodologia no estudo da realidade de algumas áreas urbanas, para que se possa avaliar de forma efetiva os procedimentos metodológicos sugeridos e colher novos subsídios para uma avaliação e consequente aprimoramento da metodologia.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. Justiça Ambiental – ação coletiva e estratégias argumentativas. In: ACSELRAD, H. et al. (Orgs.) Justiça Ambiental e cidadania. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 2004.

BLACHKE, T.; KUX, H. Sensoriamento remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores métodos inovadores. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

BURROUGH, P. A.; MACDONNELL, R. A. Principles of Geographical Information Systems. Oxford: Oxford University Press, 1998.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, F. R. Dinâmica social, qualidade ambiental e espaços intra-urbanos em São Paulo: uma análise socioespacial. São Paulo: FAPESP, 2001.

CARLOS, A. F. A. A cidade. São Paulo: Contexto, 1997a.

_____. Espaço e indústria. São Paulo: Contexto, 1997b.

CARLOS, A. F. A.; SOUZA, M. L. de.; SPOSITO, M. E. B. A produção do espaço urbano: agentes e processos, escalas e desafios. São Paulo: Contexto, 2012.

CESAR, V. V. Territorialización de ODS - Los SIG como herramientas para valorar el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Revista GEOciencias datos, 9 ed. Ecuador, p. 74, 2021.

CEREDA JUNIOR, A. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na bacia do Ribeirão do Monjolinho – São Carlos – SP – utilizando ferramentas de geoprocessamento. 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

CEREDA JUNIOR, A. Inteligência Geográfica e a Transformação Digital: competências básicas na Gestão do Território alavancando oportunidades profissionais. Revista Digital de Engenharia da APEAESP, no. 1; maio a julho de 2017

CORRÊA, R. L. O espaço urbano. São Paulo: Ática, 1995.

_____. Trajetórias Geográficas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

- GARCÍAS, C. M. Indicadores de qualidade ambiental urbana. In: BOLMANN, H. A. et al. (Orgs.) Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001.
- GOMES, H. A produção do espaço geográfico no capitalismo. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1991.
- GONÇALVES, C. W. P.; Os (des)caminhos do meio ambiente. 12 ed. São Paulo: Contexto, 2005.
- GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, Vol. 69, p. 211–221, 2007.
- GOULD, K. A. Classe social, justiça ambiental e conflito político. In: ACSERALD, H. et al. (Orgs.) Justiça Ambiental e cidadania. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 2004.
- GUIMARÃES, R. P. Ecopolítica em áreas urbanas: a dimensão política dos indicadores de qualidade ambiental. In: Debates Urbanos, nº 7, Rio de Janeiro: Zahar, 1984.
- GRANT, D. Spatial Data Infrastructures: the vision for the future and the role of government in underpinning future land administration systems. In: International Conference on Land Tenure and Cadastral Infrastructures for Sustainable Development, Proceedings. Melbourne p. 94–109. 1999.
- HAESBERT, R. O mito da desterritorialização: do “fim dos territórios” à multiterritorialidade. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- HENKE-OLIVEIRA, C; SANTOS, J. E.; TOPPA, R. H. Efeitos do uso do solo urbano na qualidade ambiental e de vida, na vegetação e na impermeabilização do solo. In: CAVALHEIRO, F. et al. (Orgs). Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção. Vol. 2. São Paulo: FAPESP/RiMa, 2004.
- JOLY, F. A Cartografia. Campinas: Papirus, 1990.
- LAURINI, R. Information systems for Urban Planning. New York: Taylor & Francis, 2001.
- LEFEBVRE, H. A cidade do capital. 2. ed. Rio de Janeiro: DP & A, 2001.
- LOMBARDO, M. A. Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.
- LONGLEY, P. A. et al. Geographical Information Systems and Science. 3rd. ed. New York: John Wiley & Sons, 2015.
- LUENGO, G. Elementos para la definición y evaluación de la calidad ambiental urbana. Una propuesta teórico-metodológica. Anais do IV Seminário Latinoamericano de Calidad de Vida Urbana. Tandil (Argentina), 8 a 11 de setembro de 1998.
- MAARSEVEES, M. van; MARTINEZ, J.; FLACKE, J. (eds.) GIS in Sustainable Urban Planning and Management: A Global Perspective. New York: CRC Press, 2018.

- MARTINELLI, M. Curso de cartografia temática. São Paulo: Contexto, 1991.
- MARTINELLI, P. Qualidade ambiental urbana em cidades médias: proposta de modelo de avaliação para o estado de São Paulo. 2004, 130 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.
- MATIAS, L. F. Sistema de Informações Geográficas (SIG): teoria e método para representação do espaço geográfico. São Paulo, 2001. 313p. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- _____. Por uma cartografia geográfica: uma análise da representação gráfica na geografia. São Paulo, 1996. 146p. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- MATIAS, L. F. et al. Qual a melhor definição de SIG. FATOR GIS, Curitiba: Sagres, v. 03(11), p. 20-24, 1995.
- MENDONÇA, F. Geografia socioambiental. In: MENDONÇA, F.; KOZEL, S. (Orgs.) Elementos de epistemologia da geografia contemporânea. Curitiba: Ed. UFPR, 2004.
- MOGHADAS, M.; RAJABIFARD, A.; FEKETE, A.; KÖTTER, T. A Framework for Scaling Urban Transformative Resilience through Utilizing Volunteered Geographic Information. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2022, 11, 114. <https://doi.org/10.3390/ijgi11020114>
- MORAES, A. C. R. Meio ambiente e ciências humanas. São Paulo: Hucitec, 1994.
- MORATO, R. G; KAWAKUBO, F. S; LUCHIARI, A. Geografia da desigualdade ambiental na Subprefeitura de Campo Limpo município de São Paulo-SP. In: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, INPE, p. 2281-2288, 16-21 de abril 2005.
- NIELSON, D. Geographic Information Systems (GIS): Techniques, Applications and Technologies. New York: Nova, 2014.
- NUCCI, J. C. Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). São Paulo: Humanitas/FFLCH USP, 2001.
- _____. Metodologia para determinação da qualidade ambiental urbana. Revista do Departamento de Geografia. Curitiba, n.12, p. 209-224, 1998.
- RAE, A.; WONG, C. Applied Data for Urban Planning and Manegement. Los Angeles: Sage, 2022.
- RAJABIFARD, A., WILLIAMSON, I. P. Spatial Data Infrastructures: concept, SDI hierarchy and future directions. In GEOMATICS'80. Proceedings of Conference. Tehran. 2001.
- RODRIGUES, A. M. Produção e consumo do e no espaço: problemática ambiental urbana. São Paulo: Hucitec, 1998.

ROSA, R. O uso de SIG's para o zoneamento uma abordagem metodológica. São Paulo, 1995. 38p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

SANTOS, M. Técnica espaço tempo globalização e meio técnico-científico informacional. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1996a.

_____. A natureza do espaço: técnica e tempo. razão e emoção. São Paulo: Hucitec, 1996b.

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

SILVA, M. L. G. da. Análise da qualidade ambiental urbana da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição. 2002, 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SILVA, J. X. da. Geoprocessamento para análise ambiental. Rio de Janeiro: Edição do Autor, 2001.

SILVA, J. X. da.; ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SINGER, P. Economia política da urbanização. São Paulo: Contexto, 1998.

SOUZA, A. Qualidade da vida urbana. In: Debates Urbanos, no. 7, Rio de Janeiro: Zahar, 1984.

SOUZA, M. L. DE. Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

SPOSATI, A. Cidade, território, exclusão/inclusão social. Texto apresentado originalmente no Congresso Internacional de Geoinformação – GEO Brasil/2000, São Paulo, Palácio das Convenções do Anhembi – 16/06/2000.

SPÓSITO, M. E. B; Capitalismo e urbanização. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1989.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia física(?) geografia ambiental(?) ou geografia e ambiental(?). In: MENDONÇA, F.; KOZEL. S. (Orgs.) Elementos de epistemologia da geografia contemporânea. Curitiba: Ed. UFPR, 2004.

TROPPEMAIR, H. Metodologia simples para pesquisar o meio ambiente. Rio Claro: Ed. do Autor, 1988.

ZEILER, M. Modelling our World: The ESRI® Guide to Geodatabase Design. Redlands: ESRI, 1999.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. Cartografia geotécnica. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

A sustentabilidade urbana e as cidades inteligentes são essenciais no mundo atual. Com a rápida urbanização, é vital repensar o planejamento urbano, equilibrando crescimento econômico, preservação ambiental e bem-estar social. A sustentabilidade propõe harmonizar recursos naturais, qualidade de vida e resiliência dos ecossistemas. Cidades inteligentes utilizam tecnologias como IoT, big data e inteligência artificial para otimizar serviços urbanos, melhorar infraestruturas e promover participação cidadã. Estas cidades impulsionam a sustentabilidade ambiental, inclusão social e governança participativa. Planejadores e decisores devem adotar princípios de sustentabilidade e inovação. Estratégias que priorizam esses elementos são cruciais para cidades resilientes, preparadas para os desafios do século XXI. O livro "Planejamento Ambiental Urbano: Alicerces de uma Cidade Inteligente e Sustentável" reúne especialistas que exploram esses temas em onze capítulos, refletindo suas vivências e pesquisas em centros urbanos. Esta obra inspira e orienta a construção de cidades mais inteligentes e sustentáveis.

