

# 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Lucia Lopes da Silva (SER/UnB)

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ruth Elias de Paula Laranja (GEA/UnB)

### **Membros externos:**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ângela Santana do Amaral (UFPE)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Joana Maria Pedro (UFSC)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marine Pereira (UFABC)

Prof. Dr. Ricardo Nogueira (UFAM)

### **Membros internacionais:**

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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ilía Alvarado-Sizzo (Universidad Autonoma de México)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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](mailto:ihd@unb.br)

Contato: (61) 3107-7364

Site: [ich.unb.br](http://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](http://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

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

# CAPÍTULO 3

## Proposição de indicadores de qualidade ambiental urbana



### **Valdir Adilson Steinke**

Possui graduação em Geografia, Mestrado em Geologia e Doutorado em Ecologia. Professor no departamento de Geografia da UnB. Credenciado no Programa Acadêmico de Pós-Graduação em Geografia, e no Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Geografia. Atua nas áreas de análise da paisagem, gestão e modelagem de recursos hídricos, formação de professores de geografia, geoiconografia e multimídias. Coordena projetos de pesquisa.

# Proposição de indicadores de qualidade ambiental urbana

Valdir Adilson Steinke

## Introdução

A evolução da espécie humana é um processo complexo que envolve milhões de anos de mudanças físicas, comportamentais e culturais. A história da evolução humana pode ser dividida em vários estágios, incluindo o desenvolvimento dos primeiros hominídeos, o surgimento dos *Homo sapiens* e o desenvolvimento da cultura e da civilização humana (DARWIN, 1859); (LEWIN, 1997); (STRINGER e ANDREWS, 2005); (JOHANSON e EDGAR, 2006).

A espécie humana, tal qual conhecemos atualmente, é resultado de um processo de transformação (evolução) intensa, dinâmica e constante. Esta espécie, desde que passou a ocupar o planeta Terra, nesta longa história, tem registrado seus processos de modificação do ambiente originário (anterior a existência humana) e, inegavelmente, tem sido a energia desencadeadora do que se pode definir como paisagens antropogênicas.

Neste texto, parte-se do pressuposto de que as cidades, desde suas origens mais primitivas enquanto aglomerados humanos, são resultantes de modificações desencadeadas pelas dinâmicas antrópicas, sejam elas de cunho cultural ou apenas por demandas de subsistência e sobrevivência (HAKANSSON e WIDGREN 2014); (THURSTON e FISHER 2007).

Desta forma, atentar-se ao método complexo e dinâmico de constituição e modificação da paisagem, sendo a paisagem originária definida como a que precede o comparecimento da espécie humana e, a partir da introdução da espécie *Homo* (*Habilis* e depois *Sapiens*), torna-se uma paisagem antropogênica. As bases dessa abordagem estão nos trabalhos de Schellnhuber (1999), Steffen et al. (2004, 2011, 2016), Waters et al. (2016), Ellis e Haff (2009), Ellis (2011, 2015), Ellis et al. (2016) e Young (2015).

As paisagens antropogênicas, estabelecidas a partir do início da história humana e suas escalas de transformação das paisagens originárias, aumentaram em razão do crescimento das populações, da densidade demográfica, da longevidade dos assentamentos e das dinâmicas socioculturais em diferentes períodos da história humana, no entanto, os assentamentos urbanos são, seguramente, os ícones mais evidentes das paisagens antropogênicas em função da elevada transformação realizada.

A teoria urbana desenvolvida para paisagens contemporâneas apresenta-



da por Sorensen Okata (2010), pode ser muito útil para contextualizar a relação existente no processo urbano histórico e as paisagens antropogênicas em contextos contemporâneos.

Embasam esta consideração estudos realizados em regiões distintas do globo, como Amazônia, Mesoamérica, Ásia como, Comer e Harrower (2013), Opitz e Cowley (2013), Carson et al., (2014), Heckenberger et al. (2003), Heckenberger et al. (2007), Heckenberger et al. (2008), Evans et al. (2013), Fletcher (2009) e Fletcher (2011). Esses estudos evidenciam que a cidade atual compacta é resultado de um conjunto de processos antrópicos locais, regionais e globais, no qual o urbano se apresenta, provavelmente, como o principal e mais evidente “testemunho” deste processo.

Na busca de uma compreensão geográfica, portanto, complexa e dinâmica no espaço e no tempo, do que se pode vislumbrar enquanto “smart cities”, em tradução livre, cidades inteligentes, pontuar-se-ão alguns aspectos entendidos como necessários ao debate atual desta temática.

## **Cidades (inteligentes e resilientes?)**

A origem das cidades remonta à metade do quarto milênio AC e, desde então, por diferentes perspectivas, se deu um crescimento contínuo e permanente, que tem suas origens nos aglomerados populacionais rurais como uma nova forma de assentamentos antrópicos, com impactos significativos na sociedade em escala global, contribuindo, de forma contundente, para mudanças de comportamento social, econômico, político e cultural. Estudos sobre a origem e história das cidades podem ser encontrados de maneira pormenorizada em Reps (1965), Thernstrom e Sennett (1969), Hershberg (1978), Thrift (1993), Clark (2003), Ewen (2016), Lilley (2000) e Park e Burgess (2019).

Em uma análise geohistórica, é assertivo que as cidades mudaram significativamente a paisagem global em função dos seus modelos de apropriação dos territórios locais e sob suas influências regionais, é plausível afirmar que a cidade é o exemplo sensível das relações escalares na análise geográfica, basicamente onde o lugar perfaz conexão com o global e vice-versa.

As cidades se constituem como sistemas em contínuo processo de transformação, obviamente com cada núcleo urbano com a sua dinâmica própria, em função dos conjuntos de forças que ali exercem suas relações. Portanto, aspectos originários da Geografia ganham protagonismo, como a localização espacial, as dimensões territoriais, as dimensões populacionais, as forças motrizes da política e da economia e o conjunto histórico-cultural que deu base para as origens de cada núcleo urbano. Esses aspectos são cruciais para discutir, mais adiante, as questões de cunho ambiental.

Neste tópico se faz necessário esclarecer algumas terminologias utilizadas

e que acabam, muitas vezes, gerando distorções e adaptações de conceitos vinculados à própria humanidade e sendo utilizados em larga escala, sem muitas reflexões epistemológicas. Especialmente para os processos urbanos, é necessária uma breve análise sobre dois conceitos que têm sido utilizados de modo corriqueiro, o de Inteligência e o de Resiliência.

O conceito de inteligência, para a imensa maioria das pessoas, é elencado com várias características positivas de uma importante qualidade humana, as quais parecem pressupor a existência de um significado universal e unidimensional, portanto, compreensível a totalidade da sociedade (Bora e Pantelis, 2016); (Malaspina et al, 2001).

No entanto, meio científico, este consenso ainda não está consolidado, apesar de muitos teóricos concordarem que a inteligência é efetivamente um dos aspectos mais importantes da espécie humana, influenciando diretamente nas competências e habilidades de cada indivíduo. As discussões científicas mais acaloradas são de ordem questionadora sobre os aspectos e parâmetros metodológicos. (SPEARMAN, 1904); (BINET E SIMON, 1905); (WECHSLER, 1958); (GARDNER, 1983); (STERNBERG, 1985).

Embora o conceito de inteligência seja frequentemente utilizado para descrever as cidades inteligentes, é importante lembrar que ele pode ser subjetivo e influenciado por diversos fatores culturais e sociais. Além disso, a ênfase na tecnologia pode acabar deixando de lado outras dimensões importantes do desenvolvimento urbano, como a participação cidadã e a justiça social.

Há ainda, a preocupação de que a dependência excessiva de sistemas automatizados possa criar vulnerabilidades, colocando em risco a privacidade e a segurança dos cidadãos. Portanto, é preciso ter cautela ao utilizar o conceito de inteligência nas cidades inteligentes e garantir que as decisões levem em conta não apenas a eficiência tecnológica, mas também os valores e as necessidades da comunidade.

O conceito clássico e mais difundido para cidades inteligentes, também conhecido como smart cities, é baseado no uso de tecnologia digital da informação e comunicação (TDIC) com a proposta de melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, aumentar a eficiência dos serviços urbanos e reduzir o impacto ambiental. (GIFFINGER ET AL 2007); (CARAGLIU, 2011).

No caso específico das questões urbanas, cabe minimamente uma reflexão, pois o que tem sido difundido, em inúmeras plataformas, associa diretamente uma cidade inteligente em função do seu grau de integração tecnológica. Sob este "mantra" uma cidade qualquer que dispuser de uma quantidade maior de serviços tecnológicos é considerada mais inteligente que as demais. Considera-se esse fato um equívoco, pois tecnologia, por mais acessível que possa ser, não resulta necessariamente em aspectos urbanos, especialmente no que

diz respeito a redução de desigualdades socioespaciais. Com isso, associar cidades conectadas com inteligência, aponta para uma fragilidade conceitual.

Outro termo muito difundido e utilizado como uma demanda atual para as áreas urbanas, especialmente em função das mudanças climáticas globais, se refere a "Resiliência". Geralmente, as cidades atuais (frutos de um processo milenar de transformação da paisagem e produção do espaço) devem buscar ser "resilientes" a estas mudanças.

A definição de resiliência surge pelo experimento físico publicado por Young (1845), no qual o termo foi utilizado para explicar a resistência dos materiais para as áreas de física e engenharia. O experimento utilizou materiais extremamente resistentes a deformações do meio que, quando expostos à uma tensão e compressão extrema, retornam ao seu estágio original. A energia de deformação máxima que esse material é capaz de armazenar, sem sofrer deformações permanentes, depende, assim, de sua resiliência. Dito de uma outra maneira, a resiliência refere-se à capacidade de um material absorver energia sem sofrer deformação plástica ou permanente, sendo capaz de voltar à forma original, quando finda a causa da deformação. (TIMOSHENKO, 1953); (BRANDÃO, 2009); (BRANDÃO, et al, 2011).

Portanto, para uma definição "forjada" nas ciências dos materiais, na mecânica e na física, qualquer tipo de adaptação (e são muitas) pode gerar fragilidades e até equívocos. Utilizar o termo resiliência para uma cidade, pelas características intrínsecas de qualquer cidade e, especialmente, pela dinâmica complexa desses ambientes, é inadequado, pois uma cidade passa necessariamente um processo contínuo de transformação. Com muito rigor, se pode afirmar que as cidades não retrocedem aos estados de origem, pois existe um processo de transformação.

Dessa forma, as cidades atuais são produtos de um modelo de transformação pautado pela dinâmica econômica, social e política, as quais, de modo inerente, ocorrem um determinado recorte geomorfológico da paisagem antropogênica. É basicamente sob esta perspectiva, da correlação local entre o abiótico e o biótico, que se faz necessário tratar do tema das cidades, todas elas, independente de suas dimensões. Contudo, ao mesmo tempo, é preciso estar atento aos aspectos singulares de cada núcleo urbano, ou seja, evitar tratar de forma homogênea um sistema que parte de peculiaridades locais.

## **A abordagem ambiental (urbana)**

Indiscutivelmente, a abordagem da análise ambiental ganhou evidência nas últimas cinco décadas, em movimentos crescentes no cenário internacional e com inúmeros avanços em termos de difusão científica, desenvolvimento metodológico, políticas públicas entre outros, o que leva a uma questão de debate que envolve, de modo singular, os núcleos urbanos, afinal de contas, atualmente no planeta Terra 55% da população vive em aglomerados urbanos (independente

do nível de urbanização), com estimativa de chegar a 68% em 2050 (ONU, 2021).

Esta observação se torna imprescindível na medida em que se pode propor uma analogia muito modesta, ao olhar para esses núcleos urbanos como sendo os pontos de escoamento de um volume significativo dos recursos naturais, uma vez que, nesta lógica econômica atual, é onde de dá o consumo dos bens e produtos oriundos do processo industrial.

Nessa construção, a análise do ambiental passa, necessariamente, pela abordagem de sistemas complexos, quando se busca encontrar as conexões entre as diferentes escalas espaciais que permeiam as dinâmicas urbanas, das cidades menores até as megalópoles mundiais. Certamente em cada realidade irão existir aspectos intrínsecos que podem não se repetir de forma semelhante em outras cidades, inclusive as de mesma escala de território e população, especialmente quando inseridas e observadas, nesse sistema, os pressupostos histórico-culturais.

Ao adentrar na temática ambiental especialmente vinculada as questões das dinâmicas urbanas, novamente alguns conceitos basilares devem ser retomados, ainda que de modo sucinto, porém, necessários para a discussão de mais adiante, isto é, a retomada da questão central vinculada a discussão de "cidades inteligentes". O principal diz respeito ao próprio conceito de ambiente e, em seguida, de alguns indicadores ambientais (propostos).

De acordo com a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1987), a terminologia adotada como "meio ambiente" pode ser entendida como conjunto de componentes naturais e artificiais que constituem o mundo físico, incluindo ar, água, solo, flora, fauna e seres humanos. Trata-se de um sistema complexo e interconectado, que fornece recursos naturais essenciais para a vida humana e a manutenção dos ecossistemas terrestres e aquáticos.

Outra definição muito utilizada, na literatura científica, trata o meio ambiente como sendo composto pelos elementos naturais e artificiais que cercam os seres vivos e pelos quais estes são influenciados. É o espaço onde ocorrem as interações entre os seres vivos e o ambiente físico, incluindo os impactos causados pela ação humana, como a poluição e a destruição dos ecossistemas naturais (CARSON, 1962).

Seguramente, o meio ambiente constitui um sistema complexo e interconectado, formado pelos elementos naturais e pelas atividades humanas. A relação entre esses elementos deve ser equilibrada para garantir o bem-estar das gerações presentes e futuras, evitando a exaustão dos recursos naturais e a degradação ambiental (MEADOWS et al., 1972).

Ao aplicar esse conceito para áreas urbanas, McDonnell et al. (1997) definiram que o meio ambiente urbano pode ser entendido como o ambiente construído e habitado pelos seres humanos, incluindo edifícios, ruas, praças, parques, áreas

verdes, infraestrutura urbana, transporte, sistemas de abastecimento de água e saneamento, bem como a interação entre esses elementos e as pessoas que os utilizam.

Já Frumkin et al. (2004) chamaram atenção de um ambiente urbano caracterizado por uma grande concentração de pessoas, atividades e infraestrutura em um espaço relativamente pequeno. Isso pode levar a uma série de desafios ambientais relacionados à saúde e ao bem-estar das pessoas que vivem nas cidades. Esse é um aspecto muito peculiar, pois, efetivamente, os núcleos urbanos geralmente se apresentam em espaços territoriais reduzidos, com fortes adensamentos populacionais, como é o caso brasileiro, no qual o somatório de todas as áreas urbanas, ocupa menos de 1% de todo o território nacional, onde vivem mais de 80% da população (FARIAS et al. 2017).

Grimm et al. (2008) trazem o conceito de um sistema complexo que inclui uma variedade de habitats e espécies de plantas e animais que podem fornecer uma série de serviços ecossistêmicos importantes, como a purificação do ar e da água e a regulação do clima.

No trabalho de Kong e Yin (2016), são apontadas as preocupações com um ambiente urbano projetado e gerenciado de forma sustentável, levando em consideração a conservação da biodiversidade, a eficiência energética, a gestão de resíduos, o uso de materiais de construção e a promoção de sistemas de alternativas de transporte.

Para países em desenvolvimento, como o caso brasileiro, o enfrentamento de desafios únicos relacionados à urbanização rápida e à industrialização (ambos precários), incluindo a poluição do ar e da água, a perda de habitats naturais e o desequilíbrio com os recursos naturais, demandam soluções colaborativas e inovadoras, as quais são necessárias para lidar com esses desafios. (WANG, et al., 2018).

## **Proposta de indicadores ambientais para gestão urbana**

O debate a respeito de quais seriam os mais adequados indicadores para avaliar a situação das cidades, em todas as áreas de investigação, em muitas situações ainda não levou a um consenso e, tampouco, é esse o propósito desse texto, ou seja, chegar a uma concordância sobre indicadores ambientais em ambientes urbanos. Apenas é intenção, indicar aqueles que, neste momento, podem balizar minimamente ações de monitoramento ambiental em núcleos urbanos de qualquer porte.

Indicadores podem ser definidos como medidas quantitativas ou qualitativas que fornecem informações sobre um determinado fenômeno ou processo. Existem vários tipos de indicadores, com diferentes perspectivas e enfoques metodológicos, que podem ser utilizados em diferentes áreas, tais como saúde, educação, meio ambiente, economia, entre outras. (ALTMAN, 1998); (NARDO et



al., 2005); (EU, 2005); (OECD, 2008); (ONU, 2015).

A premissa para propor um conjunto de indicadores parte de entender os núcleos urbanos dentro da perspectiva das paisagens antropogênicas, como já foi mencionado anteriormente, portanto, é imperioso que os indicadores sejam entendidos como mecanismos de observação, mensuração, análise e gestão. Com essas premissas, e tendo como base publicações relevantes a respeito do tema como os de Dadvand et al. (2015), Bell et al. (2017), Luck et al. (2017), Pfister et al. (2017), Ibrahim et al. (2018), World Health Organization (2018), Lai et al. (2019), Marique et al. (2019), Adewole et al. (2020), Diop et al. (2020), Gong et al. (2020), Tonne et al. (2020), Tosepu et al. (2020), Zhang et al. (2020), Zhang et al. (2019), a figura 01 apresenta os indicadores que ora são propostos e, no quadro 1, é mostrada a lista dos mesmos indicadores e seus respectivos parâmetros mínimos de monitoramento.



Figura 01: Indicadores ambientais para gestão urbana.

A proposição dos indicadores mencionados na figura 01, não se sustenta apenas por uma lista de mensurações pontuais e individualizadas, é necessário, também, entender que estes indicadores formam um sistema integrado e dinâmico, os quais interagem, de modo permanente, no tempo e no espaço, portanto, não cabe elencar ponderações de maior importância a um ou a outro, todos estão nivelados em uma mesma hierarquia. Inclusive, é importante ressaltar que metodologias de análise hierárquica podem distorcer análises integradas, ao valorar um critério em detrimento de outros.

Esse tipo de análise e torna integrada na medida em que o conjunto de células espaciais articuladas partem, no seu  $v=0$ , de um mesmo nível hierárquico horizontal e vertical, mas, em função de demandas, processos, dinâmicas, momentos, lugares, escalas entre outros elementos, as células se movem intercambiando elementos e funções no sistema, no qual a posição hierárquica, tanto vertical quanto horizontal é efetivamente dinâmica.

<b>Indicador</b>	<b>Parâmetros Mínimos de Monitoramento</b>
Qualidade do ar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas suspensas (PM)</li> <li>- Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>)</li> <li>- Dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>)</li> <li>- Monóxido de carbono (CO)</li> <li>- Ozônio (O<sub>3</sub>)</li> </ul>
Qualidade das águas e saneamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)</li> <li>- Oxigênio dissolvido (OD)</li> <li>- pH</li> <li>- Coliformes fecais</li> <li>- Turbidez</li> </ul>
Oferta e consumo de energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demanda de energia (kW)</li> <li>- Consumo de energia (kWh)</li> <li>- Eficiência energética</li> <li>- Geração de energia</li> <li>- Qualidade da energia</li> </ul>
Gestão de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geração de resíduos</li> <li>- Coleta de resíduos</li> <li>- Tratamento de resíduos</li> <li>- Destino dos resíduos</li> <li>- Educação e conscientização</li> </ul>
Gestão do uso dos solos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Características do solo</li> <li>- Capacidade de suporte do solo</li> <li>- Uso de água subterrânea</li> <li>- Cobertura do solo</li> <li>- Tipos de uso</li> </ul>
Oferta de áreas verdes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área de parques e jardins</li> <li>- Acesso aos parques e jardins</li> <li>- Conectividade e continuidade</li> <li>- Qualidade dos espaços verdes</li> <li>- Serviços ecossistêmicos</li> </ul>
Monitoramento do clima urbano	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura do ar</li> <li>- Umidade relativa do ar</li> <li>- Precipitação</li> <li>- Radiação solar</li> <li>- Vento</li> </ul>
Transporte público	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frequência</li> <li>- Pontualidade</li> <li>- Acessibilidade</li> <li>- Capacidade</li> <li>- Velocidade média</li> </ul>
Segurança hídrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidade hídrica</li> <li>- Gestão de recursos hídricos</li> <li>- Vulnerabilidade às mudanças climáticas</li> <li>- Participação pública</li> <li>- Qualidade da água</li> </ul>
Redução de gases do efeito estufa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inventários de emissões</li> <li>- Metas de redução de emissões</li> <li>- Medidas de mitigação</li> <li>- Monitoramento de eficiência energética</li> <li>- Monitoramento do uso de transportes</li> </ul>
Controle da poluição sonora	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Níveis de ruído</li> <li>- Fontes de ruído</li> <li>- Legislação e normas</li> <li>- Monitoramento de áreas sensíveis</li> <li>- Medidas de mitigação</li> </ul>
Governança legislativa e executiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transparência</li> <li>- Participação pública</li> <li>- Responsabilidade</li> <li>- Cooperação</li> <li>- Efetividade</li> </ul>
Equilíbrio da biodiversidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura vegetal</li> <li>- Espécies nativas</li> <li>- Conectividade ecológica</li> <li>- Qualidade da água e do solo</li> <li>- Programas de conservação e manejo</li> </ul>

Quadro 1: Lista de indicadores ambientais para ambientes urbanos, e os parâmetros mínimos necessários para cada indicador.

Com esse conjunto de indicadores propostos, o monitoramento dos parâmetros indicados demanda, por parte dos gestores municipais, necessariamente executar o dever de casa, realizando um excelente diagnóstico de seus núcleos urbanos, com mapeamento adequado de todas as informações, desde geologia até serviços elementares, pois não se pode pensar em propor “cidades inteligentes” sem conhecer os elementos basilares de um determinado território.

Neste sentido, ressalta-se ainda, a necessidade de repensar as práticas de gestão urbana, pois é sabido que, geralmente, as cidades priorizam setores, classicamente, as áreas centrais do núcleo urbano, uma vez que o “retorno visual” perante o conjunto da sociedade pode causar maior impacto, no entanto, enquanto os gestores públicos municipais não observarem a cidade como um todo, um sistema vivo e pulsante e que cada via repercute em todo o sistema, dificilmente haverá “cidades inteligentes” especialmente do ponto de vista ambiental.

Para dar suporte legal aos entes federados (Estados e Municípios), em 2012 foi aprovada e promulgada a Lei 12.608/2012, que estabelece o marco nacional para defesa civil, a qual, em suas diretrizes e objetivos (Figura 02), estabelece um arcabouço de demandas vinculadas aos municípios que, se levadas a cabo, podem seguramente, reformular a gestão das cidades em todos os níveis.



Figura 02: Diretrizes e objetivos da lei 12.608/2012.

De acordo com a legislação citada, compete aos municípios identificar e mapear as áreas de risco de desastres; promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas; manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres; manter a União e o Estado informados sobre a ocorrência de desastres.

Ainda que a mencionada lei tenha como foco específico a defesa civil, é notório que o município que se adequar a estas determinações irá ter em suas

bases de dados informações de elevada relevância para poder gerir seu território em qualquer tema.

Ao observar as figuras 01 e 02, é nítida a correlação existente entre o que se determina do ponto de vista legal e os indicadores ambientais propostos, pois ao executar o que se estabelece pela legislação será fácil subsidiar o monitoramento urbano.

A conservação dos ambientes urbanos é essencial para a gestão de cidades sustentáveis. Ao preservar o patrimônio cultural, histórico e ambiental das cidades, contribui-se para a criação de um ambiente saudável e agradável para os moradores e visitantes, além de promover o turismo e a economia local. Uma cidade que valoriza suas áreas verdes, monumentos, edifícios históricos e espaços públicos é uma cidade que cuida do bem-estar de seus habitantes e investe em um futuro sustentável.

As “cidades inteligentes”, por sua vez, são aquelas pautadas pelas prioridades na utilização de tecnologias avançadas para aperfeiçoar o atendimento das demandas da população e, espera-se com isso, melhorar de algum modo a qualidade de vida de seus moradores e a eficiência de seus serviços públicos. Essas tecnologias podem ser aplicadas em diversas áreas, como transporte, segurança, iluminação pública, gestão de resíduos, entre outras. Ao utilizar soluções inovadoras para resolver problemas urbanos, as cidades também contribuem para a redução do impacto ambiental e para a promoção do desenvolvimento sustentável.

Portanto, as cidades devem observar com atenção, os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS). Pois incluem ações para combater a pobreza, promover a igualdade de gênero, garantir a saúde e o bem-estar das pessoas, reduzir as desigualdades sociais e econômicas, além de proteger o meio ambiente e a biodiversidade. As cidades que buscam atingir esses objetivos estão investindo em soluções sustentáveis para os problemas urbanos, como a utilização de energias renováveis, a melhoria da qualidade do ar e da água, a gestão inteligente dos resíduos e a promoção da mobilidade urbana sustentável. Dessa forma, as cidades podem se tornar um importante centro para a promoção do desenvolvimento sustentável em nível local e global.

## **Considerações finais**

No contexto em discussão, sugere-se abordar os desafios e potencialidades desencadeados pela política pública instituída pela lei 12.608/2012, mais que um mero instrumento jurídico, mais que uma norma ou diretriz e, sim, como uma importante oportunidade para a gestão urbana se firmar como parâmetro norteador, capaz de apresentar as abordagens integradoras necessárias para atendimento das demandas que já estão postas e que, indiscutivelmente, se avolumam em um cenário futuro de curto e médio prazo.

Neste sentido, não resta dúvida que o maior desafio seja resgatar

efetivamente a capacidade articuladora da ciência, na qual não cabem mais fragmentações por especialidades, quando se demandam interconexões, em um sistema complexo e dinâmico que exige respostas efetivamente articuladas.

O conjunto de indicadores propostos tem como finalidade apontar uma “espinha-dorsal”, para que as cidades possam estruturar suas demandas e atividades, de modo a proporcionar ao conjunto da paisagem um equilíbrio necessário a todos os seres vivos que interagem com os respectivos núcleos urbanos. Ou seja, é necessária uma abordagem menos antropocêntrica.

Portanto, olhar os núcleos urbanos, desde sua base de sustentação até as dinâmicas de poder e políticas, pode dar suporte para, efetivamente, termos cidades com a alcunha de “inteligentes”, pois não basta disponibilizar sinais de “wifi”, as sirenes para alertar a comunidade dos eventos extremos, se a população continuar vivendo em áreas de risco.

Desta forma, as cidades podem se concentrar mais em processos de adequação aos seus sítios locacionais, tendo como horizonte as probabilidades de mudanças globais e as demandas da sociedade, ou seja, “cidades inteligentes” serão aquelas que olharem para suas especificidades para o equilíbrio socioambiental.

## Referências

- Adewole, A. T., et al. (2020). Urban solid waste management in Africa: Status, challenges, and opportunities. *Journal of Environmental Management*, 264, 110422.
- Altman, M. (1998). Measuring government performance: Lessons from international indicators. *Public Administration Review*, 58(3), 194-200. doi: 10.2307/977279.
- Bell, M. L., et al. (2017). Ambient air pollution and health in Latin America: The role of exposure assessment. *Environmental Health Perspectives*, 125(8), 087003.
- Binet, A., & Simon, T. (1905). Methodes nouvelles pour le diagnostic du niveau intellectuel des anormaux [New methods for the diagnosis of the intellectual level of abnormal individuals]. *L'Année Psychologique*, 12, 191-244.
- Bora, E., & Pantelis, C. (2016). Meta-analysis of social cognition in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): Comparison with healthy controls and autistic spectrum disorder. *Psychological Medicine*, 46(4), 699-716.
- Brandão, J. M. (2009) Resiliência: de que se trata? o conceito e suas implicações. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas.
- Brandão, J. M.; Mahfoud, M.; Gianordoli-Nascimento, I. F. (2011). A construção do conceito de resiliência em psicologia: discutindo as origens. M.G. Belo Horizonte.
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of*



Urban Technology, 18(2), 65-82.

Carson, J. F., Whitney, B. S., Mayle, F. E., Iriarte, J., Prümers, H., Soto, J. D., & Watling, J. (2014). Environmental impact of geometric earthwork construction in pre-Columbian Amazonia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(29), 10497-10502.

Carson, R. (1962). *Silent spring*. Houghton Mifflin.

Clark, D. (2003). *Urban world/global city*. Psychology Press.

Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. (1987). *Our common future*. Oxford University Press.

Coningham, R., Gunawardhana, P., Manuel, M., Adikari, G., Katugampola, M., Young, R., ... & Batt, C. (2007). The state of theocracy: defining an early medieval hinterland in Sri Lanka. *antiquity*, 81(313), 699-719.

Dadvand, P., et al. (2015). Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(26), 7937-7942.

Darwin, C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: John Murray.

Diop, S., et al. (2020). Assessment of water quality index in West African urban rivers: A case study of Dakar City (Senegal). *Environmental Science and Pollution Research*, 27(8), 7972-7987.

Ellis E, Maslin M, Boivin N, et al. (2016) Involve social scientists in defining the Anthropocene. *Nature* 540:192–193.

Ellis EC (2011) Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Science* 369: 1010–1035.

Ellis EC (2015) Ecology in an anthropogenic biosphere. *Ecological Monographs* 85: 287–331.

Ellis EC and Haff PK (2009) Earth science in the Anthropocene: New epoch, new paradigm, new responsibilities. *EOS Transactions* 90: 473.

European Commission. (2005). *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902521/KS-RA-05-013-EN.PDF/2f3e930c-0e1b-47b4-b78e-dce1f2a2d777>.

Evans, D. H., Fletcher, R. J., Pottier, C., Chevance, J. B., Soutif, D., Tan, B. S., ... & Bornazian, G. (2013). Uncovering archaeological landscapes at Angkor using lidar. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(31), 12595-12600.

Ewen, S. (2016). *What is urban history?* John Wiley & Sons.

- Farias, A. R., Mingoti, R., Valle, L. D., Spadotto, C. A., & Lovisi Filho, E. (2017). Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil.
- Fletcher, R. (2009). Low-density, agrarian-based urbanism: A comparative view. *Insights*, 2(4), 1-19.
- Fletcher, R. (2011). Low-density, agrarian-based urbanism. *The comparative archaeology of complex societies*, 285.
- Frumkin, H., Frank, LD, & Jackson, RJ (2004). *Expansão urbana e saúde pública: projetando, planejando e construindo comunidades saudáveis*. Ilha Imprensa.
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. New York: Basic Books.
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N., & Meijers, E. (2007). *Smart cities: Ranking of European medium-sized cities*. Final report. Vienna University of Technology.
- Gong, Y., et al. (2020). Urban land use change and its effects on the carbon storage of urban forests in Beijing, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 48, 126582.
- Grimm, NB, Faeth, SH, Golubiewski, NE, Redman, CL, Wu, J., Bai, X., & Briggs, JM (2008). Mudança global e a ecologia das cidades. *Science*, 319(5864), 756-760.
- Heckenberger, M. J., Christian Russell, J., Toney, J. R., & Schmidt, M. J. (2007). The legacy of cultural landscapes in the Brazilian Amazon: implications for biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1478), 197-208.
- Heckenberger, M. J., Kuikuro, A., Kuikuro, U. T., Russell, J. C., Schmidt, M., Fausto, C., & Franchetto, B. (2003). Amazonia 1492: pristine forest or cultural parkland?. *Science*, 301(5640), 1710-1714.
- Heckenberger, M. J., Russell, J. C., Fausto, C., Toney, J. R., Schmidt, M. J., Pereira, E., ... & Kuikuro, A. (2008). Pre-Columbian urbanism, anthropogenic landscapes, and the future of the Amazon. *science*, 321(5893), 1214-1217.
- Hershberg, T. (1978). The new urban history: toward an interdisciplinary history of the city. *Journal of Urban History*, 5(1), 3-40.
- Ibrahim, G., et al. (2018). Carbon footprint of urban water cycle in a tropical city: A case study of Kano, Nigeria. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(10), 9981-9991.
- Johanson, D. C., & Edgar, B. (2006). *From Lucy to language: Revised, updated, and expanded*. Simon & Schuster.
- Lai, C. Y., et al. (2019). Urban energy consumption and CO2 emissions in Beijing: Current status and future outlook. *Energy Policy*, 125, 87-97.

- Lewin, R. (1997). *Bones of contention: Controversies in the search for human origins*. University of Chicago Press.
- Li, L., et al. (2020). Urban form, energy consumption, and CO2 emissions in Chinese megacities. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120431.
- Lilley, K. D. (2000). Mapping the medieval city: plan analysis and urban history. *Urban History*, 27(1), 5-30.
- Liu, Y., et al. (2020). Exploring the nexus between urbanization, energy consumption, and CO2 emissions: Evidence from a panel of BRICS countries. *Energy Reports*.
- Luck, M., et al. (2017). Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(30), 7575-7580.
- Malaspina, D., Harlap, S., Fennig, S., Heiman, D., Nahon, D., Feldman, D., . . . Susser, E. (2001). Advancing paternal age and the risk of schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 58(4), 361-367.
- Marique, A. F., et al. (2019). Exploring the relationship between public transport use and well-being in urban areas. *Journal of Transport Geography*, 74, 264-271.
- McDonnell, MJ, Pickett, STA, Groffman, P., Bohlen, P., Pouyat, RV, Zipperer, WC, ... & Hobbie, SE (1997). Processos ecossistêmicos ao longo de um gradiente urbano-rural. *Ecologia Urbana: Uma Perspectiva Internacional sobre a Interação entre Humanos e Natureza*, 125-148.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). *The limits to growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. Universe Books.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., & Giovannini, E. (2005). *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide*. Paris: OECD Publishing. doi: 10.1787/9789264013100-en
- OECD. (2008). *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. Retrieved from <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264043466-en.pdf?expires=1620083174&id=id&accname=guest&checksum=7612617BFFB2C2D3B9B8E27B7FED1576>
- Opitz, R. S., & Cowley, D. C. (Eds.). (2022). *Interpreting archaeological topography*. Oxbow books.
- Organização das Nações Unidas (ONU). (2021). *World Urbanization Prospects: The 2021 Revision*. <https://population.un.org/wup/>.
- Park, R. E., & Burgess, E. W. (2019). *The city*. University of Chicago Press.
- Pfister, S., et al. (2017). A comprehensive review of water footprint accounting. *Environmental Science and Technology*, 51(23), 13561-13578.

- Reps, J. W. (1965). *The making of urban America: a history of city planning in the United States*.
- Schellnhuber HJ (1999) 'Earth system' analysis and the second Copernican revolution. *Nature* 402: C19–C23
- Sorensen, A., & Okata, J. (2011). Introduction: Megacities, urban form, and sustainability. *Megacities: Urban form, governance, and sustainability*, 1-12.
- Spearman, C. (1904). "General intelligence," objectively determined and measured. *American Journal of Psychology*, 15(2), 201-292.
- Steffen W, Grinevald J, Crutzen P, et al. (2011) The Anthropocene: Conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 369: 842–867.
- Steffen W, Leinfelder R, Zalasiewicz J, et al. (2016) Stratigraphic and Earth system approaches to defining the Anthropocene. *Earth's Future* 4: 324–345.
- Steffen W, Sanderson A, Tyson P, et al. (2004) *Global Change and the Earth System: A Planet under Pressure*. Berlin: Springer.
- Sternberg, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. New York: Cambridge University Press.
- Stringer, C. B., & Andrews, P. (2005). *The complete world of human evolution*. Thames & Hudson.
- Thernstrom, S., & Sennett, R. (1969). *Nineteenth-century cities: essays in the new urban history*. Yale University Press.
- Thrift, N. (1993). An urban impasse? *Theory, Culture & Society*, 10(2), 229-238.
- Thurston, T. L., & Fisher, C. T. (2007). Seeking a richer harvest: an introduction to the archaeology of subsistence intensification, innovation, and change (pp. 1-21). Springer US.
- Timoshenko, S. P. (1953). *History of strength of materials: With a brief account of the history of theory of elasticity and theory of structures*. New York: McGraw-Hill.
- Tonne, C., et al. (2020). Urban green space and health: A review of evidence. In *Health Effects of the Urban Environment* (pp. 191-214). Springer.
- Tosepu, R., et al. (2020). Correlation between weather and Covid-19 pandemic in Jakarta, Indonesia. *Science of The Total Environment*, 725, 138436.
- United Nations. (2015). *Indicators for Sustainable Development Goals*. Retrieved from <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/>
- Wang, C., Engels, A., & Wang, Z. (2018). Overview of research on China's transition to low-carbon development: The role of cities, technologies, industries and the energy system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1350-1364.

- Waters CN, Zalasiewicz J, Summerhayes C, et al. (2016) The Anthropocene is functionally and stratigraphically.
- Wechsler, D. (1958). The measurement and appraisal of adult intelligence (4th ed.). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Widgren, M. (2016). Landesque Capital: The Historical Ecology of Enduring Landscape Modifications.
- World Health Organization. (2018). Environmental noise guidelines for the European Region.
- Yin, H., Kong, F., Hu, Y., James, P., Xu, F., & Yu, L. (2016). Assessing growth scenarios for their landscape ecological security impact using the SLEUTH urban growth model. *Journal of Urban Planning and Development*, 142(2), 05015006.
- Young KR (2015) Biogeography of the Anthropocene: Domestication. *Progress in Physical Geography* 40:161–174.
- Young, T. (1845). *A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts (Miscellaneous Papers, Reprinted with Corrections) (Vol. 1)*. Taylor and Walton.
- Zhang, Y., et al. (2019). A review on urban soil erosion processes and management. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(15), 15239-15250.
- Zhang, Y., et al. (2020). Spatial-temporal variations of urban soil heavy metal pollution and risk assessment: A case study in central Beijing, China. *Environmental Pollution*, 266(Pt 1), 115116.





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.

