

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ANGELO GUIMARÃES SIMÃO

AVALIAÇÃO INTEGRATIVA DE SUSTENTABILIDADE URBANA
UMA PROPOSTA DE ESTRUTURA CONCEITUAL

CURITIBA

2024

ANGELO GUIMARÃES SIMÃO

**AVALIAÇÃO INTEGRATIVA DE SUSTENTABILIDADE URBANA
UMA PROPOSTA DE ESTRUTURA CONCEITUAL**

Integrative Assessment of Urban Sustainability: A Conceptual Proposed Framework

Tese apresentada como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Ambiental Urbana da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof. Dr. Valdir Fernandes.

CURITIBA

2024



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



ANGELO GUIMARÃES SIMÃO

**AVALIAÇÃO INTEGRATIVA DE SUSTENTABILIDADE URBANA: UMA PROPOSTA DE
ESTRUTURA CONCEITUAL**

Trabalho de pesquisa de doutorado apresentado como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Sustentabilidade Ambiental Urbana.

Data de aprovação: 11 de Dezembro de 2024

Dr. Valdir Fernandes, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Cezar Augusto Romano, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Hans Michael Van Bellen, Doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina (Ufsc)

Dr. Mauricio Dziedzic, Doutorado - University Of Northern British Columbia (Unbc)

Dr. Rafael Kuster De Oliveira, Doutorado – Universidade Federal do Paraná (Ufpr)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 11/12/2024.

Dedico este trabalho às capacidades de resiliência e de perseverança de todas as formas de vida do Planeta Terra.

AGRADECIMENTOS

Uma tese de doutorado é sempre um trabalho feito à muitas mãos. Muitas vezes mãos invisíveis que não participam diretamente da produção da pesquisa, mas que criam todas as condições para que a pesquisa aconteça.

Agradeço a todos os autores que foram acessados para a realização desta pesquisa. Esse estudo somente foi possível em função de todo o conhecimento já produzido e compartilhado. Um agradecimento especial a Donella Meadows (in memoriam) e Robert Gibson pelas importantes contribuições para a pesquisa sobre sustentabilidade.

Ao meu orientador Prof. Valdir Fernandes pelo compartilhamento de vários momentos de sabedoria que contribuíram diretamente para a realização desta pesquisa.

Aos meus colegas da primeira turma do PPGSAU pela caminhada que iniciamos juntos e que contribuiu para a existência deste importante programa para toda a sociedade.

Aos meus colegas do grupo de pesquisa NIPAS pelas experiências compartilhadas dos vários desafios envolvidos para a produção científica no Brasil. Um agradecimento muito especial aos colegas Dayane Martins Salles e Rafael Kuster de Oliveira pelas experiências compartilhadas ao longo desta jornada de pesquisa.

Aos professores do programa pelo compartilhamento dos conhecimentos necessários para a realização deste trabalho de pesquisa.

Um agradecimento especial aos professores que integram essa banca pelas contribuições e considerações geradas durante a qualificação.

A todos os colaboradores do Ministério de Educação/CAPES e UTFPR por criarem e manterem o ambiente físico e virtual necessário para a realização das atividades do programa.

Agradeço também a toda minha família, aqui representada pela minha esposa Carla Adriane Fontana Simão e minha filha Carolina Fontana Simão, com quem compartilhei essa longa jornada de produção científica orientada para o nosso futuro comum.

Um agradecimento muito especial a minha Mãe Alcemira Guimarães Simão (in memoriam) que nos deixou no momento final desta jornada e que agora vive de forma permanente no meu coração.

Aos meus eternos cunhados Carlos Daniel Fontana (in memoriam) e Hildebrando Lacerda de Souza (in memoriam) que tão cedo nos deixaram ao longo desta nossa curta jornada no planeta Terra. Estaremos sempre por aqui olhando pelas duas pequenas sementes de futuro que vocês deixaram: Júlia e Murilo.

Dedico também esse trabalho a todas as pessoas que atuam como voluntários nas mais diferentes causas em prol de uma sociedade mais humana, justa e sustentável. É graças a vocês que conseguimos manter sempre acesa a esperança de um mundo melhor para todos nós.

“O mundo está na nossa mente, a qual está no nosso mundo”.

“O cérebro-mente ‘produz’ o mundo que produziu o cérebro-mente”.

“Nós produzimos a sociedade que nos produz”.

Edgar Morin (1998).

RESUMO

SIMÃO, A. G. **Avaliação Integrativa de Sustentabilidade Urbana: Uma Proposta de Estrutura Conceitual**. 2024. 162 f. Tese (Doutorado em Sustentabilidade Ambiental Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Ambiental Urbana, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2024.

No contexto dos objetivos de sustentabilidade, o ambiente urbano assume grande relevância. É onde vive a maior parte da população mundial e são gerados os impactos mais significativos. Como construção territorial social e econômica, a cidade resulta da interação dinâmica entre capital natural, social e construído, com fluxos de pessoas, materiais e energia, produzidos em seu âmbito e originários de outros territórios para manutenção de seus padrões de produção e consumo. Por isso, requer um sistema de governança e gestão pública cada vez mais baseado em instrumentos de informação consolidados, entre eles a avaliação integrativa de sustentabilidade urbana, foco desta tese. O objetivo geral da pesquisa foi propor uma estrutura conceitual para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana por meio da seleção e identificação de elementos estruturantes. Trata-se de uma pesquisa propositiva com objetivo de aplicação, elaborada a partir de dados documentais e bibliográficos. Como resultado, foi desenvolvida uma proposta conceitual de estrutura que integra diversos elementos a serem considerados em avaliações de sustentabilidade urbana que pode contribuir para a formulação e implementação de políticas públicas relacionadas ao tema. A proposta de estrutura conceitual desenvolvida contempla os seguintes elementos: visão; princípios de sustentabilidade; valores; limites planetários; capital natural, social e construído; escalas ou contextos espaciais (local, regional, estadual, nacional e global); fluxos de recursos inspirados pelo metabolismo urbano (fluxos de entrada e saída); ambiente, sistemas e subsistemas; variáveis de ambiente; indicadores/índices de sustentabilidade disponíveis; variáveis de monitoramento e fatores geradores de instabilidade. Por se tratar de uma proposta de estrutura conceitual aberta e flexível, possibilita a livre configuração de vários elementos, incluindo a definição de questões-chave sobre sustentabilidade e de pontos de alavancagem para permitir a definição de prioridades e a identificação de oportunidades para melhorias.

Palavras-chave: indicadores de sustentabilidade; índices de sustentabilidade; gestão urbana; políticas públicas.

ABSTRACT

SIMÃO, A. G. **Integrative Assessment of Urban Sustainability: A Conceptual Proposed Framework.** 2024. 162 p. Thesis (Doctorate in Urban Environmental Sustainability) – Postgraduate Program in Urban Environmental Sustainability, Federal Technological University of Paraná, Curitiba, 2024.

In the context of the goals for sustainability, the urban environment is of great relevance. It is where most of the world's population lives, and the most significant impacts are generated. As a social and economic territorial construction, the city results from the dynamic interaction between natural, social, and built capital, with flows of people, materials, and energy produced within its scope and originating from other territories to maintain its production and consumption patterns. For this reason, it requires a system of governance and public management, increasingly based on consolidated information instruments, including the integrative assessment of urban sustainability, which is the focus of this thesis. The aim was to propose a conceptual framework for the integrative assessment of urban sustainability by selecting and identifying structuring elements. This is a purposeful research with the objective of application based on documentary and bibliographic data. As a result, a framework was developed that integrates several structuring elements to be considered in urban sustainability assessments, aiming to contribute to formulating public policies. The structure developed, based on the state of the art of the subject, includes the following elements: vision; sustainability principles; values; planetary boundaries; natural, social, and built capital; spatial scales or contexts (local, regional, state, national, and global); resource flows inspired by urban metabolism (input and output flows); environment, systems and subsystems; environmental variables; available sustainability indicators/indexes; monitoring variables and factors generating instability. As it is an open and flexible conceptual framework proposal, it allows for the free configuration of several elements, including the definition of key sustainability issues and leverage points, to enable the definition of priorities and the identification of opportunities for improvements.

Keywords: sustainability indicators; sustainability indices; urban management; public policy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Composição de imagens de satélite do planeta terra no período noturno (2000)	20
Figura 2 - Áreas desmatadas no bioma Amazônia (2022).....	21
Figura 3 - Linha do tempo do desenvolvimento sustentável	22
Figura 4 - Previsão de crescimento da população mundial (1950-2100)	27
Figura 5 - Projeção do aumento de temperatura na terra.....	28
Figura 6 - Mudança na temperatura da superfície global (1850-2020)	29
Figura 7 - Pirâmide de informações	32
Figura 8 - Dimensões para categorização de representações e aplicativos de gerenciamento .	33
Figura 9 - Representações de gestão e abordagens em contexto	34
Figura 10 - Proposta conceitual de estrutura para avaliação do desenvolvimento sustentável	39
Figura 11 - Proporção das populações rural e urbana no mundo (1950-2050)	40
Figura 12 - Projeção das populações urbanas globais (2030)	41
Figura 13 - Evolução dos quatro conceitos-chave.....	46
Figura 14 - Mapeamento das posições relativas dos quatro conceitos em relação a sistemas socioecológicos e sistemas sociotécnicos.....	47
Figura 15 - Temas de pesquisa em sustentabilidade urbana – quarto período (2016-2020)	55
Figura 16 - Representações integradas das dimensões de sustentabilidade	70
Figura 17 - Triângulo de metas conflitantes para o planejamento	73
Figura 18 - Sustentabilidade com um processo recursivo e multinível.....	77
Figura 19 - Representação de um sistema e partes integrantes	79
Figura 20 - Proposta metodológica – caracterização da pesquisa	81
Figura 21 - Caracterização dos objetivos versus etapas da pesquisa.....	84
Figura 22 - Painel interativo do mapa de revisão de literatura – publicações identificadas.....	86
Figura 23 - Painel interativo do mapa de revisão de literatura – publicações revisadas	86
Figura 24 - Categorias de análise da pesquisa qualitativa	88
Figura 25 - Painel interativo de revisão de literatura.....	93
Figura 26 - Distribuição da produção científica da segunda fase de revisão de literatura (por ano)	94
Figura 27 - Classificação das publicações científicas	95
Figura 28 - Macro temas relacionados a sustentabilidade urbana	96
Figura 29 - Painel interativo de índices e estruturas.....	99
Figura 30 - Painel interativo de indicadores	100
Figura 31 - Painel interativo de unidades de análise	104

Figura 32 - Proposta de estrutura conceitual para a avaliação integrativa de sustentabilidade urbana	108
Figura 33 - Incorporação da abordagem dos capitais natural, social e construído	112
Figura 34 - Incorporação da proposta de visão na estrutura.....	114
Figura 35 - Incorporação dos limites planetários na estrutura.....	115
Figura 36 - Incorporação da abordagem multiescala.....	115
Figura 37 - Variáveis de ambiente.....	116
Figura 38 - Indicadores/índices de sustentabilidade disponíveis.....	118
Figura 39 - Incorporação da abordagem de metabolismo urbano	119
Figura 40 - Incorporação da abordagem de ambiente, sistema e subsistemas	121
Figura 41 - Questões sobre sustentabilidade e pontos de alavancagem	124
Figura 42 - Variáveis de monitoramento e fatores geradores de instabilidade	125
Figura 43 - Proposta de lentes ou visões para sistemas e subsistemas	126
Figura 44 - Configuração das lentes ou visões dos sistemas e subsistemas	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipologia de indicadores de sustentabilidade.....	35
Quadro 2 - Marcos históricos da urbanização sustentável	44
Quadro 3 - Definições de sustentabilidade urbana	48
Quadro 4 - Evoluções do campo de pesquisa avaliação de sustentabilidade urbana (1991-2020).....	54
Quadro 5 - Métodos de avaliação de sustentabilidade	56
Quadro 6 - Métodos de avaliação de sustentabilidade urbana (2001-2017).....	56
Quadro 7 - Categorias temáticas utilizadas em estruturas.....	60
Quadro 8 - Categorias temáticas e indicadores mais utilizados	61
Quadro 9 - Relação integrada das estruturas comuns a dois ou três estudos.....	63
Quadro 10 - Objetivos do RFSC para o desenvolvimento sustentável das cidades	64
Quadro 11 - Componentes-chave para a concepção de avaliações de sustentabilidade.....	73
Quadro 12 - Critérios genéricos integrativos para avaliações de sustentabilidade.....	74
Quadro 13 - Novos campos criados para a avaliação de dados das publicações.....	92
Quadro 14 - Distribuição das publicações por tipo de avaliação de sustentabilidade.....	98
Quadro 15 - Recortes de revisão das publicações selecionadas e revisadas	102
Quadro 16 - Elementos estruturantes selecionados para a elaboração da estrutura	105
Quadro 17 - Variáveis de ambiente do município de Curitiba	117
Quadro 18 - Indicadores/índices de sustentabilidade disponíveis para o município de Curitiba	118
Quadro 19 - Metabolismo urbano do município de Curitiba (2000-2010).....	119
Quadro 20 - Sugestão de questões-chave e dados para definição de indicadores e informações	123
Quadro 21 - Categorias específicas para a configuração de lentes ou visões de subsistemas	127

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Objetivos	18
1.1.1. Objetivo Geral	18
1.1.2. Objetivos Específicos	18
1.2. Justificativa	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1. Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade	20
2.2. Indicadores, Índices e Estruturas de Sustentabilidade	30
2.3. Sustentabilidade Urbana	40
2.4. Avaliação de Sustentabilidade Urbana	53
2.5. Avaliação Integrativa de Sustentabilidade Urbana	69
3. METODOLOGIA	81
3.1. Caracterização da Pesquisa	81
3.2. Revisão Integrativa de Literatura	82
3.3. Método de Análise Qualitativa	87
4. RESULTADOS DA PESQUISA	90
4.1. Identificação e Avaliação de Referenciais Teóricos (Objetivos 1 e 2)	90
4.2. Identificação e Seleção de Elementos Estruturantes (Objetivo 3 e 4)	101
4.3. Proposição da Estrutura Conceitual para a Avaliação Integrativa de Sustentabilidade Urbana (Objetivo Geral)	107
5. CONCLUSÕES	131
5.1. Limitações e Considerações para Pesquisas Futuras	135
REFERÊNCIAS	137
APÊNDICE A – FIGURAS DA PROPOSTA DE ESTRUTURA CONCEITUAL PARA A AVALIAÇÃO INTEGRATIVA DE SUSTENTABILIDADE URBANA	151

1. INTRODUÇÃO

As cidades e o seu desenvolvimento representam alguns dos maiores desafios do século XXI. As questões ambientais nas cidades estão associadas com desafios sociais e econômicos para garantir a qualidade de vida necessária e a igualdade de oportunidades para todos os habitantes (Michalina *et al.*, 2021).

Dados apontados por diferentes estudos indicam que os centros urbanos respondem por cerca de 70% do consumo global de energia; produzem cerca de 80% das emissões de gases do efeito estufa; consomem 80% dos recursos globais e geram a maior parte dos resíduos globais, ocupando de 3 a 4% da superfície terrestre (Spiliotopoulou; Roseland, 2020; Yang; Lee; Hu, 2016).

Com o avanço da urbanização as cidades e seus arredores constituem um componente importante para o desafio global da sustentabilidade (Merino-Saum *et al.*, 2021). Com a expectativa de quase 70% da população mundial passar a viver nas cidades até 2050, a avaliação de sustentabilidade dos sistemas urbanos tornar-se cada vez mais relevante (Marvuglia *et al.*, 2020; Our World in Data, 2023).

A centralidade das cidades nesse desafio é amplamente reconhecida. Inúmeras iniciativas estão sendo desenvolvidas em todo o mundo para monitorar e comparar o desempenho de sustentabilidade de áreas urbanas, porém a crescente abundância de indicadores, que em certa medida correspondem à própria complexidade dos diversos aspectos envolvidos, torna difícil compreender o que realmente é relevante na sustentabilidade urbana (Merino-Saum *et al.*, 2021).

A importância das questões urbanas também tem sido expressa desde as Conferências das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos, denominadas Habitat I (1976) e Habitat II (2006). Nesses eventos, governos nacionais passaram a perceber a magnitude e as ramificações da rápida urbanização com os problemas sociais (Espey; Parnell; Revi, 2023; Fernandes *et al.*, 2021; Spiliotopoulou; Roseland, 2020).

Da mesma forma, a importância das cidades para alcançar a sustentabilidade tem sido reconhecida desde a publicação do Relatório Brundtland em 1987 e da realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro em 1992. Desde então, a busca pela sustentabilidade urbana foi transformada em uma prioridade na agenda de cientistas e formuladores de políticas, passando a ser abordada nos principais relatórios e estruturas políticas internacionais (MMA, 2023; Sharifi, 2021).

Ao longo dos anos 2000 surgiram iniciativas como as “Cidades Sustentáveis” e o conceito de “*Smart Cities*”, que buscam integrar tecnologia e sustentabilidade (Sott, 2023; Zou; Zhao, 2023). Nesse período, diversos cientistas desenvolveram trabalhos relevantes que ajudaram a moldar as discussões em torno das cidades. Dentre muitos outros, encontram-se os trabalhos de Gehl (2013), que focou na importância dos espaços públicos e na mobilidade urbana no contexto da escala humana, e de Florida (2005), que tratou sobre a relação entre criatividade e desenvolvimento urbano. Em 2012 a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio +20) destacou as cidades como uma das principais áreas temáticas a serem priorizadas para a transição para o desenvolvimento sustentável (Sharifi, 2021).

No período que antecedeu 2015, ano de lançamento da Agenda 2030, houve o reconhecimento do papel central dos governos subnacionais e da política urbana. Por meio de uma ampla articulação, organizações e representantes de governos locais conseguiram promover a criação do “ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis” com a definição de metas e indicadores (Espey; Parnell; Revi, 2023).

Em 2016, durante a Conferência Habitat III, 167 países participantes elaboraram o documento “Nova Agenda Urbana” como uma diretriz global para o desenvolvimento urbano (Merino-Saum *et al.*, 2021; Salles *et al.*, 2024). No documento foram articulados cinco elementos inovadores que fortaleceram as prioridades estabelecidas nos ODS: o direito à cidade¹, foco na equidade, ecologia urbana e resiliência, planejamento urbano nacional (incluindo políticas urbanas nacionais) e quadro regulamentar de apoio (Espey; Parnell; Revi, 2023).

Ao longo da realização de todos esses eventos, os governos subnacionais e as cidades passaram a emergir como atores significativos por meio da participação em redes de cidades como o C40 Cities e o ICLEI (Governos Locais pela Sustentabilidade). Essas redes contribuíram ao longo do percurso para a difusão de políticas internacionais para a sustentabilidade urbana (Merino-Saum *et al.*, 2021).

Nos anos recentes, o enfoque tem sido na resiliência urbana, diante das mudanças climáticas, e na busca por uma urbanização que considere a equidade social (Romano *et al.*, 2023; Sotto *et al.*, 2019). A importância dos centros urbanos para o contexto da sustentabilidade

¹ O Direito à Cidade não é um conceito novo, tendo sido articulado pela primeira vez pelo sociólogo Henri Lefebvre em 1968. Lefebvre descreveu-o como uma tentativa de recuperar a cidade como um espaço cocriado; criar um habitat para as pessoas e a vida, promovendo as interações sociais e a cultura, em vez de promover os interesses do mercado e a mercantilização. O conceito foi concretizado no Brasil pela lei federal 10.257/2001 que estabeleceu o Estatuto da Cidade (Espey; Parnell; Revi, 2023).

global também é caracterizada pelo reconhecimento de que a pegada ecológica das cidades se estende para além das suas fronteiras, podendo comprometer limites planetários, uma vez que a base de recursos necessários se encontra fora do local de consumo, fazendo com que as consequências biofísicas da urbanização rápida e descontrolada sejam sentidas em outros lugares (Verma; Raghubanshi, 2018, Goodwin *et al.*, 2021).

Contrariando a própria proposta de avaliação de sustentabilidade urbana, as cidades, em sua maioria, não estão medindo os seus impactos transfronteiriços ou relacionados aos limites planetários (Goodwin *et al.*, 2021). Nesse cenário a urbanização se torna uma das questões mais importantes que define a relação humana com os ecossistemas, na qual “medir o progresso em direção ao desenvolvimento urbano sustentável ou insustentável requer quantificação com a ajuda de indicadores de sustentabilidade adequados” (Verma; Raghubanshi, 2018, p.1, tradução própria).

A formulação de métodos claramente articulados para avaliar e relatar a sustentabilidade urbana é um pré-requisito em qualquer tentativa de buscar o desenvolvimento urbano sustentável e os indicadores desempenham um papel vital nisso (Hiremath *et al.*, 2013).

O desenvolvimento e o uso de estruturas² para avaliação de sustentabilidade urbana são considerados essenciais para enfrentar o esgotamento severo dos recursos naturais, o aumento do uso de energia e as emissões de gases de efeito estufa associadas a cidades e conurbações (Ameen; Mourshed, 2019).

Com base nessas considerações preliminares, o tema deste estudo se insere no contexto de complexidade e de desafios ainda existentes para avaliação de sustentabilidade urbana. Parte-se da premissa de que as inúmeras iniciativas já desenvolvidas contribuem com importantes elementos estruturantes que podem ser aplicados na construção de uma proposta síntese de estrutura para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana.

Na revisão de literatura realizada foi identificada a existência de diversas iniciativas para avaliação de sustentabilidade urbana envolvendo diferentes áreas temáticas e partes interessadas. Essa situação confirmou o campo de pesquisa como sendo de natureza multi e interdisciplinar, o qual necessita ser operado de forma integrada a partir do envolvimento de

² Os termos “estrutura” e “quadro” correspondem a tradução do termo “*framework*”, oriundo do idioma inglês e amplamente aplicado no Brasil como sinônimo dos referidos termos. Esse estudo adota como padrão o termo “estrutura” por considerá-lo mais adequado para o contexto das explanações realizadas. Shehabuddeen *et al.* (1999) apresentam em seu estudo sobre a representação de questões complexas de gestão, definições relacionadas a sistemas, estruturas ou quadros (*frameworks*), mapas e modelos. Para a definição de “*frameworks*” consideram que seria algo “que apoia a compreensão e a comunicação da estrutura e do relacionamento dentro de um sistema para um propósito definido” Shehabuddeen *et al.* (1999, p.2, tradução própria).

diferentes competências. As iniciativas identificadas são aplicadas em diferentes escalas e contextos envolvendo diferentes espaços territoriais, situação que torna as pesquisas sobre o tema ainda mais desafiantes e complexas.

Somam-se a essas questões, diversas limitações e desafios que precisam ser superados para a efetiva avaliação de sustentabilidade urbana, dentre eles a disponibilidade de dados para a realização de análises mais completas e a baixa aplicação de abordagens sistêmicas para reconhecimento e tratamento das complexas relações estabelecidas entre os diversos elementos que compõem um território analisado.

Dentre as propostas mais conhecidas em nível global estão as iniciativas do Quadro de Referência para Cidades Sustentáveis (RFSC) desenvolvido pela Comunidade Europeia, os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) promovidos pela ONU, com destaque para o “ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis” e as recentes certificações de cidades sustentáveis desenvolvidas por organizações internacionais como a *International Organization for Standardization* (ISO).

Uma busca pela literatura científica indexada nas principais bases revela a existência de uma infinidade de iniciativas para avaliação de sustentabilidade em diferentes escalas (cidade, edifícios, bairros, comunidades, etc.) e em diferentes contextos, boa parte delas orientadas pelas dimensões tradicionais de sustentabilidade (ambiental, social e econômico) com algumas variações incluindo as dimensões institucional ou de governança, cultural ou temáticas específicas como saúde, educação, trabalho, entre outros.

Boa parte das avaliações de sustentabilidade urbana é centrada na abordagem de tratamento de dados por categorias ou dimensões, considerada por diversos especialistas (Michalina *et al.*, 2021; Goodwin *et al.*, 2021; Gavalda; Gibbs; Eicker, 2023) como um fator limitante para o reconhecimento das complexas relações de interdependência existentes entre os diversos elementos que integram a realidade das cidades. Este estudo segue uma proposta orientada pela visão holística e pela abordagem de sistemas abertos complexos.

Visando sintetizar e aproveitar os diversos conhecimentos desenvolvidos e ainda não integrados, o objetivo desta pesquisa foi criar uma representação gráfica a partir de elementos estruturantes reunidos em uma única estrutura, buscando caracterizar diferentes virtudes e características de trabalhos de pesquisa anteriores por meio da elaboração de uma proposta síntese como resposta para o seguinte problema de pesquisa:

Quais elementos estruturantes são necessários para compor uma estrutura conceitual para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana?

Esse problema de pesquisa se originou do pressuposto de que a avaliação da sustentabilidade urbana carece de abordagens conceituais e sistêmicas que possibilitem o estabelecimento de uma visão holística e ampliada sobre a avaliação da sustentabilidade em ambientes urbanos.

Como hipótese de resposta para a problema de pesquisa, este estudo considera ser possível preencher essa lacuna por meio do desenvolvimento e proposição de uma estrutura conceitual elaborada a partir de abordagens teóricas que já se encontram disponíveis e que podem ser trabalhadas de forma integrada para permitir a realização de avaliações de sustentabilidade urbana de forma mais ampla e completa. Acredita-se também que essa proposta de estrutura conceitual possa servir para inspirar a realização de novas iniciativas voltadas para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana bem como para o desenvolvimento de soluções tecnológicas que possibilitem a integração de indicadores e de informações já disponíveis nos diferentes sistemas que integram uma cidade.

Para a concepção inicial da estrutura foram adotadas como ponto de partida as relações de interdependência existentes entre os capitais natural, social e construído presentes em Meadows (1998) e adotadas como principal referência para o desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa realizados pelo Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa em Avaliação de Sustentabilidade (NIPAS)³. Nesse contexto de pesquisa o ambiente urbano é entendido como uma construção territorial, social e econômica, com fluxos de pessoas, materiais e energia, produzidos internamente e oriundos de outros territórios para a manutenção dos seus padrões de produção e consumo orientados para o atingimento do bem-estar.

Como parte da solução encontrada a partir da realização de uma revisão integrativa de literatura orientada pelas definições de Whitemore e Knafl (2005) e Torracio (2005), foram incorporados na estrutura elementos oriundos da proposta de avaliação integrativa de sustentabilidade sugerida por Gibson (2006a), acompanhados das contribuições de outros pesquisadores identificados durante a realização da pesquisa.

A pesquisa também adotou como premissa, o entendimento das cidades como sistemas humano-ambientais adaptativos complexos que coevoluem e que são heterogêneas. Durante a pesquisa também foi assumido o entendimento de que a trajetória dinâmica das cidades nunca pode ser totalmente prevista ou controlada, mas pode e deve ser influenciada ou orientada em

³ O Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa em Avaliação de Sustentabilidade (NIPAS) visa contribuir para análise e avaliação de processos de desenvolvimento a luz da perspectiva de sustentabilidade que possam fornecer às instâncias de decisão da sociedade informações, indicadores, produtos e serviços direcionados à avaliação de sustentabilidade do desenvolvimento.

direções mais desejáveis por meio de atividades de planejamento e *design* baseadas no conhecimento ecológico urbano e princípios de sustentabilidade (Wu, 2014).

1.1. Objetivos

Nesse tópico são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos estabelecidos para a realização da pesquisa.

1.1.1. Objetivo Geral

- Propor uma estrutura conceitual para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Identificar referenciais teóricos relacionados aos temas desenvolvimento sustentável e sustentabilidade; sustentabilidade urbana; indicadores, índices e estruturas de sustentabilidade; e avaliação de sustentabilidade urbana;
- Avaliar os referenciais teóricos relacionados aos temas desenvolvimento sustentável e sustentabilidade; sustentabilidade urbana; indicadores, índices e estruturas de sustentabilidade; e avaliação de sustentabilidade urbana;
- Identificar elementos estruturantes oriundos dos referenciais teóricos avaliados que se aplicam para o desenvolvimento de uma estrutura conceitual para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana;
- Selecionar elementos estruturantes necessários para a composição de uma estrutura conceitual para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana.

1.2. Justificativa

Essa pesquisa é associada ao Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa em Avaliação de Sustentabilidade (NIPAS) e ao projeto de aderência “Sistemas Informacionais para Sustentabilidade Urbana”, que integra a Linha de Pesquisa “Instrumentos de Gestão para a

Sustentabilidade” do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Ambiental Urbana (PPGSAU) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

O programa apoia-se em dois grandes eixos temáticos, Sustentabilidade e Ambiente Urbano, cuja intersecção demanda diversidade de competências e atuação interdisciplinar.

Essa pesquisa busca gerar contribuições para a avaliação de sustentabilidade das cidades por meio do desenvolvimento e proposição de uma estrutura conceitual para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana.

A partir dos resultados obtidos por esta pesquisa acredita-se que a avaliação integrativa de sustentabilidade urbana possa gerar vários benefícios, dentre eles a possibilidade de proposição e de implementação de políticas públicas inteligentes e inovadoras orientadas para promover iniciativas de sustentabilidade que sejam capazes de gerar resultados simultâneos nas dimensões econômica, social e ambiental. Sharifi (2021) acreditam que a avaliação possibilita que planejadores e formuladores de políticas acompanhem o progresso em direção ao cumprimento das metas, melhorando a transparência e a responsabilidade, aumentando a conscientização, simplificando os processos de aprovação de propostas de desenvolvimento e facilitando tomada de decisão mais bem informada.

Os resultados produzidos pela pesquisa visam também gerar contribuições para comunidade científica por meio da oferta de uma estrutura conceitual que possa ser utilizada para o estabelecimento de melhores entendimentos sobre os desafios e as diferentes realidades dos centros urbanos em relação às suas respectivas condições de sustentabilidade. Sua contribuição teórica é fortalecer a proposta e a importância da integração na elaboração de estudos interdisciplinares e transdisciplinares por meio da utilização e cruzamento de diferentes fontes de conhecimento.

A proposta de estrutura conceitual apresentada é aberta e flexível. Está disponível para ser adaptada e aperfeiçoada, visando ampliar as possibilidades de sua aplicação em diferentes situações e contextos, incluindo tecnológicos. Do ponto de vista prático espera-se que a estrutura possa gerar contribuições efetivas para uma maior incorporação, pela sociedade, dos conhecimentos sobre sustentabilidade produzidos pelos meios científicos.

Do ponto de vista de benefícios para a sociedade, essa pesquisa visa oferecer informações qualificadas e uma proposta de estrutura que contribua para a gestão e para a formulação de políticas públicas orientadas para a promoção integrativa de sustentabilidade urbana, visando gerar maior bem-estar entre todas as formas de vida existentes no Planeta.

2. REVISÃO DE LITERATURA

No capítulo 2 serão apresentados os principais conceitos e debates sobre os temas que fundamentam a pesquisa, abrangendo o desenvolvimento sustentável e sustentabilidade; indicadores, índices e estruturas de sustentabilidade; sustentabilidade urbana; avaliação de sustentabilidade urbana e avaliação integrativa de sustentabilidade urbana.

2.1. Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade

A história do planeta Terra é marcada por profundas transformações geradas pela intensificação das atividades humanas realizadas ao longo de séculos de ocupação e de exploração dos ambientes naturais. A ideia de “encolhimento da Terra” concebida por Worster (2016), onde a abundância dos ambientes naturais gera o espaço para a escassez, se faz cada vez mais evidente e presente no contexto da sociedade contemporânea. Este cenário remete a condição de superexploração de recursos naturais presente nas discussões em torno da Tragédia dos Comuns originalmente apresentada por Hardin (1968).

Essa condição de ocupação e de exploração dos ambientes naturais pode ser caracterizada por meio da imagem gerada pelo Programa de Satélites Meteorológicos de Defesa do Departamento de Defesa dos Estados Unidos a partir da composição de centenas de fotos feitas por satélites em órbita, apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Composição de imagens de satélite do planeta terra no período noturno (2000)



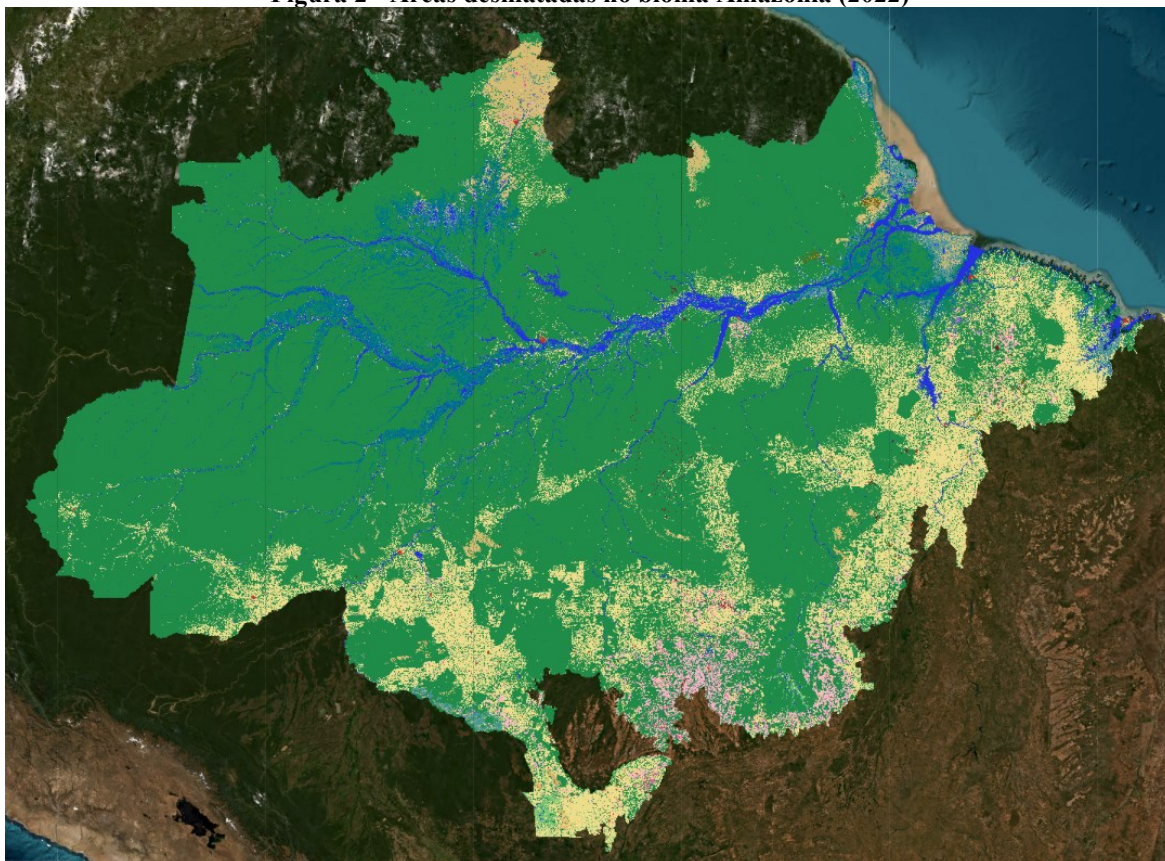
Fonte: National Aeronautics and Space Administration (2019).

A partir da composição integrada das imagens de satélite é possível constatar o processo de ocupação do planeta Terra. Nos locais ocupados, a exemplo dos centros urbanos e de extensas áreas rurais, o ambiente natural cedeu espaço para o ambiente construído. Como é possível constatar na imagem a partir da iluminação urbana, o processo de ocupação também foi acompanhado por crescentes demandas de produção de energia e de consumo de recursos naturais associadas a processos de intensificação das atividades antrópicas desenvolvidas no planeta.

A imagem gerada para o Bioma Amazônia pelo Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MAPBIOMAS) apresentada na Figura 2 revela um quadro de exploração e de degradação do ambiente natural que se assemelha a um processo de corrosão, situação similar à de outros biomas brasileiros e que também ocorre em outras florestas tropicais ao redor do mundo conforme estudo desenvolvido por Chomitz (2007).

A degradação do Bioma Amazônia, que antes ocorria de forma prioritária pelas bordas da floresta, passou a ser realizada de forma aleatória e simultânea em diferentes locais servidos por acessos aéreo, fluvial ou rodoviário, os quais possibilitaram a ocupação e a viabilização de atividades de exploração primária, muitas vezes realizadas de forma ilegal.

Figura 2 - Áreas desmatadas no bioma Amazônia (2022)

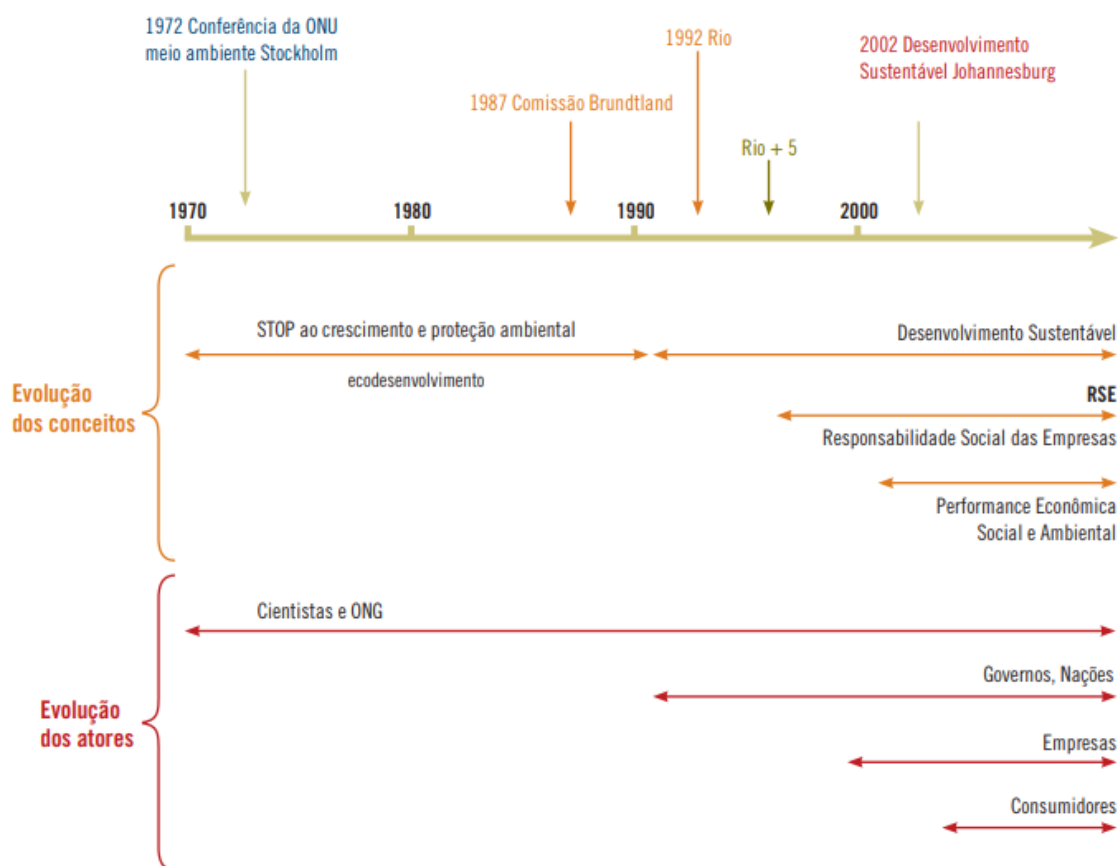


Fonte: MAPBIOMAS (2024).

As evidências da degradação ambiental planetária foram amplamente registradas e documentadas em diferentes épocas e de diferentes formas por ambientalistas e por representantes da comunidade científica. O ano de 2022 marcou os 60 anos da publicação do livro *Primavera Silenciosa*, escrito por bióloga marinha, escritora, cientista e ecologista norte-americana Rachel Carson (1962). De acordo com Colborn, Dumanoski e Myers (2002, p. 31) Carson, por meio de sua publicação, “incentivou o início do movimento ambientalista durante o pós-guerra, detalhando graficamente o estrago feito pelo uso leviano de pesticidas e agrotóxicos sintéticos”.

Desde o alerta emitido por Carson (1962), as seis décadas que demarcam o fim do século XX e o início do século XXI foram utilizadas para a realização de diversas plenárias globais relacionadas às questões ambientais, servindo para a promoção da evolução dos conceitos relacionados a sustentabilidade bem como para a ampliação do alcance dos debates em relação aos diferentes tipos de atores, conforme caracterizado na linha do tempo do desenvolvimento sustentável apresentada na Figura 3:

Figura 3 - Linha do tempo do desenvolvimento sustentável



Fonte: Louette (2007).

Além das evidências relacionadas a degradação ambiental, surgiram também evidências associadas a questões econômicas e sociais. De acordo com Philippi Jr *et al.* (2013), a maior preocupação com o desenvolvimento sustentável observada na década de 1970 foi influenciada pela crise do petróleo, situação que contribuiu para a geração da percepção pela sociedade de que os recursos naturais, entendidos como abundantes e inesgotáveis, eram na realidade finitos. Segundo os autores, esta crise econômica afetou vários países, originando questionamentos a respeito dos modelos de desenvolvimento adotados.

A crise econômica mundial associada aos crescentes debates sobre os riscos da degradação do meio ambiente que ganharam densidade na década de 1970, provocaram a realização, em 1972, da Conferência do Meio Ambiente da ONU em Estocolmo, considerada o primeiro encontro internacional dedicado para a discussão dos problemas ambientais e da relação entre desenvolvimento e meio ambiente (Brüseke, 1993).

Durante a conferência foi estabelecida a proposta de ecodesenvolvimento como forma de contrapor a ideia de existência de conflitos de escolha entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental (Godoy, 2007). No encontro também foi estabelecido um acordo histórico que teve como um dos seus principais desdobramentos a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) (ONU, 2019a).

Ainda no mesmo ano, em 1972, Dennis L. Meadows e um grupo de pesquisadores publicam o histórico relatório denominado “Limites do Crescimento”, resultado dos debates estabelecidos pelo Clube de Roma em relação aos riscos da degradação do meio ambiente (Brüseke, 1993). Segundo o autor, o estudo apontou que os limites de crescimento no planeta seriam atingidos em algum momento nos próximos cem anos se fossem mantidas as trajetórias de crescimento da população mundial e de industrialização, poluição, produção de alimentos associadas com a diminuição de recursos naturais. Como alternativa, segundo Brüseke (1993, p.5), no relatório os pesquisadores “propõem o congelamento do crescimento da população global e do capital industrial; mostram a realidade dos recursos limitados e rediscutem a velha tese de Malthus do perigo do crescimento desenfreado da população mundial”.

De acordo com Brüseke (1993, p. 5):

Foi o canadense Maurice Strong que usou em 1973 pela primeira vez o conceito ecodesenvolvimento para caracterizar uma concepção alternativa de política do desenvolvimento. Ignacy Sachs formulou os princípios básicos desta nova visão do desenvolvimento. Ela integrou basicamente seis aspectos que deveriam guiar os caminhos do desenvolvimento: a.) a satisfação das necessidades básicas, b.) a solidariedade com as gerações futuras, c.) a participação da população envolvida, d.) a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente em geral, e.) a elaboração de um sistema social garantindo emprego, segurança social e respeito a outras culturas, e f.) programas de educação.

Em 1987 surge o conceito que serviria de base para uma nova proposta ao modelo de desenvolvimento vigente. A Comissão Brundtland atribuiu a essa nova proposta o nome de Desenvolvimento Sustentável, definindo como aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações poderem satisfazer suas próprias necessidades. A proposta parte de uma visão complexa das causas dos problemas socioeconômicos e ecológicos da sociedade global, caracterizando a interligação entre economia, tecnologia, sociedade e política, além de propor uma nova postura ética a partir de um compromisso intergeracional com a conservação do planeta (Brüseke, 1993; Fernandes *et al.*, 2021).

Esse conceito, que passou a servir de base para boa parte dos debates realizados ao longo das últimas três décadas, ainda hoje permanece como uma das principais referências no debate sobre a sustentabilidade. Philippi Jr *et al.* (2013, p. 512) consideram que:

O surgimento da expressão desenvolvimento sustentável está atrelado ao despertar humano quanto ao limite dos recursos naturais disponíveis no planeta Terra, assegurando o acesso às condições básicas de saúde e educação e o respeito aos costumes, às tradições e à legitimidade das instituições, dentro de uma perspectiva de interligação em redes de caráter local, regional, nacional e internacional.

As amplas recomendações da Comissão Brundtland levaram à realização, em 1992, da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, também conhecida como Eco-92, Cúpula da Terra ou Rio 92. A Conferência contribuiu para reconhecimento da importância da relação entre o meio ambiente e o desenvolvimento, e da necessidade imperativa da promoção do desenvolvimento sustentável. Por meio da Agenda 21, os governos delinearam um programa detalhado do atual modelo insustentável de crescimento econômico, incluindo questões relacionadas a pobreza e a dívida externa dos países em desenvolvimento. O evento propiciou a elaboração de três Convenções Mundiais (biodiversidade, desertificação e mudanças climáticas); da Declaração de Princípios sobre Florestas; da Declaração do Rio sobre Ambiente e Desenvolvimento; da Carta da Terra (texto final aprovado em 2000) e da Agenda 21. A iniciativa é considerada um marco inicial, uma tentativa de trabalhar as questões do desenvolvimento sustentável em escala global por meio do envolvimento de autoridades subnacionais e da caracterização da importância dos indicadores do desenvolvimento sustentável para as tomadas de decisão com compartilhamento de informações para todos os níveis (MMA, 2023; ONU, 1992; ONU, 2019a).

Na virada do século surgiram novas iniciativas voltadas para promover e mensurar o desenvolvimento em escala global. No ano 2000 foi realizada a Cúpula do Milênio das Nações Unidas, momento que surgiram os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), por meio

da Declaração do Milênio das Nações Unidas, assinada pelos 191 estados membros (Kniess, 2022). A iniciativa consistiu em um esforço internacional para alcançar desenvolvimento em setores e temas como: meio ambiente, direitos humanos e das mulheres, igualdade social e racial por meio do estabelecimento de 8 objetivos e 21 metas mensurados e comparados entre os países por meio de 60 indicadores (ONU, 2019a; ONU, 2019b). Muitos objetivos foram alcançados por estados-membro, porém sem que fosse alcançada uma escala global para redução da pobreza extrema, da mortalidade infantil e materna, e das taxas de doenças; e para o aumento das taxas de matrícula na escola primária e da expectativa de vida (Spiliotopoulou; Roseland, 2020).

Em 2012 foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, também conhecida como Rio +20. Nessa conferência os Estados Membros lançaram a proposta de desenvolvimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) baseados nos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), os quais convergiram em uma agenda global de desenvolvimento pós-2015 com horizonte de alcance para 2030. Os ODS contemplam 17 Objetivos e 169 metas que passaram a orientar boa parte dos debates em torno da sustentabilidade em nível mundial (ONU, 2019a; ONU, 2019b).

O ano de 2015 também marca a celebração do Acordo de Paris durante a 21ª Conferência das Partes (COP21) no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC) (MMA, 2019). Segundo o MMA (2019, online):

O Acordo de Paris foi aprovado pelos 195 países Parte da UNFCCC para reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE) no contexto do desenvolvimento sustentável. O compromisso ocorre no sentido de manter o aumento da temperatura média global em bem menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais e de envidar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais.

Pelo Acordo de Paris o Brasil se comprometeu a:

Reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Para isso, o país se comprometeu a aumentar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18% até 2030, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, bem como alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030 (MMA, 2019, online).

Em 2016 a “Nova Agenda Urbana”, adotada na Conferência Habitat III realizada pela ONU, reafirmou a urbanização como uma questão política fundamental no mais alto nível internacional e destacou a contínua e crescente dependência de indicadores, padrões e

ferramentas para a implementação de políticas urbanas e prática orientadora no território. A adoção da Meta de Desenvolvimento Sustentável 11 (ODS11) com sua definição principal de tornar cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis também foi significativa por ter oferecido pela primeira vez às cidades a sua própria categoria no conjunto oficial de metas de desenvolvimento da ONU (Joss; Rydin, 2018).

As grandes plenárias realizadas em nível global também contribuíram significativamente para a criação e aprimoramento do arcabouço legal de diferentes estados nacionais, incluindo o Brasil, servindo de suporte para a criação e implementação de sistemas de gestão ambiental (Fernandes *et al.*, 2021). Contribuíram de forma direta e indireta para a ampliação da difusão de informações relacionadas à sustentabilidade junto a sociedade bem como para a inserção da educação ambiental nos sistemas educacionais em escala global, a exemplo do tratamento de disciplinas transversais de educação ambiental e a proposição do Sistema Nacional de Educação Ambiental (Sisnea) (Philippi Jr. *et al.*, 2013). Em relação às cidades contribuíram no Brasil para a criação da Lei Federal 10.257/2001, que instituiu o Estatuto das Cidades, para a criação do Ministério e do Conselho das Cidades, do Estatuto da Metrópole e do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (Kühner; Pinto; Amorim, 2021).

No contexto tecnológico contribuíram para o surgimento de diversas iniciativas de monitoramento ambiental, com destaque no Brasil para as iniciativas de georreferenciamento do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MAPBIOMAS) e o Cadastro Ambiental Rural (CAR), desenvolvido pelo Serviço Florestal Brasileiro e considerado o maior censo de terras já realizado em nível mundial (MAPBIOMAS, 2019; Serviço Florestal Brasileiro, 2019).

Os debates ocorridos nesse período também contribuíram para diversas transformações no universo da pesquisa científica, com destaque para a ampliação das pesquisas de natureza multi e interdisciplinar e para a consolidação da área de Ciências Ambientais como um importante campo de pesquisa interdisciplinar no Brasil (Philippi Jr. *et al.*, 2013; Romano *et al.*, 2023).

Os resultados gerados pelas pesquisas de natureza multi e interdisciplinar propiciaram a ampliação dos conhecimentos da sociedade em relação a sustentabilidade, bem como para estabelecer a formação de novas competências profissionais e técnicas necessárias para o enfrentamento da crise socioambiental em curso. Propiciaram ainda o surgimento de questionamentos em relação aos padrões de vida e de consumo, bem como a proposição de caminhos alternativos para o atingimento de maiores níveis de sustentabilidade, a exemplo do

comércio justo, da economia circular e da cultura do compartilhamento (Fernandes e Philippi Jr., 2017).

Esses resultados ampliaram os debates no meio científico quanto aos limites da abordagem científica tradicional baseada no pensamento linear e da racionalidade instrumental, reconhecendo as suas influências na forma de ser e agir das sociedades contemporâneas. Também permitem constatar que as medidas desenvolvidas ao longo de várias décadas ainda não foram suficientes para produzir efeitos dentro de uma escala compatível com as necessidades de sustentabilidade do planeta (Simão, 2008).

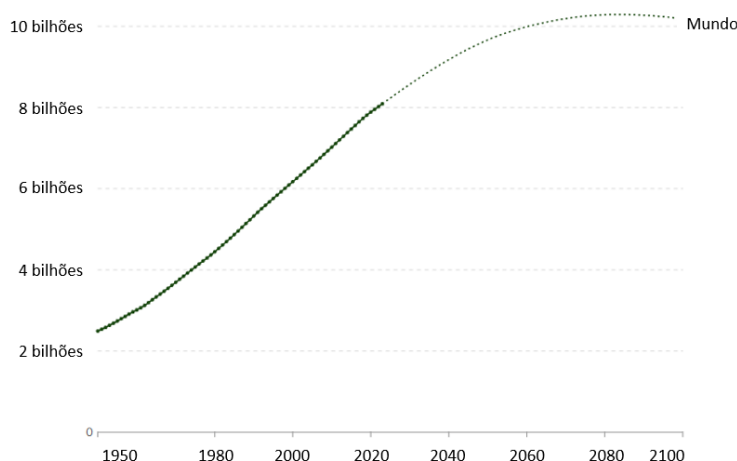
Ao que tudo indica, a humanidade enfrentará enormes desafios no curto e no médio prazo, no contexto das sete dimensões de sustentabilidade propostas por Sachs (2002): econômica, social, ambiental, ecológica, territorial, cultural e política. Talvez os maiores desafios residam nas dimensões cultural e política, uma vez que ambas exigem profundas transformações comportamentais.

Para Colborn, Dumanoski e Myers (2002, p. 269):

O século XX é considerado um divisor de águas na relação entre o ser humano e a Terra, onde os poderes combinados da ciência e da tecnologia, aliados ao número pessoas que vivem sobre o planeta transformaram a escala do impacto de localizado e regional para global.

Conforme demonstrado na Figura 4, as discussões ocorridas em torno da sustentabilidade do planeta foram acompanhadas de um crescimento exponencial da população mundial, fato que contribui significativamente para a ampliação dos desafios socioambientais em escala planetária

Figura 4 - Previsão de crescimento da população mundial (1950-2100)



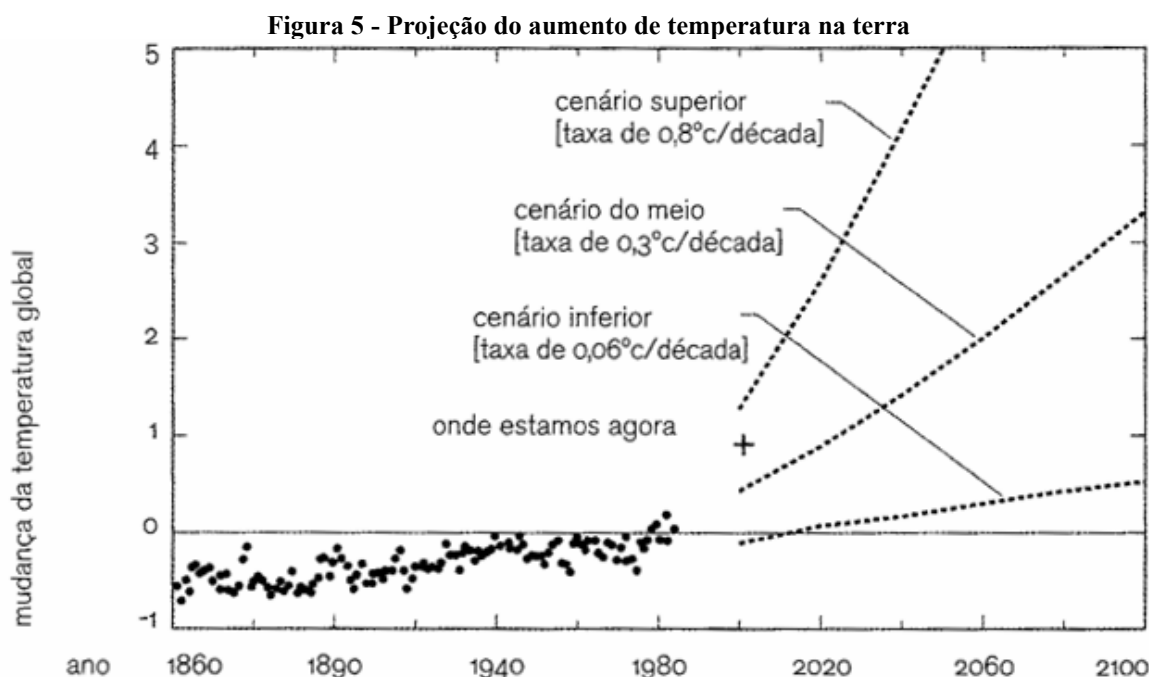
Fonte: Our World in Data (2024, tradução própria).

As plenárias globais mais recentes foram dedicadas aos temas aquecimento global e mudanças climáticas. Lovelock (2006, p. 18) menciona que “o aquecimento global foi pouco discutido em meados do século XX em razão da maioria dos cientistas da atmosfera estar envolvida com a questão da redução do ozônio estratosférico”.

Lovelock (2006, p. 56) resgata um registro histórico sobre as previsões de clima realizadas pelos cientistas do clima no final da década de 1980, retratadas no livro de Stephen Schneider, *Global Warming*, de 1989:

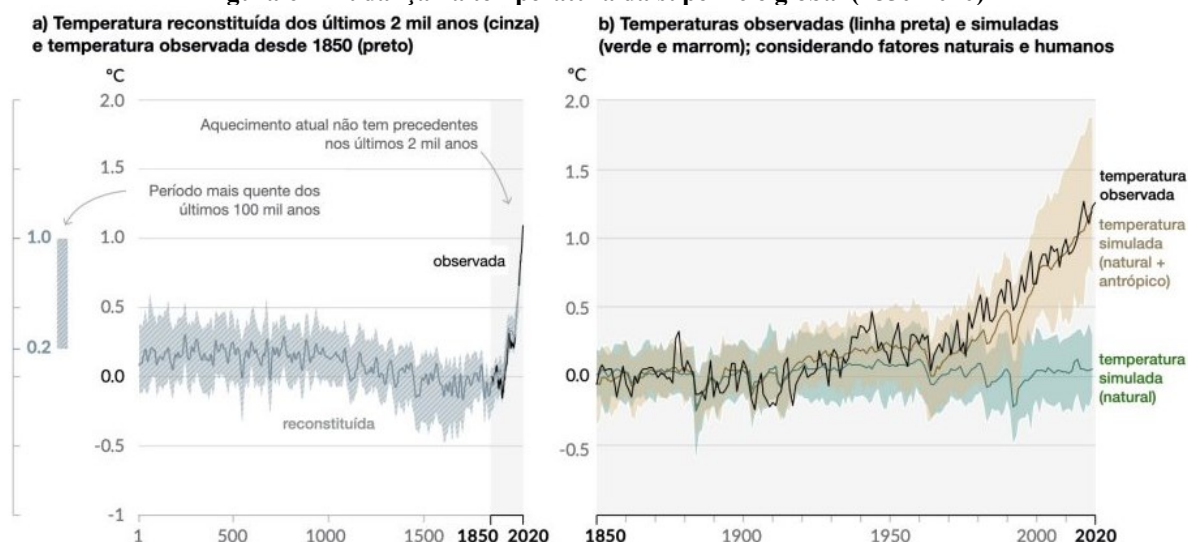
Com base nos conhecimentos limitados então disponíveis, eles fizeram o possível para prever o clima futuro e mostraram seus palpites como linhas pontilhadas no gráfico. A linha pontilhada superior é de um cenário que julgaram quase de ficção científica, de tão extremo.

Para caracterizar o nível de assertividade das estimativas de previsão, Lovelock (2006) acrescentou ao gráfico produzido em 1987 uma cruz acompanhada da expressão “onde estamos agora”, conforme demonstrado na Figura 5.



Fonte: Lovelock (2006).

Dados mais recentes do Sexto Relatório de Análise do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas confirmam o quadro de aumento das temperaturas no globo terrestre (Escobar, 2021). Por meio dos gráficos apresentados na Figura 6, os cientistas confirmam a manutenção da tendência de aumento das temperaturas para os próximos anos.

Figura 6 - Mudança na temperatura da superfície global (1850-2020)

As negociações sobre sustentabilidade em escala local e global ocorridas nas duas décadas ainda não foram capazes de levar a ações significativas e concretas capazes de reverter o cenário observado. O desenvolvimento sustentável continua a ser amplamente visto como um quadro para combater a degradação ambiental. Apesar da evolução conceitual, as políticas governamentais e empresariais não parecem dispostas a promover a integração dos três pilares os quais ainda acabam sendo implementados de forma isolada, fazendo com que a prática ainda esteja muito aquém do pensamento interdisciplinar, da implementação ou de processos de tomada de decisão inclusivos. Como esta abordagem de sustentabilidade centrada na eficiência procura sustentar um sistema inerentemente dinâmico no seu atual estado de mau funcionamento, alguns estudiosos já sugerem considerar a resiliência como um objetivo mais realista, dada a terrível situação do planeta (Spiliotopoulou; Roseland, 2020).

O aumento da frequência e intensidade dos fenômenos climáticos extremos observados recentemente se apresentam como evidências de que o tempo ainda disponível para levar em consideração os alertas de Rachel Carson (1962), do relatório Limites do Crescimento (1972) do Relatório Brundtland (1987), da Rio-92 (1992) ou do Acordo de Paris (2015) está se esgotando. Faz-se necessário o desenvolvimento de medidas no presente e no curto prazo que priorizem a atuação descentralizada a partir de diferentes locais, sem esperar que acordos ou decisões tomadas nas grandes plenárias globais sejam suficientes para resolver as questões da crise socioambiental anunciada e em curso. Ao que tudo indica será necessário desenvolver o princípio da individualização apresentado por Beck (2006) em sua abordagem de sociedade de risco global, onde indivíduos desencantados passam a assumir novos papéis e responsabilidades pensando no bem-estar coletivo.

O objetivo final da sustentabilidade, como princípio regulador, é formular uma coordenação eficaz entre os indivíduos, a sociedade, a economia e a capacidade de recuperação dos ecossistemas que sustentam a vida no planeta (Javanmardi; Liu; Xie, 2020).

Neuhoff, Simeone e Laursen (2023) identificam definições que reconhecem a centralidade do futuro para a sustentabilidade, a importância de examinar e integrar diferentes perspectivas e o entendimento de que a sustentabilidade não é um estado final fixo, mas um processo que envolve possibilidades de negociação. Mencionam que muitos estudiosos concordam que o alcance de sustentabilidade requer novas abordagens integrativas, colaborativas e inovadoras.

Gibson (2006a) acredita que a sustentabilidade pós-Brundtland é ainda mais integrativa. Para o autor:

O produto dessa evolução contínua e a sustentabilidade como um conceito integrativo multidimensional. Entre outros aspectos, a sustentabilidade conecta o humano e o biofísico, o presente e o futuro, o local e o global, o ativo e o preventivo, a crítica e a visão alternativa, o conceito e a prática, e o universal e o contexto específico. Além disso, a implementação adequada da sustentabilidade envolve os participantes que abrangem toda a gama de organizações e instituições públicas, corporativas e da sociedade civil, bem como indivíduos com suas várias capacidades e inclinações. E todos esses são reconhecidos como fatores constituintes em inter-relações complexas e dinâmicas (Gibson, 2006a, p.262, tradução própria).

Pode-se dizer, conforme sistematizam Salles *et al.* (2024), que essa visão proposta por Gibson (2006a), tem raízes anteriores, ainda na Declaração Universal dos Direitos Humanos e nas agendas subsequentes, reivindicadas pelos diferentes movimentos sociais a partir da década de 1960. Salles *et al.* (2024) estabelecem uma correlação orgânica entre as agendas progressistas desses movimentos e a Agenda 2030, que configura na prática a visão integrativa do conceito de sustentabilidade.

2.2. Indicadores, Índices e Estruturas de Sustentabilidade

Dentre os vários desafios relacionados a sustentabilidade, um deles é a avaliação. Embora a ciência tenha produzido diversos modelos ao longo das últimas décadas, esse desafio ainda existe e é relevante. A busca pela sustentabilidade também passa pela realização de pesquisas científicas que possibilitem o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de modelos para avaliação baseados em indicadores, índices e estruturas. Esses modelos podem contribuir

significativamente para a antecipação, redução ou até mesmo para a mitigação de riscos e de seus efeitos não desejados.

A sustentabilidade emergiu como um dos conceitos de planejamento, oriunda da economia e do pensamento ecológico, sendo amplamente aplicada na avaliação do desenvolvimento urbano (Adinyira; Oteng-Seifah; Adjei-Kumi, 2007).

Para Hiremath *et al.* (2013, p. 1, tradução própria):

Diferentes métodos, técnicas e instrumentos para avaliação da sustentabilidade urbana que ajudam a determinar como as cidades podem se tornar mais sustentáveis surgiram ao longo do tempo. Entre estes, as abordagens baseadas em indicadores contribuem para a construção de sistemas autorregulados sustentáveis que integram o desenvolvimento e a proteção ambiental. Portanto, estes fornecem uma base sólida para a tomada de decisões em todos os níveis e estão sendo cada vez mais usados.

Na literatura de indicadores de sustentabilidade muitas vezes é feita uma distinção entre os termos dados, indicadores e índices, que juntos formam uma hierarquia conceitual ou uma pirâmide de indicadores (Huang; Wu; Yan, 2015).

Segundo Hammond *et al.* (1995, p. 1, tradução própria), o “termo indicador tem origem no verbo em latim *indicare*, que significa revelar ou apontar, anunciar ou tornar publicamente conhecido”. De acordo com os autores, “os indicadores comunicam informações sobre o progresso em direção a objetivos sociais, como o desenvolvimento sustentável” (Hammond *et al.*, 1995, p. 1, tradução própria).

Para Hammond *et al.* (1995, p. 1, tradução própria) “um indicador é algo que fornece uma pista para uma questão de maior significância ou torna perceptível uma tendência ou fenômeno que não é imediatamente detectável”. Considera que:

Os indicadores fornecem informações em uma forma mais simples e mais facilmente compreendida do que estatísticas complexas ou outros tipos de dados econômicos ou científicos; eles implicam um modelo ou conjunto de suposições que relaciona o indicador a fenômenos mais complexos (Hammond *et al.*, 1995, p. 1, tradução própria).

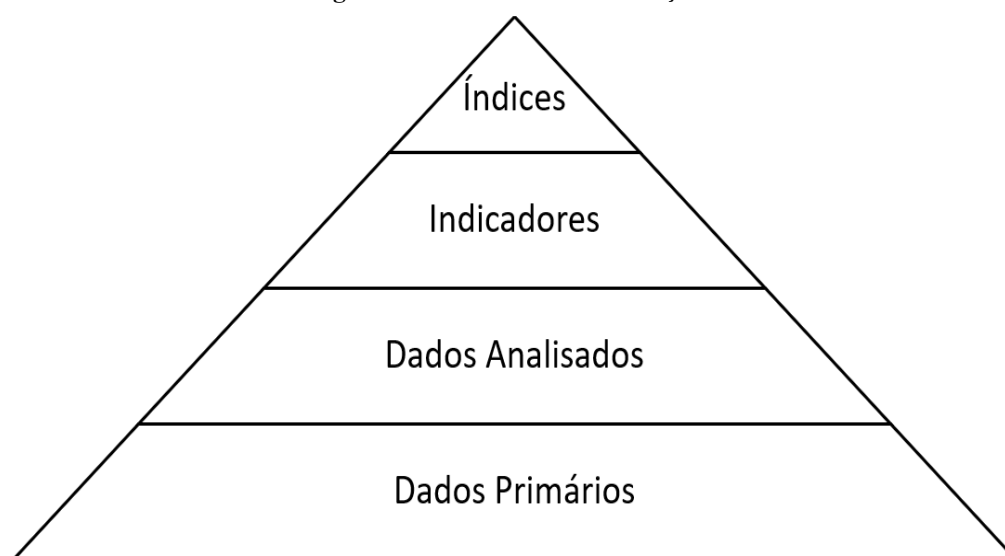
Para Bellen (2005, p. 30) “o objetivo principal dos indicadores é o de agregar e quantificar informações de uma maneira que sua significância fique mais aparente”. Para o autor “os indicadores simplificam as informações sobre fenômenos complexos tentando melhorar com isso o processo de comunicação” (Bellen, 2005, p. 30).

Bellen (2005) menciona que os indicadores podem ser quantitativos ou qualitativos e que existem limitações em relação ao uso de indicadores. Considera que apesar da maioria das

questões relativas à sustentabilidade poderem ser quantificadas, elas não podem ser diretamente comparadas. Acredita que a agregação e as comparações gerais continuarão representando um problema para a avaliação de sustentabilidade. Outra limitação apontada pelo autor se refere ao fato de que “os indicadores não são a realidade, não são completos, e não contêm todos os elementos da realidade, com toda sua diversidade e possibilidades” (Bellen, 2005, p. 51).

Um índice⁴ resulta de um conjunto de indicadores, os quais são gerados a partir de dados secundários (dados analisados) e dados primários, conforme ilustra a Figura 7 (Hammond *et al.*, 1995).

Figura 7 - Pirâmide de informações



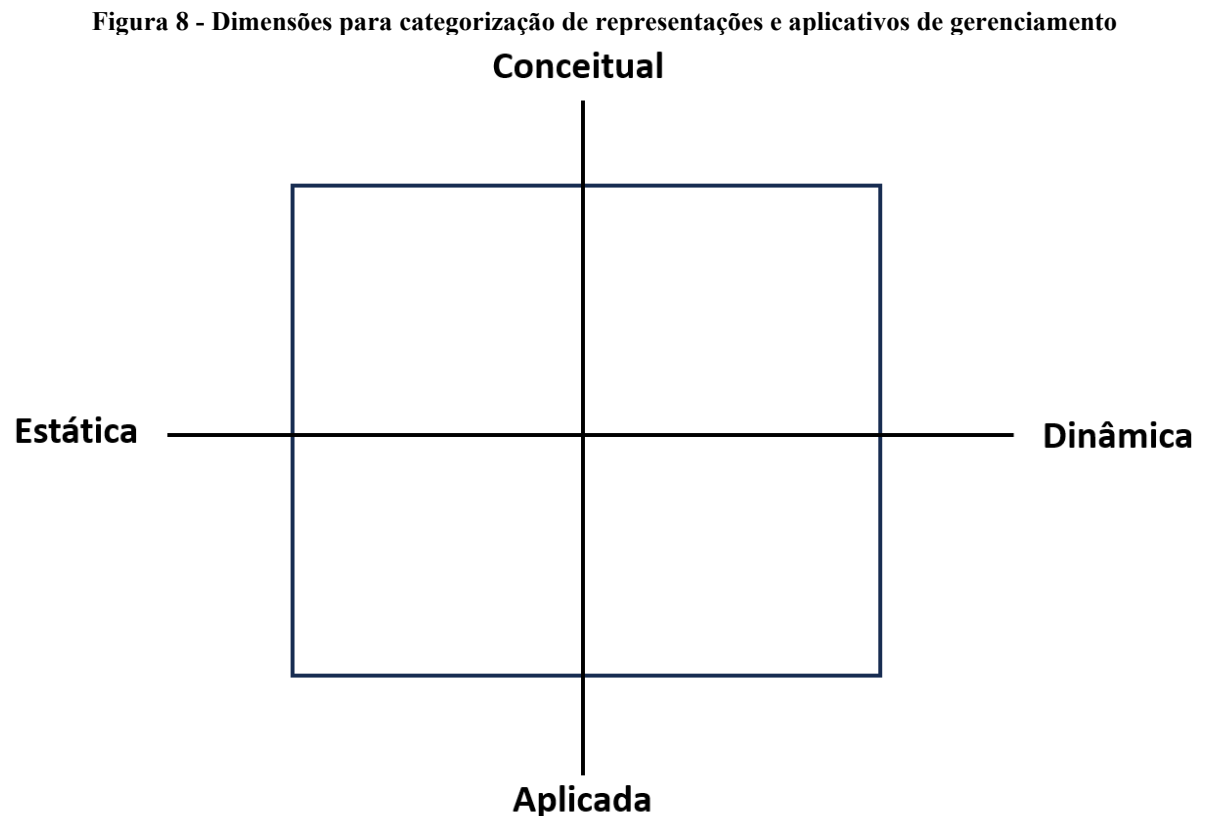
Fonte: Hammond *et al.* (1995, tradução própria).

Os dados são os componentes básicos de um indicador, e vários indicadores compreendem um conjunto de indicadores ou um índice composto. Para Huang; Wu; Yan, (2015), um conjunto de indicadores é um grupo de indicadores não agregados, geralmente organizados de acordo com uma determinada estrutura de indicadores para um projeto, enquanto uma estrutura de indicadores é conceitual e baseada em argumentos de sustentabilidade para facilitar a seleção, desenvolvimento e interpretação de indicadores.

Shehabuddeen *et al.* (2011) mencionam que pesquisadores de gestão fazem uso de estruturas como meio de representar questões complexas. Consideram que não haveria um acordo universal sobre o que constitui uma estrutura e que essa situação seria mais complicada

⁴ Para Coutinho, Malheiros e Philippi Jr. (2012, p. 35) as diversas definições de indicadores, de uma maneira geral, “se referem a uma medida que resume informações importantes sobre um determinado fenômeno”. Segnestan (2002 apud Coutinho, Malheiros e Philippi Jr, 2012, p. 36) menciona que “a combinação de indicadores forma índices, usados com mais frequência em níveis de análise mais agregada, como nos âmbitos regionais e nacionais”.

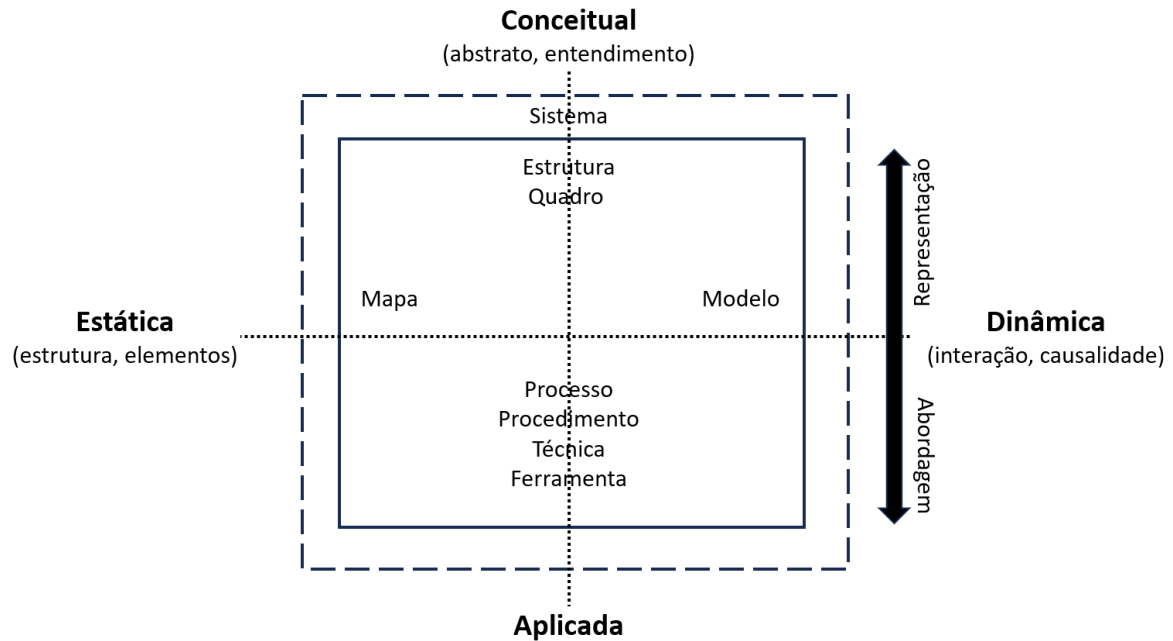
pelo uso de termos como modelos, paradigmas, ferramentas e técnicas sem definição clara. Outra fonte de confusão é que as estruturas são usadas em várias disciplinas, muitas vezes com diferentes propósitos e estilos de apresentação. Várias formas de representações e aplicações podem ser classificadas com base em duas dimensões, uma conceitual-aplicada e a outra estática-dinâmica, conforme caracterizado na Figura 8 (Shehabuddeen *et al.*, 2011).



Fonte: Shehabuddeen *et al.* (2011, tradução própria).

Considerando o eixo vertical, as representações situadas próximas do extremo “conceitual” estariam preocupadas com a abstração ou compreensão de uma determinada situação enquanto aquelas localizadas próximas ao extremo “aplicado” estariam mais preocupadas com a ação concreta em um ambiente prático. Considerando o eixo horizontal, as representações mais próximas do extremo “estático” estariam mais preocupadas com a estrutura e posição dos elementos dentro de um sistema do que aquelas localizadas no extremo “dinâmico”, que estariam mais preocupadas com a causalidade e interação entre os elementos de um sistema. Essas dimensões podem ser usadas para estruturar e entender o significado de termos-chave: sistema, estrutura ou quadro, mapa, modelo, processo, procedimento, técnica e ferramenta, conforme ilustra a Figura 9 (Shehabuddeen *et al.*, 2011).

Figura 9 - Representações de gestão e abordagens em contexto



Fonte: Shehabuddeen *et al.* (2011, tradução própria).

Miles e Huberman citados por Shehabuddeen *et al.* (2011, p. 8, tradução própria) definem que:

Uma estrutura conceitual explica, graficamente ou em forma narrativa, as principais coisas a serem estudadas – os principais fatores, construtos ou variáveis – e as supostas relações entre elas. As estruturas podem ser rudimentares ou elaboradas, orientadas pela teoria ou pelo senso comum, descritivas ou causais.

Apesar de existirem algumas definições, ainda não existe uma definição padrão, permitindo que muitos autores apresentem estruturas sem definir claramente o que querem dizer (Shehabuddeen *et al.*, 2011).

Shehabuddeen *et al.* (2011, p. 9, tradução própria) apresentam uma lista de temas comuns sobre essas estruturas que foram extraídos das discussões que ocorreram dentro do *Institute for Manufacturing*:

- Representam um problema para um propósito definido;
- Vinculam vários elementos para mostrar um relacionamento;
- Permitem que uma visão holística de uma situação seja capturada;
- Demonstram uma situação ou fornecem uma base para resolver um problema;
- Fornecem uma abordagem estruturada para lidar com um problema específico.

Para os autores a forma da estrutura depende de um propósito específico, e a articulação clara do propósito suporta o desenvolvimento da estrutura. Portanto, muitas estruturas podem sair dentro do domínio de um sistema.

O estilo de apresentação das estruturas difere muito. Uma variação importante é que algumas estruturas apresentam uma camada única de análise enquanto outras apresentam várias camadas de análise. Para os autores as estruturas são cada vez mais usadas como uma forma de traduzir questões complexas em um formato simples e analisável (Shehabuddeen *et al.*, 2011).

De acordo com (Shehabuddeen *et al.*, 2011, p. 10, tradução própria) as estruturas têm sido usadas para:

- Comunicar ideias ou descobertas à comunidade em geral;
- Fazer comparações entre diferentes situações/abordagens;
- Definir o domínio ou limites de uma situação;
- Descrever o contexto ou argumentar a validade de uma descoberta;
- Apoiar o desenvolvimento de procedimentos, técnicas, métodos e ferramentas.

Quando o termo indicadores de sustentabilidade é utilizado de forma ampla pode também se referir a conjuntos de indicadores de sustentabilidade ou índices de sustentabilidade. O termo indicadores de sustentabilidade urbana pode ser considerado um subconjunto de um corpo maior de indicadores de sustentabilidade, compreendendo medidas sintéticas que fornecem informações sobre o estado, a dinâmica e os fatores subjacentes dos sistemas urbanos, com especificações de dimensão de tempo, limites ou metas associadas a eles (Huang; Wu; Yan, 2015).

Quiroga (2001) apresenta uma proposta de tipologia para indicadores de sustentabilidade que contempla três categorias apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Tipologia de indicadores de sustentabilidade

Classificação	Descrição
Indicadores de sustentabilidade ambiental de primeira geração (1980 - presente)	Indicadores ambientais ou de sustentabilidade ambiental. São indicadores parciais de sustentabilidade, seja da singularidade ou de um número reduzido de dimensões (ambientais referentes a variáveis de poluição, ou recursos naturais): indicadores ambientais de qualidade do ar em uma cidade, indicadores de contaminação da água por coliformes, indicadores de desmatamento, desertificação ou mudança de uso do solo.
Indicadores de desenvolvimento sustentável (IDS) ou de segunda geração (1990-presente)	Indicadores relacionados a abordagem multidimensional do desenvolvimento sustentável. Os sistemas de IDS são compostos por indicadores ambientais, sociais, econômicos e institucionais. Normalmente são apresentados indicadores das quatro dimensões, sem que estes realmente estejam ligados de uma forma essencial. Baseiam-se em metodologias de agregação proporcional, seja do tipo índice ou monetizada, cujos resultados são poderosos em nível de comunicação, mas metodologicamente questionáveis.

Indicadores de desenvolvimento sustentável (IDS) de terceira geração	Indicadores vinculantes, que em poucos números permitem acesso rápido a um mundo muito maior de significados, no qual estão incorporados aspectos econômicos, sociais e ambientais de forma transversal e sistemática.
--	--

Fonte: Quiroga (2001, tradução própria).

Em sua proposta de classificação Quiroga (2001) já havia identificado a necessidade de implementação de indicadores de terceira geração, que fossem capazes de transcender as duas primeiras gerações. A autora também constatou que essa implementação constituiria um grande desafio uma vez que não seria suficiente apenas reunir indicadores associando a eles o termo sistema.

Para Quiroga (2001) o objetivo ou principal característica desta categoria seria a capacidade de contabilizar o progresso em direção ao desenvolvimento sustentável por meio de um número limitado de indicadores que fossem verdadeiramente vinculativos, que fossem capazes de potencializar as dimensões de forma sinérgica desde a sua origem. A autora acredita que nesse nível seriam realizados os desenvolvimentos científicos mais impressionantes, tornando os indicadores de sustentabilidade úteis para a concepção e para a avaliação da eficácia das políticas públicas.

Para Meadows (1998) os indicadores se relacionam com valores e que são medidos a partir das preocupações das pessoas ao mesmo tempo em que criam valores quando existem preocupações com aquilo que é medido. Para a autora os indicadores podem ser ferramentas utilizadas para promover transformações, gerar novos conhecimentos e para comunicação, podendo gerar reflexos em nível de comportamento das pessoas. Meadows (1998, p. 16, tradução própria) considera que “indicadores não garantem resultados, mas resultados são impossíveis sem indicadores adequados e que somente indicadores adequados, por si só, podem produzir resultados”.

Pallathadka, Chang e Ajibade (2023) consideram que os métodos existentes de avaliação de sustentabilidade deixam de proporcionar mecanismos que respondam eficazmente às demandas quando os indicadores não são escolhidos cuidadosamente para refletir as necessidades e os sentimentos locais. Acreditam que a aplicação direta de indicadores oriundos da literatura ou de outras jurisdições pode resultar numa falsa sensação de sucesso, gerando um impacto negativo na confiança e na resiliência da comunidade.

Meadows (1998) também considera que os indicadores integram os fluxos de informações necessários para entender o mundo, sendo importantes para as tomadas de decisão e para o planejamento de ações. A autora considera que os indicadores seriam naturais e que estariam em todas as partes mas que apesar disso seriam reflexões parciais da realidade,

baseadas em incertezas e modelos imperfeitos. Apesar destas limitações também considera que os indicadores podem servir como uma ferramenta para a integração e correção de diferentes visões de mundo.

Para criar cidades mais sustentáveis é necessário reconhecer os avanços em direção à sustentabilidade e que algum método para medir a direção das tendências atuais e do sucesso ou fracasso das iniciativas é crucial. À medida que mais cidades adotam a sustentabilidade como meta e visam mudar radicalmente as formas atuais de desenvolvimento, torna-se necessário determinar se as ações que estão sendo realizadas estão de fato permitindo que as comunidades se tornem mais sustentáveis (Hiremath *et al.*, 2013).

Indicadores são usados para medir e avaliar o progresso de sustentabilidade urbana. No que diz respeito à sustentabilidade urbana, os indicadores desempenham um papel vital ao revelar em que áreas uma cidade está se saindo melhor que outras e de acordo com seus objetivos específicos (Hiremath *et al.*, 2013).

Huang, Wu e Yan (2015) chamam a atenção para a questão da espacialização de indicadores. Para os autores, a avaliação de sustentabilidade urbana, usando indicadores de sustentabilidade urbana, tem tratado principalmente as cidades como sistemas socioeconômicos ecológicos que são internamente homogêneos no espaço. No entanto, destacam os autores, os sistemas urbanos representam espacialmente a mais heterogênea de todas as paisagens.

O desenvolvimento de conjuntos apropriados de indicadores é uma tarefa trabalhosa e provavelmente envolverá muitas decisões arbitrárias sobre quais variáveis selecionar e como agregá-las. Os indicadores de sustentabilidade urbana são definidos como aqueles que fornecem informações sobre a sustentabilidade do nível específico de objetivos e que podem ser usados como medidas para representar os sinais vitais da sociedade, dizendo em que direção a sociedade está se movendo (Huang; Wong; Chen, 1998).

Ameen e Mourshed (2019) alertam para o fato de que as prioridades dos desafios urbanos variam entre cidades, regiões e países, especialmente nos países em desenvolvimento, onde fatores socioeconômicos e culturais podem ocupar um lugar importante na agenda das partes interessadas. Consideram que a adoção de estratégias de avaliação de sustentabilidade em países em desenvolvimento deve ser precedida pela determinação dos desafios urbanos locais, visto que estes são diferentes daqueles dos países desenvolvidos. Para os autores a questão é especialmente importante para cidades de alta densidade que enfrentam desafios urbanos em constante mudança, tanto no presente quanto no futuro, o que inclui a poluição do ar, a disponibilidade e a qualidade da água, a falta de sistemas de segurança, o esgotamento dos

recursos naturais, a escassez de energia renovável, a falta de reciclagem de lixo, o *déficit* habitacional, serviços de infraestrutura precários, transporte e deficiências de crescimento econômico.

As considerações de Ameen e Mourshed (2019) vão de encontro ao pensamento de Meadows (1998). A autora acreditava que nunca seria estabelecido um único índice global de desenvolvimento sustentável em função da existência de muitas pessoas diferentes que trabalham em diferentes problemas e que precisam de diferentes tipos de informação. Também considerava que ao invés de um único índice, haveria a necessidade de se estabelecer um sistema de informação para informar tomadores de decisão em vários níveis e com diversos propósitos relacionados à sustentabilidade e ao desenvolvimento.

Meadows (1998) menciona que várias estruturas experimentais foram sugeridas e discutidas ao longo do *workshop* realizado pelo Grupo Balaton⁵ em 1996, entre elas o método de indicadores de pressão-estado-impacto-resposta, usado para organizar os primeiros esforços de indicadores da Comissão das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável e outras organizações internacionais, a Pegada Ecológica, os Quatro Capitais (Econômico, Natural, Humano e Social) e de *Genuine Savings* oriundos do Banco Mundial. A autora relata que durante o *workshop* os especialistas encontraram esses precursores úteis onde cada um parecia capturar uma peça importante do quebra-cabeça porém não o quebra-cabeça inteiro.

A partir dessas estruturas e do Triângulo de Daly, alguns integrantes do Grupo Balaton elaboraram a proposta conceitual para avaliação do desenvolvimento sustentável apresentada na Figura 10.

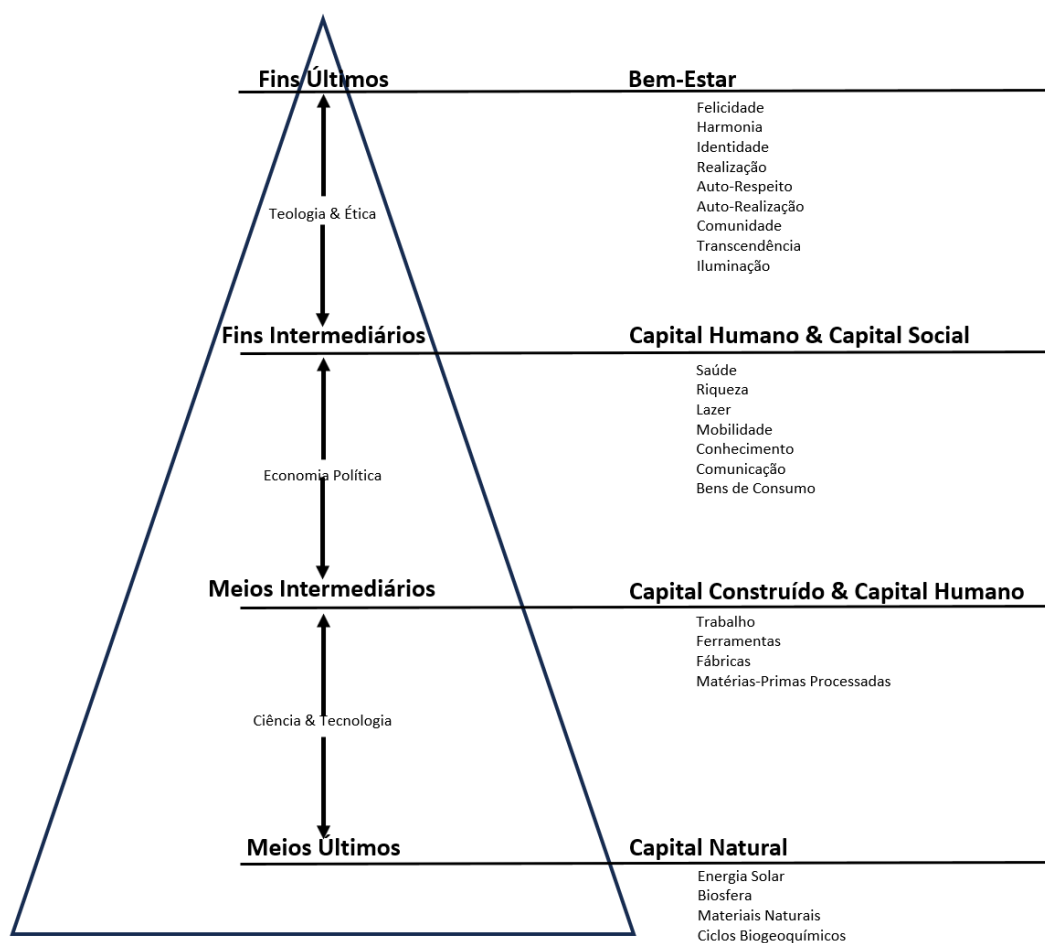
Na proposta conceitual consolidada por Meadows (1998) foram aplicadas as categorias de capital natural, capital construído & capital humano, capital humano & capital social e bem-estar para caracterizar a relação hierárquica e de interdependência existente entre os diferentes tipos de capitais⁶.

O capital natural aparece na base da estrutura para caracterizar a sua condição de sustentação da existência dos demais capitais. O bem-estar das pessoas é apresentado na extremidade superior como objetivo maior ou final da sustentabilidade.

⁵ Rede internacional de acadêmicos e ativistas envolvida com estudos de desenvolvimento sustentável e indicadores (Meadows, 1998).

⁶ As definições das categorias de capitais adotadas por Meadows (1998), foco de várias pesquisas desenvolvidas pelo NIPAS, foram incorporadas na relação de unidades de análise que compõem os resultados desse estudo.

Figura 10 - Proposta conceitual de estrutura para avaliação do desenvolvimento sustentável



Fonte: Meadows (1998, tradução própria).

A abordagem dos capitais aplicada na estrutura consolidada por Meadows (1998) se apresenta como uma alternativa para o desenvolvimento de estruturas de avaliação de sustentabilidade em substituição a abordagem tradicional de dimensões do desenvolvimento sustentável definidas por Sachs (2002), amplamente difundidas em publicações acadêmicas e não acadêmicas que tratam do tema sustentabilidade.

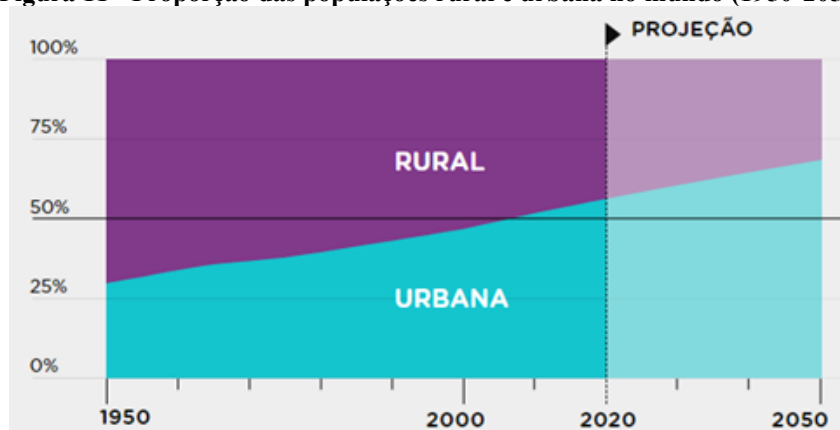
Para Meadows (1998) a sociedade industrial tem milhares de indicadores que atendem as necessidades do meio da pirâmide (capital humano, capital construído e capital social), porém poucos na base (capital natural) e quase nenhum do topo da pirâmide (bem-estar). Para a autora provavelmente esse seja o motivo para que o desenvolvimento tenha se tornado um grito de guerra onde o objetivo da vida é mais do que econômico e a vida seja sustentada por mais do que aquilo que podemos atribuir um preço econômico. Considera que o desenvolvimento sustentável exige maior atenção para a base e para o topo da pirâmide, para a saúde da natureza e para o bem-estar das pessoas.

A abordagem de capitais apresentada por Meadows (1998), escolhida como principal referência para o desenvolvimento do presente estudo, foi reconhecida pelo NIPAS ao longo de suas atividades de pesquisa. Dentre os diversos estudos produzidos envolvendo a relação entre capitais e indicadores encontram-se a avaliação integrada de sustentabilidade hídrica em bacias hidrográficas com forte pegada urbana (Silva, 2017), a produção de indicadores de avaliação do capital natural e de oferta e demanda de serviços ecossistêmicos para a RMC (Carbone, 2019), o mapeamento da produção científica sobre a RMC e o seu alinhamento com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (Gaertner, 2020), a análise do capital social e desenvolvimento territorial sustentável a partir do uso da rede social Colab na RMC (Salles, 2017), o método de avaliação de desenvolvimento territorial sustentável em regiões metropolitanas (Kauling, 2020) e a influência da industrialização na territorialidade urbana da RMC (Azzulin, 2020).

2.3. Sustentabilidade Urbana

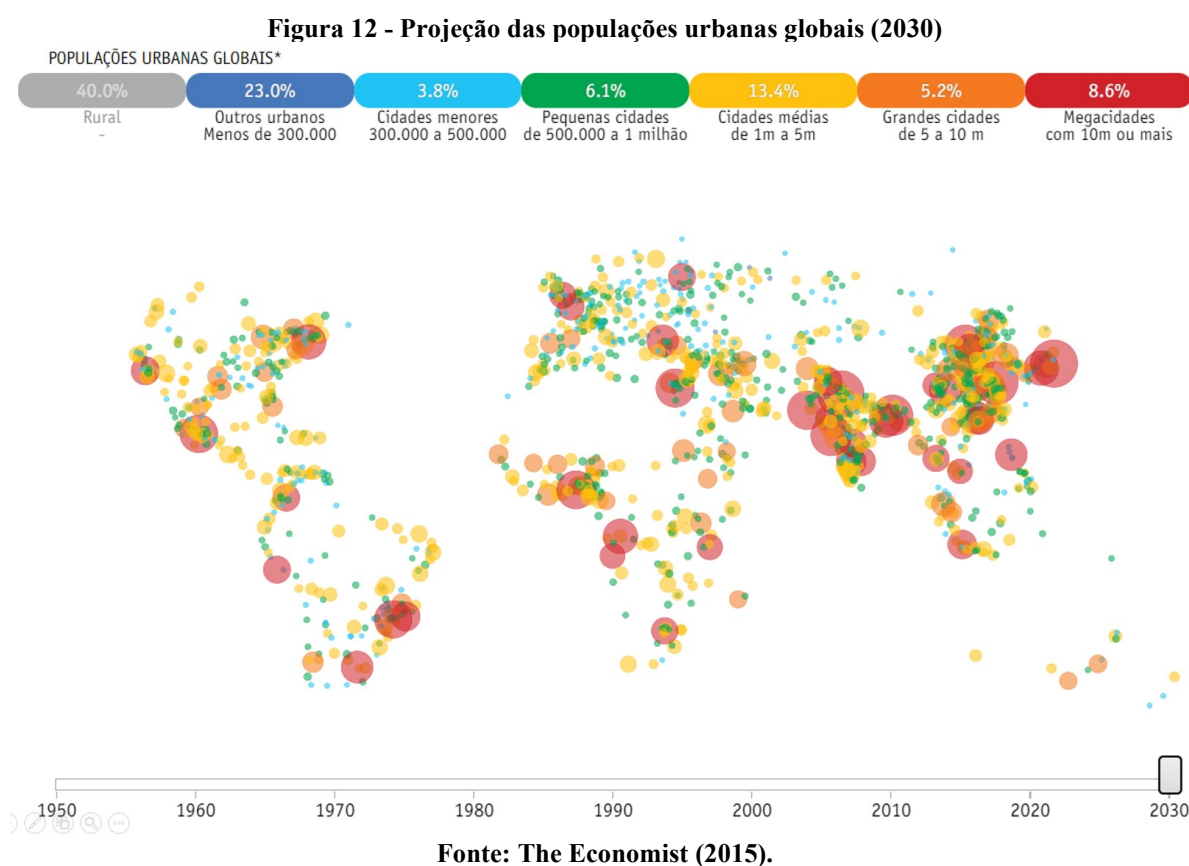
Uma das principais características que define os espaços urbanos é a concentração populacional. A população urbana mundial cresceu mais de quatro vezes entre 1950 e 2018, passando de uma estimativa de 0,8 bilhões para 4,2 bilhões de pessoas. A taxa média anual de crescimento da população urbana durante este período foi estimada em 2,54%, maior que a taxa de crescimento da população mundial, estimada em 1,62%. Nesse período a população urbana cresceu de 30% para 55%, fazendo de 2007 o ano em que a população mundial se tornou mais urbana do que rural (ONU, 2019d). A evolução deste fenômeno demográfico pode ser observada na Figura 11, onde também é apresentada uma projeção que aponta para a manutenção deste fenômeno nas próximas décadas.

Figura 11 - Proporção das populações rural e urbana no mundo (1950-2050)



Fonte: Zanlorenssi e Gomes (2020).

As áreas urbanas já abrigam mais da metade da população mundial. A distribuição dessa população urbana projetada para 2030 é apresentada na Figura 12, onde são caracterizados sete grupos de cidades pelas faixas de números de habitantes. De acordo com a projeção, a população urbana estará distribuída em 2030 em megacidades com 10 milhões ou mais de habitantes (8,6%), grandes cidades de 5 a 10 milhões de habitantes (5,2%), cidades médias de 1 a 5 milhões de habitantes (13,4%), pequenas cidades de 500 mil a 1 milhão de habitantes (6,1%), cidades menores de 300 mil a 500 mil habitantes (3,8%), outros urbanos menos de 300 mil habitantes (23,0%) e áreas rurais (40,0%).



As aglomerações de população são objeto de estudo no Brasil desde a década de 1960, em razão da intensificação do fenômeno de urbanização e de sua complexidade. Existiam no Brasil em 2010 um total de 294 arranjos populacionais⁷ compostos por 953 municípios que abrangem 55,7% da população brasileira (IBGE, 2016).

⁷ De acordo com o IBGE (2016, p.22) “um arranjo populacional é o agrupamento de dois ou mais municípios onde há uma forte integração populacional devido aos movimentos pendulares para trabalho ou estudo, ou devido à contiguidade entre as manchas urbanizadas principais”.

De acordo com o IBGE (2016, p. 8) “a distribuição geográfica desses arranjos está concentrada na Região Sudeste, com 116 unidades, seguida das Regiões Sul (87), Nordeste (51), Centro-Oeste (24) e Norte (16)”. Segundo o IBGE (2016, p. 8):

O mais alto escalão da urbanização brasileira é representado por 26 grandes concentrações urbanas, formadas, em sua maioria, por arranjos populacionais com população acima de 750 000 habitantes, sendo elas: dois municípios isolados (que não formaram arranjos), Manaus (AM) e Campo Grande (MS); e 24 arranjos populacionais. As Regiões Sudeste e Nordeste são as que possuem grandes concentrações em maior número, oito e nove, respectivamente, vindo a seguir a Região Centro-Oeste, com quatro concentrações; a Região Sul, com três; e a Região Norte, com duas. Em conjunto, totalizam 79,124 milhões de habitantes e reúnem 41,5% da população do País.

O IBGE (2016, p. 167) também menciona que “acima de 100.000 até 750.000 habitantes foram identificadas 159 concentrações urbanas de porte médio que atuam como centros intermediários na articulação do sistema urbano nacional”.

Para Zhang (2016) o crescimento das cidades está relacionado com a migração da população das áreas rurais para as urbanas⁸. O IBGE (2016, p. 12) considera que:

No passado, a urbanização foi, fundamentalmente, um fenômeno associado ao aumento de população nas cidades e explicado pelo êxodo rural. A dimensão demográfica era vista como determinante. Outras abordagens demonstraram que é difícil definir-se urbanização e a noção de cidade associada somente a este processo.

Os limites urbanos são multidimensionais e podem ser pensados em termos físicos, institucionais e funcionais. A fronteira institucional, ou seja, a fronteira que designa a área em termos políticos é arbitrária na prática e altamente influente devido ao impacto direto da política ser estabelecido dentro destas fronteiras, motivo pelo qual a maior parte da operacionalização da sustentabilidade urbana tende a ser focada em fronteiras institucionais (Purvis; Mao; Robinson, 2022).

Embora um trabalho teórico possa preferir fronteiras físicas, que não estão isentas de problemas de definição, ou mesmo rejeitar a noção de fronteiras na sua totalidade, uma abordagem pragmática para identificar caminhos para a mudança deve envolver-se seriamente com tais fronteiras inconvenientes. É a fronteira funcional que pode compensar esta situação, capturando os efeitos de fuga ou exportando a insustentabilidade através de uma noção de equidade interespaial. Estas escolhas de limites são essenciais para uma compreensão da

⁸ Para Antrop (2000), o termo urbano pode se referir tanto ao acúmulo de aglomerações quanto ao modo de vida, incluindo o contingente populacional que vive em cidades.

sustentabilidade urbana que se reflete no lugar do sistema urbano no sistema global multiescalar mais amplo (Purvis; Mao; Robinson, 2022).

O processo de urbanização⁹ está criando mudanças dramáticas e rápidas ao redor do mundo, com a maior parte da população mundial vivendo nas cidades. Esse rápido crescimento gerou a necessidade de entender a urbanização como um dos principais contribuintes, não apenas para a transformação econômica e social, mas também para aumento do consumo de recursos e danos ambientais (Zhang, 2016). Essa transição demográfica global tem enormes consequências ambientais, econômicas e sociais que ainda não foram totalmente compreendidas (Wu, 2014).

As cidades precisam oferecer para as pessoas oportunidades para o compartilhamento de espaços urbanos, para participação em atividades públicas e privadas, incluindo o exercício de deveres e de direitos. Estas oportunidades, por sua vez, tornam possível cultivar na sociedade valores e definir modos de governança permitam que as pessoas produzam e comercializem bens e obtenham acesso a recursos e cultura além de várias formas de riquezas e bem-estar (ONU, 2010).

As cidades podem ser abertas ou fechadas em relação ao acesso, ocupação e uso do espaço urbano, incluindo a produção de novos espaços para atendimento das necessidades de seus habitantes. Também podem ser abertas ou fechadas em relação a capacidade dos residentes de acessar decisões e de participarem de diferentes tipos de interação e troca. Ao mesmo tempo que as cidades podem ser compreendidas por alguns residentes como o lugar onde a vida social e política acontece, também podem ser compreendidas por outros residentes como um lugar que nega essas oportunidades. Vistas por esse prisma, as cidades podem ser simultaneamente locais de inclusão e participação como também de exclusão e marginalização (ONU, 2010).

As questões envolvendo o planejamento e a forma de organização e de ocupação das cidades são antigas. A noção de forma urbana sustentável tem suas raízes no movimento Cidade Jardim ocorrido na virada do século XX. As cidades jardim dos anos 1900 e as cidades ecológicas dos anos 1970 foram propostas como alternativas à patologia da forma urbana (Basiago, 1996).

Assim como as cidades fornecem um lugar para os seres humanos viverem, elas também destroem ecossistemas e se tornam habitats impróprios para o espírito humano. Desta forma a

⁹ Antrop (2000) acredita que a urbanização pode ser compreendida como um fenômeno complexo de difusão espacial causado pela interação de fatores muito diferentes que resultam em mudanças nos padrões de paisagem. Para o autor a urbanização também pode ser uma mudança cultural e sociológica causada pela transformação de estilos de vida rurais em urbanos.

cidade deve tornar-se mais vital, humana, eficiente, bonita, autossuficiente e natural por meio de um retorno a uma forma mais compacta, devendo o seu impacto sobre o meio ambiente ser diminuído (Basiago, 1996).

Esses temas ressurgiram nas cidades sustentáveis dos anos 1990, avançando em nome das gerações futuras e da ecologia planetária (Basiago, 1996). Em seu estudo, o autor apresenta uma série de marcos históricos da urbanização sustentável que geram contribuições para reflexões sobre a sustentabilidade urbana, apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Marcos históricos da urbanização sustentável

Ano	Descrição
1902	Howard conceitua a cidade-jardim, uma proposta de sustentabilidade urbana a partir da integração entre cidade e campo.
1915	Geddes elabora a proposta de "Cidade Neotécnica" onde a sustentabilidade urbana é resultado da relação perfeita entre organismo, função e meio ambiente.
1934	Wright apresenta a proposta 'Broadacre City' onde implementa a ideia de sustentabilidade urbana como democratização descentralizada em uma forma urbana mais orgânica possível.
1938	Mumford apresenta a "Cidade Biotécnica" onde a sustentabilidade urbana é abordada como 'descentralização em uma ordem centrada na vida'.
1969	McHarg cria a proposta "City Designed with Nature" onde a sustentabilidade urbana aparece como um planejamento ambientalmente sensível.
1974	Canfield apresenta o "Protótipo de Comunidade Simbiótica" onde a sustentabilidade urbana é abordada como um projeto baseado em capacidades de transporte natural.
1975	Corbett elabora a proposta de "Village Homes" onde a sustentabilidade urbana contempla projeto solar, drenagem natural e paisagem comestível.
1978	Mollison desenvolve sua proposta de Permacultura onde a sustentabilidade urbana aparece como um sistema perene de agroubanismo.
1989	A proposta de Desenvolvimento Orientado para o Trânsito desenvolvida por Peter Calthorpe é considerada como sustentável porque promove ruas transitáveis que libertam os moradores da dependência de automóveis, preservam a alta densidade da cidade e a vida selvagem ao seu redor.
1990	A Comissão Europeia (CE) assenta um futuro sustentável para a Europa nos dois pilares da compactação urbana e da regeneração urbana (Livro Verde Urbano).
1991	Nash elabora o conceito de "civilização ilha", onde a urbanização global sustentável consistiria em 1,5 bilhão de seres humanos vivendo em 500 cidades compactas.
1990/1992	Girardet elabora a proposta de "metabolismo circular" que seria distinto do "metabolismo linear" das cidades contemporâneas.
1992	McDonough elabora os Princípios de Hannover onde é estabelecida a ideia de que para tornar a civilização sustentável, a forma urbana terá que ser baseada nos princípios da natureza, que não gera resíduos, maximiza a biodiversidade e é sustentada pelo sol.
1993	A forma urbana desenhada por McDonald, conceituada com ideias da teoria do caos, contempla uma cidade sustentável dentro de uma bacia hidrográfica sustentável, com uma forma 'holística', 'diversa', fractal e 'evolutiva'.
1994	Lyle acredita que as cidades sustentáveis do próximo século serão baseadas na "infraestrutura verde" dos "sistemas regenerativos".

Fonte: Basiago (1996, tradução própria).

Os marcos históricos apresentados demonstram que a preocupação com o planejamento e com a qualidade de vida nas cidades sempre foram temas presentes e que somente mais recentemente ganharam nova ênfase em função da necessidade de as cidades pensarem e planejarem o seu futuro em relação as questões associadas com a sustentabilidade.

O ponto em comum que une esses marcos históricos de urbanização sustentável é o ideal de trazer a cidade para uma simbiose vital com a natureza. A cidade sustentável é uma cidade

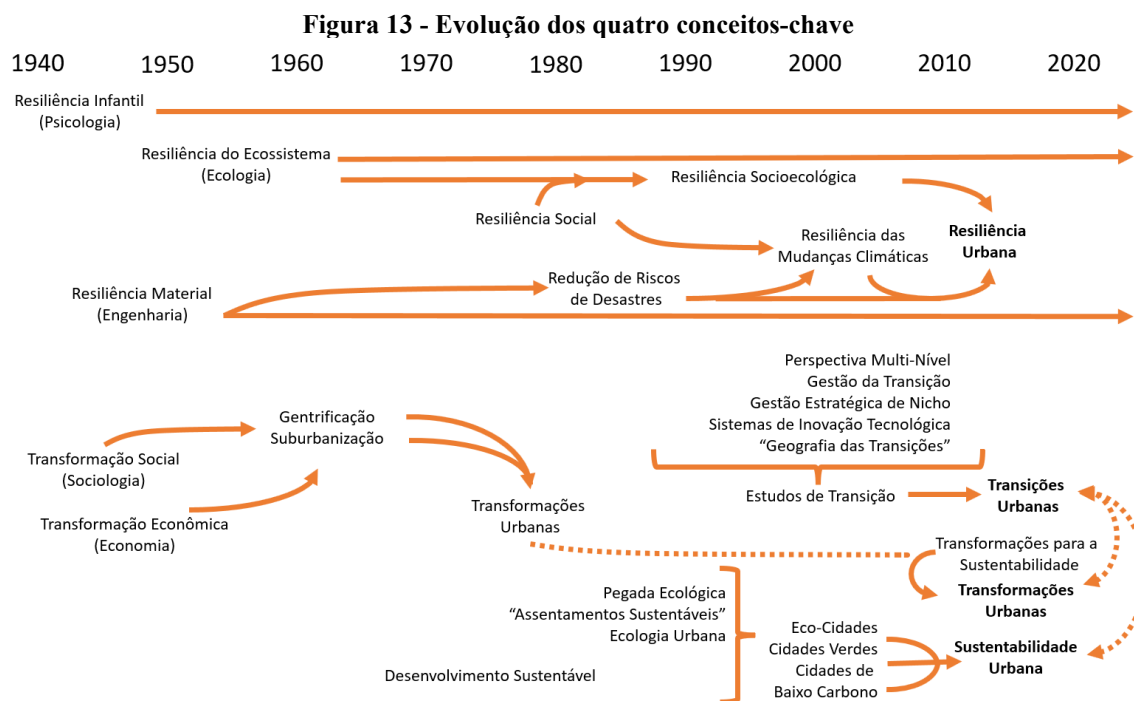
verde ou viva (Basiago, 1996). Partindo de uma perspectiva de sustentabilidade, uma cidade ou região urbana sustentável, deve manter um nível crítico de biodiversidade local e regional e o funcionamento do ecossistema, de modo a fornecer o máximo dos serviços ecossistêmicos essenciais necessários para o bem-estar humano (Huang; Wu; Yan, 2015).

As conferências Habitat não conseguiram estabelecer uma agenda urbana global holística, nem reconheceram a importância das cidades como potenciais determinantes da integridade ecológica global ou como locais de desenvolvimento global. Foi apenas no período que antecedeu 2015, graças as amplas contribuições de governos locais e de outras partes interessadas, que a comunidade internacional reconheceu o papel central dos governos subnacionais e da política urbana na determinação dos caminhos para o desenvolvimento sustentável por meio dos ODS. A Agenda 2030 reconheceu no preâmbulo a necessidade de os governos trabalharem em estreita colaboração na implementação de todos os objetivos com as autoridades regionais e locais, definindo assim a relevância e a aplicabilidade de todos os objetivos em nível local (Espey; Parnell; Revi, 2023).

Outra conquista da Agenda 2030, além da inclusão do Objetivo 11 para o reconhecimento dos determinantes locais ou espaciais do desenvolvimento, foi sinalizar a aceitação da descentralização na governança. Essa iniciativa reconheceu a necessidade de os governos nacionais envolverem, apoiarem e financiarem ativamente as autoridades locais que estariam na vanguarda de grande parte do esforço para promover o desenvolvimento sustentável e conter as alterações climáticas (Espey; Parnell; Revi, 2023). As cidades são um alvo fundamental na busca global pela sustentabilidade e agem de forma cada vez mais independente para assumirem a liderança nas iniciativas de sustentabilidade via redes de cidades como o ICLEI e o C40 Cities (Goodwin *et al.*, 2021).

Nos últimos anos, o ONU Habitat fez progressos significativos no desenvolvimento das metodologias do ODS para as cidades, o que melhorou a forma como a sustentabilidade das cidades é avaliada. Ao mesmo tempo, o Comitê Técnico ISO/TC 268 da Organização Internacional de Normalização estabeleceu um conjunto de indicadores para cidades e comunidades sustentáveis (Gavaldà; Gibbs; Eicker, 2023).

A mudança liderada pelas cidades para a sustentabilidade é um local chave de intervenção na concretização das ambições dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Dentro deste amplo discurso quatro conceitos abrangentes que surgiram nas últimas décadas são apresentados na Figura 13: sustentabilidade urbana, transições urbanas, transformação urbana e resiliência urbana (Angheloiu; Tennant, 2020).

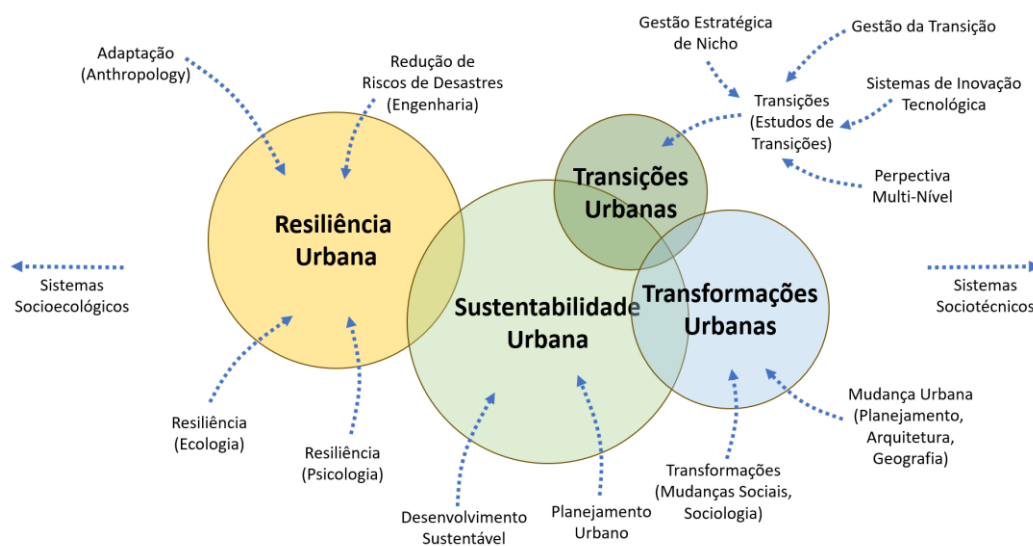


Fonte: Angheloiu e Tennant (2020, tradução própria).

De acordo com Angheloiu e Tennant (2020) esses conceitos provêm de diferentes campos, oriundos de múltiplas definições que surgem em diferentes comunidades de conhecimento, conforme caracterizado na Figura 14. Nos quatro domínios conceituais existe a necessidade de investigação de lacunas acadêmicas e práticas para compreender como ocorrem, bem como conceber investigações experimentais para explorar como essas lacunas podem ser preenchidas (Angheloiu; Tennant, 2020).

A resiliência urbana e a sustentabilidade urbana tiveram trajetórias paralelas na teoria e na prática, às vezes usadas de forma intercambiável por causa de seus princípios e objetivos compartilhados e outras vezes com a resiliência entendida como um requisito ou componente de sustentabilidade (Spiliotopoulou; Roseland, 2020).

Figura 14 - Mapeamento das posições relativas dos quatro conceitos em relação a sistemas socioecológicos e sistemas sociotécnicos



Fonte:

Angheloiu e Tennant (2020, tradução própria).

Investigações sobre os quatro conceitos-chave também precisam se envolver com implicações metodológicas e epistemológicas da investigação das cidades como sistemas complexos. Ao conceber a investigação a partir desta posição significa que será necessário conceber métodos apropriados para compreender a complexidade, as interdependências e os compromissos nas mudanças urbanas, bem como abordagens para trazer à tona e interrogar pressupostos dominantes sobre como a mudança acontece. Isto representa consequências para pesquisadores, pois exige questionamentos sobre os próprios papéis e atuação na influência da mudança por meio da investigação que realizam. Abordar esta questão exige ir além das competências tecnocráticas, por meio do cultivo da reflexividade, de comunidades de prática eficazes e de novas formas de organização para a produção de conhecimento (Angheloiu; Tennant, 2020).

Embora a sustentabilidade urbana tenha ganhado destaque nos estudos urbanos, ainda carece de uma definição que seja considerada aceitável e operacional. Como as cidades são espacialmente heterogêneas e sistemas adaptativos complexos, a sustentabilidade urbana é vista de maneira mais útil como um processo dinâmico em vez de uma meta fixa (Wu, 2014).

Adinyira, Oteng-Seifah, Adjei-Kumi (2007, p.2, tradução própria) mencionam que:

A sustentabilidade urbana é simplesmente descrita como um estado desejável ou um conjunto de condições urbanas que persistem ao longo do tempo, sendo frequentemente caracterizada por questões como equidade intergeracional, equidade intrageracional, proteção do ambiente natural, utilização mínima de recursos não renováveis, vitalidade e diversidade econômica, autossuficiência comunitária, bem-estar individual e satisfação de necessidades humanas básicas.

Como a sustentabilidade urbana é definida certamente afeta a forma como seus indicadores são derivados. Ela tem sido definida de diversas formas, com diferentes critérios e ênfases. A maioria das definições derivam dos conceitos de sustentabilidade, buscando a melhoria do bem-estar humano, o equilíbrio das dimensões de sustentabilidade, a redução do consumo de recursos e dos danos ambientais, além da ampliação da eficiência na utilização dos recursos e a garantia da equidade e da democracia (Huang; Wu; Yan, 2015).

Algumas definições identificadas por Pallathadka, Chang e Ajibade (2023) são apresentadas no Quadro 3. Essas definições, elaboradas em diferentes épocas, contribuem para um melhor entendimento sobre a evolução do conceito sustentabilidade urbana ao longo do tempo.

Quadro 3 - Definições de sustentabilidade urbana

Definição	Autoria
Uma cidade sustentável busca minimizar o consumo de espaço e recursos naturais; racionalizar e gerir eficientemente os fluxos urbanos; proteger a saúde da população urbana; garantir a igualdade de acesso a recursos e serviços; e manter a diversidade cultural e social.	Stanners, D.; Bourdeau, P. (1995)
Uma cidade sustentável é aquela que consegue equilibrar o progresso econômico, ambiental e sociocultural através de processos de participação ativa dos cidadãos.	Mega, V., & Pederson, J., (1998)
A sustentabilidade urbana é o processo de desenvolvimento de um ambiente construído que atenda às necessidades das pessoas, evitando ao mesmo tempo impactos sociais ou ambientais inaceitáveis.	Hamilton, A., Mitchell, G., Yli-Karjanmaa, S. (2002)
A sustentabilidade urbana é um processo adaptativo de facilitar e manter um ciclo virtual entre os serviços ecossistêmicos e o bem-estar humano através de ações ecológicas, econômicas e sociais concertadas em resposta a mudanças dentro e fora da paisagem urbana.	Wu, J. (2014)
A urbanização sustentável é a criação e manutenção de cidades e assentamentos humanos seguros, inclusivos, resilientes e sustentáveis, permitindo que todos os residentes tenham acesso a oportunidades de prosperidade e bem-estar, protegendo ao mesmo tempo o meio ambiente e os recursos naturais.	ONU (2015)
A sustentabilidade urbana é um processo adaptativo que aborda questões econômicas (por exemplo, equidade econômica), sociais (por exemplo, resiliência aos impactos das alterações climáticas), ambientais (por exemplo, redução da poluição atmosférica) e de governança (por exemplo, garantindo a participação ativa dos cidadãos na execução de funções urbanas). Aborda questões de forma integrada dentro e fora das áreas urbanas.	Agência Europeia do Ambiente (2023)

Fonte: Pallathadka, Chang e Ajibade (2023, p. 2, tradução própria).

A sustentabilidade urbana é o objetivo de muitas cidades no mundo, mas muito poucas alcançaram um nível de sustentabilidade que vai além dos objetivos ambientais mais básicos. A prática e a avaliação da implementação de sustentabilidade são agravadas pela falta de financiamento, de conhecimentos técnicos, de vontade política e pela disparidade de poder entre instituições dominantes e comunidades marginalizadas. Embora exista um entendimento geral entre os especialistas sobre o conceito de sustentabilidade urbana, as abordagens para alcançá-la variam devido a diferenças de foco, escala e contextos ambientais, geográficos, políticos e socioeconômicos (Pallathadka; Chang; Ajibade, 2023).

À medida que a compreensão de sustentabilidade varia, também variam as prioridades dos planejadores. A sustentabilidade urbana está sujeita a uma série de estruturas e comportamentos institucionalizados, tais como políticas e regulamentos, que podem impactar a sua implementação e variabilidade. A implementação de práticas sustentáveis pode representar um desafio devido à natureza interdependente e interconectada das estruturas comportamentais, organizacionais e institucionais das agências responsáveis pela implementação de sustentabilidade em vários níveis de governança. A cooperação e a coordenação entre diferentes agências e organizações são necessárias para resolver muitos destes desafios (Pallathadka; Chang; Ajibade, 2023).

A questão de alcançar a sustentabilidade nas cidades é crucial para abordar a inércia política e de implementação em múltiplas escalas e para melhorar a qualidade de vida das pessoas. Isso envolve promover o acesso à água e ao ar limpos, reduzir o congestionamento do tráfego, expandir a infraestrutura verde, ampliar o desenvolvimento econômico e a inovação, incluindo novas oportunidades de negócio em áreas como energias renováveis, gestão de resíduos, edifícios inteligentes e transportes sustentáveis, além de garantir equidade e justiça social para as gerações do presente e do futuro (Pallathadka; Chang; Ajibade, 2023).

Os problemas urbanos contemporâneos de grande escala estão frequentemente interligados, circulares, carregados de valores, históricos e contextuais. O seu desenrolar gera uma rede de sinergias e compromissos, com múltiplas soluções possíveis, inseridas num cenário incerto. O desenvolvimento da cidade pode promover o crescimento macroeconômico e o bem-estar, mas também pode gerar uma série de desafios de sustentabilidade inter-relacionados, como as mudanças climáticas, as desigualdades persistentes, a habitação inacessível e inadequada, o congestionamento e a poluição (Scrieci *et al.*, 2021).

Algumas cidades estão longe de oferecer condições e oportunidades para as suas comunidades residentes. Nessas cidades a maioria da população urbana é impedida ou restringida no atendimento de suas necessidades básicas em função do seu *status* econômico, social ou cultural, origens étnicas, gênero ou idade. Nessas cidades os benefícios da economia e do progresso social tipicamente associados à urbanização acabam sendo compartilhados por apenas uma minoria da população (ONU, 2010).

A ONU (2019c, p. 3) acredita que:

A persistência de múltiplas formas de pobreza, crescentes desigualdades e degradação ambiental permanecem entre os maiores obstáculos para o atingimento do desenvolvimento sustentável em todo o mundo, e a exclusão socioeconômica e a segregação espacial continuam a representar frequentemente uma realidade irrefutável em cidades e assentamentos humanos. Ainda estamos longe de lidar adequadamente com estes e outros desafios existentes e emergentes e há a necessidade de se aproveitar as oportunidades ensejadas pela urbanização, como um motor do crescimento econômico sustentado e inclusivo, do desenvolvimento social e cultural e da proteção ambiental, bem como suas contribuições potenciais para se alcançar um desenvolvimento transformador e sustentável.

A manutenção do processo de urbanização em nível global contribuirá para que a questão do desenvolvimento sustentável esteja cada vez mais atrelada a gestão do crescimento urbano, especialmente em regiões e países de média e baixa renda, onde a urbanização mais rápida é esperada até 2050. A urbanização bem gerida, preparada para compreender as tendências de longo prazo, pode aproveitar os benefícios da aglomeração bem como reduzir a degradação ambiental e outros impactos associados ao crescimento populacional das cidades (ONU, 2019d).

Quando não gerida de forma adequada, a expansão urbana, combinada com padrões de produção e consumo não sustentáveis e com a falta de capacidade das instituições públicas para gerenciamento da urbanização, pode comprometer a sustentabilidade (ONU, 2019d). Os problemas nas cidades exigem que instituições responsáveis os tratem e, se possível, os resolvam, motivo pelo qual se faz necessário incluir uma nova dimensão nas análises sobre a sustentabilidade urbana oriunda da proposta do desenvolvimento urbano sustentável: a dimensão institucional (Michalina *et al.*, 2021).

Problemas ambientais, econômicos, sociais e de governança podem criar barreiras formidáveis à sustentabilidade urbana. A governança continua sendo uma dimensão criticamente importante de sustentabilidade urbana, especialmente quando se discute a urbanização em países em desenvolvimento, em função dos rápidos movimentos populacionais e dos desequilíbrios no desenvolvimento socioeconômico. Entender como as cidades funcionam é fundamental para resolver esses desequilíbrios (Mutisya; Yarime, 2014).

Segundo a ONU (2019c, p. 3):

Até 2050, espera-se que a população urbana quase duplique, fazendo da urbanização uma das tendências mais transformadoras do século XXI¹⁰. Populações, atividades econômicas, interações sociais e culturais, assim como os impactos ambientais e humanitários, estão cada vez mais concentrados nas cidades, trazendo enormes desafios para a sustentabilidade em termos de habitação, infraestrutura, serviços básicos, segurança alimentar, saúde, educação, empregos decentes, segurança e recursos naturais, entre outros.

No Brasil o processo de urbanização, iniciado na década de 1960, seguiu em ritmo acelerado. O Censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) indica que 84,36% da população de 190.755.799 residia em áreas urbanas em 2010.

Segundo o IBGE (2016, p. 8), o país “possui 26 grandes concentrações urbanas, formadas, em sua maioria, por arranjos populacionais com população acima de 750.000 habitantes”. Juntas reúnem 79,124 milhões de habitantes ou 41,5% da população do País, incluindo 12 aglomerações de caráter metropolitano com população superior a 2,5 milhões de habitantes, classificação que engloba a Região Metropolitana de Curitiba (IBGE, 2016).

Curitiba foi o município escolhido como referência no contexto desta pesquisa para a realização de algumas reflexões e exercícios de percepções sobre sustentabilidade urbana. Foi também escolhido para o desenvolvimento de pesquisas realizadas pelo NIPAS, dedicadas à análise de questões de sustentabilidade envolvendo o seu território e as suas interrelações com a Região Metropolitana de Curitiba (RMC). Dentre as pesquisas realizadas encontram-se os estudos produzidos por Salles *et al.* (2022), sobre as relações entre capital social e redes sociais, e por Cavalcanti *et al.* (2017b), sobre a sustentabilidade dos projetos de mobilidade na Região Metropolitana de Curitiba.

Assim como outros centros urbanos, Curitiba também sofreu os efeitos da rápida urbanização e da expansão populacional. Segundo Macedo (2013) a mudança de uma economia agrícola para industrial, ocorrida nas décadas de 1960 e 1970, trouxe muitos trabalhadores para a cidade, elevando o seu contingente populacional de 350.000 para mais de um milhão de habitantes em apenas duas décadas.

Essa acelerada expansão urbana contribuiu para o surgimento de iniciativas de planejamento como a Companhia de Urbanização de Curitiba – URBS (1963) e do Instituto de

¹⁰ Para a Organização das Nações Unidas (2019d), no estudo “Perspectivas de urbanização mundial: a revisão de 2018”, a urbanização é uma das quatro megatendências demográficas, junto com o crescimento da população global, o envelhecimento da população e a migração internacional.

Planejamento e Pesquisa Urbana de Curitiba (IPPUC), criado pela Lei nº 2.828/66, (De Oliveira, 2001).

Confirmando a tendência de expansão da urbanização, nas últimas décadas Curitiba teve um considerável incremento populacional da ordem de 68,58%, passando de 1.052.147 habitantes em 1980 para uma população de 1.773.718 em 2022. Durante esse período, em que aumentou a sua população, Curitiba perdeu a sua porção de zoneamento rural passando a ser classificada como integralmente urbana, situação que contribuiu para os processos de intensificação da ocupação do seu território e para ampliação dos desafios relacionados a gestão de sustentabilidade urbana (IBGE, 2021; IBGE, 2022).

Alcançar a sustentabilidade nas cidades exige abordagens novas, integradoras e inovadoras que permitam às comunidades anteciparem, visualizarem e negociarem futuros de forma colaborativa e aumentar as oportunidades para ações sustentáveis (Neuhoff; Simeone; Laursen, 2023).

Considerando o contexto global da urbanização, acredita-se que já foi atingido o entendimento de que as cidades podem contribuir para a solução para os desafios enfrentados pelo mundo, substituindo a condição de serem apenas consideradas a sua causa. Se bem gerida, a urbanização pode ser transformada em uma importante ferramenta para a implementação do desenvolvimento sustentável (ONU, 2019c).

Os sistemas urbanos dependem de recursos, bens e tecnologias abundantes que fluem de outras regiões, graças a uma combinação de condições econômicas, geopolíticas e às vezes militares. A futura disponibilidade e acessibilidade de tais recursos, bens e tecnologias devem ser levados em consideração para verificar se as condições existentes e futuras provavelmente permitirão essa expansão urbana juntamente com o bem-estar urbano relacionado e a resiliência em prováveis cenários de pós-crescimento. Além das fontes não renováveis, espera-se que outras matérias-primas essenciais para as economias globais também diminuam (Cristiano *et al.*, 2020).

A urbanização, o crescimento econômico e o consumo de recursos foram projetados para aumentar nas próximas décadas, exigindo que algumas questões subjacentes sejam exploradas. A primeira questão é de que existem limites físicos e sociais, e que os atuais fluxos de sustentação de energia, materiais, bens e trabalho não podem ser dados como garantidos para sempre. Em segundo lugar, a urbanização global teria pouco a ver com a narrativa atual de cidades inteligentes e sustentáveis uma vez que muitas vezes implica em favelas e abrigos inseguros e insalubres para quem procura emprego desesperado e que como resultado não gera

a distribuição igualitária dos supostos benefícios da cidade. A terceira questão é que os efeitos de tais padrões de urbanização econômica já atingiram níveis críticos em termos de poluição e mudanças climáticas (Cristiano *et al.*, 2020).

Existe a necessidade de se reconhecer que as atuais estratégias globais para alcançar a sustentabilidade estão longe de atingir seus objetivos. Vários dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) parecem ameaçados, em particular aqueles que tratam de questões como a pobreza; boa saúde e bem-estar; água potável e saneamento; energia limpa e acessível; redução das desigualdades; ação climática e paz; justiça e instituições fortes. Os caminhos de planejamento virtuosos para cidades sustentáveis e o metabolismo urbano são, portanto, urgentemente necessários (Cristiano *et al.*, 2020; Simão; Salles; Fernandes, 2024).

Apesar das questões importantes levantadas pelo ODS 11 e dos princípios e procedimentos operacionais que a Nova Agenda Urbana apresentou, ambas ficaram sujeitas a críticas. Alguns especialistas consideram que as agendas não abordam importantes fatores de desigualdade e degradação urbana, ou meios de implementação, como a natureza da descentralização e do financiamento local. Outros expressam preocupação com o reducionismo destas agendas e a sua forte ênfase na quantificação. Cinco deficiências ou limitações específicas são identificadas: desigualdade intraurbana, territorialidade, engajamento político de alto nível, produtividade e financiamento (Espey; Parnell; Revi, 2023).

2.4. Avaliação de Sustentabilidade Urbana

As cidades são reconhecidas como centrais para determinar a sustentabilidade do desenvolvimento humano (Wiedmann; Allen, 2021). As cidades estão reconhecendo cada vez mais a enormidade dos desafios causados pela rápida urbanização e que várias medidas, como a avaliação de sustentabilidade, podem ser tomadas para enfrentar esses desafios (Sharifi, 2021).

Tal como a tarefa de definir a sustentabilidade progrediu em resposta ao pensamento econômico inicial, o mesmo aconteceu com a tarefa da sua avaliação (Adinyira; Oteng-Seifah; Adjei-Kumi, 2007). No entanto, conceitos de avaliação que são capazes de determinar se uma cidade é sustentável ou não estão apenas surgindo (Wiedmann; Allen, 2021).

A sustentabilidade urbana é uma área temática na qual a avaliação de sustentabilidade está sendo aplicada, e a avaliação de sustentabilidade urbana é um subcampo da avaliação de

sustentabilidade em rápido crescimento (Cohen, 2017). A avaliação de sustentabilidade também corresponde a um método oriundo do método de avaliação ambiental. Consiste em aplicar os princípios gerais de sustentabilidade para determinar se, e em que medida, diversas ações podem promover a causa da sustentabilidade (Lawrence (1997) apud Adinyira; Oteng-Seifah; Adjei-Kumi, 2007).

Como método é aplicada nos contextos de comunidades ou organizações servindo como um sistema de auditoria ou teste de desempenho. É utilizada também para avaliação de impacto e de sustentabilidade de projetos, planos, legislações ou políticas antes de serem implementados (Adinyira; Oteng-Seifah; Adjei-Kumi, 2007). Trata-se de um método de avaliação complexo, conduzido para dar suporte à tomada de decisões e políticas em um amplo contexto ambiental, econômico e social, transcendendo uma avaliação puramente técnica ou científica (Sala; Ciuffo; Nijkamp, 2015).

A literatura é mais desenvolvida para a avaliação de sustentabilidade em termos genéricos bem como na aplicação a outras áreas de enfoque. A avaliação de sustentabilidade é um recurso que pode ser empregado para melhor conceituar e definir a sustentabilidade urbana. As pesquisas sobre avaliação de sustentabilidade urbana também carecem de um léxico comum para padronização de termos e conceitos que são aplicados de diferentes formas, além de uma maior exploração do emprego de métodos mistos (Cohen, 2017).

Os primeiros estudos sobre a avaliação de sustentabilidade urbana foram publicados no início dos anos 1990, logo após o reconhecimento da importância das áreas urbanas para alcançar o desenvolvimento sustentável, ocorrido no final dos anos 1980. O campo foi inicialmente focado em poucos temas e depois se tornou mais diversificado para reconhecer as características multidimensionais da sustentabilidade urbana (Sharifi, 2021).

A partir de uma revisão de literatura Sharifi (2021) identifica quatro períodos entre 1991 e 2020 para caracterizar as evoluções ocorridas em relação ao campo de pesquisa, apresentados no Quadro 4.

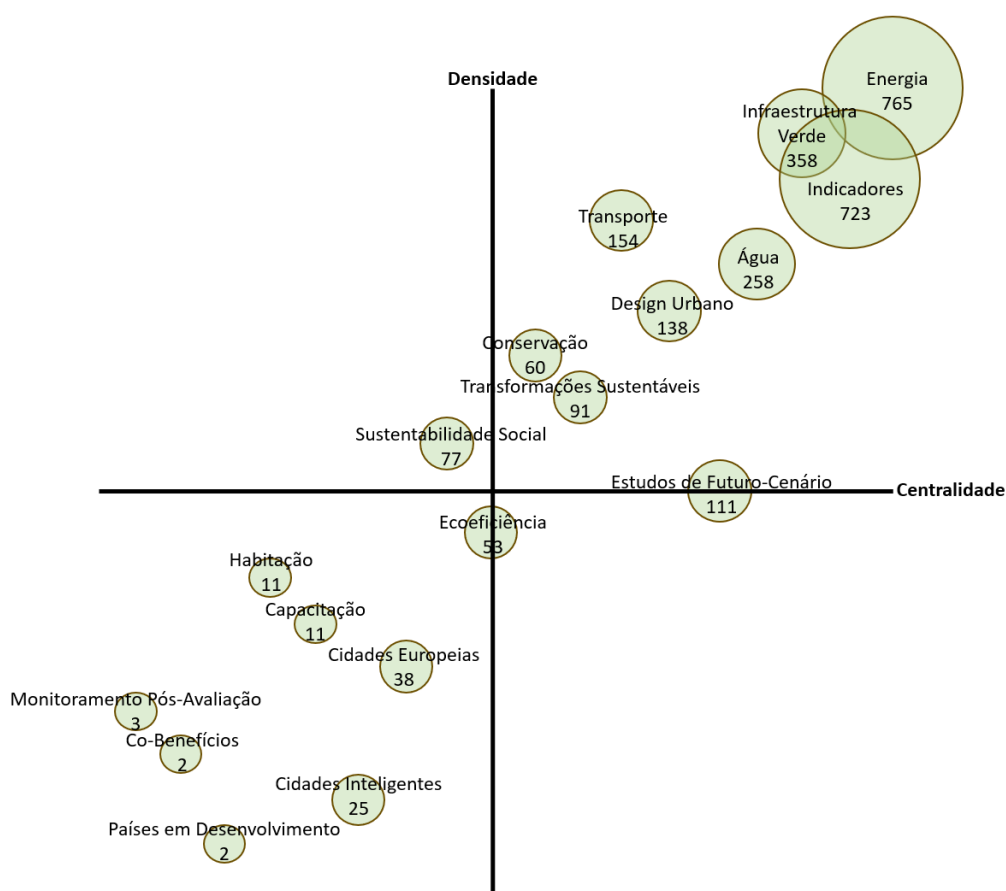
Quadro 4 - Evoluções do campo de pesquisa avaliação de sustentabilidade urbana (1991-2020)

Período	Descrição
1º. Período: 1991-2000	Período em que a avaliação de sustentabilidade urbana é considerada como um campo ainda incipiente onde o foco setorial é dominante.
2º. Período: 2001-2009	Período caracterizado pela maior atenção às abordagens holísticas de avaliação, facilitado pelos avanços feitos em ferramentas de apoio à decisão e esquemas de avaliação projetados para promover uma melhor atenção às abordagens multissetoriais.
3º. Período: 2010-2015	Período marcado pela evolução do tema desenvolvimento sustentável para o tema intitulado indicadores, que passa a ser considerado o tema mais importante do período. Também corresponde ao período quando as abordagens holísticas para avaliação de sustentabilidade urbana estavam mais avançadas. Destaca-se nesse período o rápido desenvolvimento e absorção de ferramentas desenvolvidas para avaliação em nível de bairro e cidade.

4º. Período: 2016-2020	A pesquisa sobre sustentabilidade urbana novamente ganha importância com a publicação da Nova Agenda Urbana e a adoção dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) na Assembleia Geral da ONU em setembro de 2015. Fonte: Sharifi (2021, tradução própria).
------------------------	--

De acordo com Sharifi (2021) no período de 2016 a 2020 ganharam destaque na literatura os temas indicadores de desenvolvimento sustentável, energia, infraestrutura verde, água, transporte e *design* urbano, com os três primeiros desempenhando papéis mais importantes na estruturação do desenvolvimento do campo, conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15 - Temas de pesquisa em sustentabilidade urbana – quarto período (2016-2020)



Fonte: Sharifi (2021, tradução própria).

Muitos métodos de avaliação de sustentabilidade urbana podem ser identificados na literatura (Hiremath *et al.*, 2013). Existem inúmeros recursos para avaliação de sustentabilidade aplicados em diferentes setores e escalas, bem como um crescente corpo de pesquisa para o contexto urbano (Cohen, 2017).

Adinyira, Oteng-Seifah e Adjei-Kumi (2007) definiram três categorias de métodos a partir da análise dos seus fundamentos metodológicos, apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Métodos de avaliação de sustentabilidade

Métodos	Descrição
Métodos ambientais em geral	Remontam à era pré-Brundtland, onde a sustentabilidade se centrava principalmente na avaliação de impactos ambientais por meio de listas de verificação, matrizes, quadros lógicos, análises de custo-eficácia, avaliações multicritérios, entre outros, que utilizam a avaliação ambiental como base metodológica. Dele derivam muitos métodos de avaliação de sustentabilidade que se centram nos fluxos de energia e materiais.
Métodos de avaliação do ciclo de vida	Sua origem remonta ao apelo da Agenda 21 para integração do ambiente e de outros aspectos do ambiente urbano envolvendo questões sociais, econômicas e institucionais. Contribuíram para ampliar a cobertura das atividades humanas e das escalas espaciais.
Métodos de indicadores de sustentabilidade	Se utiliza de uma ampla gama de indicadores para caracterizar as diferentes dimensões ou aspectos do desenvolvimento urbano.

Fonte: Adinyira, Oteng-Seifah e Adjei-Kumi (2007, tradução própria).

Do ponto de vista metodológico Adinyira, Oteng-Seifah e Adjei-Kumi (2007) identificaram que os métodos de indicadores de sustentabilidade eram reconhecidos como ferramentas de integração úteis para avaliar uma situação em diversas dimensões e para testar a sustentabilidade. Identificaram também que o principal problema com estes métodos era relacionar o que os indicadores mediam com a sustentabilidade real e que a evolução dos métodos representava um progresso constante para atingir esse requisito.

Cohen (2017) levantou os métodos de avaliação de sustentabilidade urbana mais frequentes no período de 2001 a 2017, apresentados no Quadro 6

Quadro 6 - Métodos de avaliação de sustentabilidade urbana (2001-2017)

Métodos de Avaliação	Frequência
Estruturas orientadas a indicadores ou índices	25
Sistemas de classificação de sustentabilidade	16
Estruturas baseadas em princípios	6
Análise espacial e forma urbana	6
Tomada de decisão multicritério	5
Metabolismo urbano	5
Avaliação de ecoeficiência	2
Avaliação de impacto	2
Estrutura baseada em ativos	1
Capacidade de carga urbana	1

Fonte: Cohen (2017, tradução própria).

Na escala urbana, a avaliação de sustentabilidade normalmente gira em torno de estruturas orientadas a identificação e medição de indicadores, apresentando como principal característica a organização em torno dos pilares de sustentabilidade. Na sequência aparecem os sistemas de classificação de sustentabilidade que agrupam indicadores a partir de uma série de critérios e que atribuem pontos para cidades ou bairros que atendam determinados critérios. Em terceiro lugar figuram as estruturas baseadas em princípios orientadores para avaliação de sustentabilidade urbana. Para esse método o autor considera que Gibson (2006a), embora não

tenha tratado especificamente do contexto urbano, fornece o enquadramento mais claro para a avaliação de sustentabilidade (Cohen, 2017).

Cohen (2017) constata que embora a estrutura baseada em indicadores ou índices seja a ferramenta analítica mais comum, sua aplicação muitas vezes não é fundamentada em princípios claros de sustentabilidade. Considera também que os indicadores para avaliação de sustentabilidade urbana precisam ser selecionados e organizados por meio de uma perspectiva mais integrativa.

As estruturas para avaliar a sustentabilidade das cidades são anteriores aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e geralmente seguem princípios comuns de sustentabilidade. Devido a ampla gama e complexidade do conceito, não houve o estabelecimento de uma estrutura comum, sendo as estruturas de avaliação existentes muitas vezes criticadas por não integrarem e implementarem alguns elementos específicos da cidade (Wiedmann e Allen, 2021).

Na avaliação de sustentabilidade urbana os aspectos ambientais ainda são dominantes e as principais questões socioeconômicas, como equidade, justiça e engajamento público ainda não estão bem representadas (Sharifi, 2021). Ainda existe uma tendência de priorização da sustentabilidade ambiental em detrimento de outras dimensões apesar de existir um reconhecimento crescente da importância da sustentabilidade social (Pallathadka; Chang; Ajibade, 2023).

As tentativas iniciais das cidades de medir a sustentabilidade geralmente se concentraram no desempenho relativo, comparado ao desempenho histórico ou a outras cidades, ou a partir de eventos dentro dos limites da cidade (Goodwin *et al.*, 2021). Diversos estudiosos tentaram quantificar a sustentabilidade para facilitar a sua implementação e estabelecer melhores práticas em governança. Boa parte desses esforços foram centrados em dimensões de sustentabilidade, com maior ênfase para as questões ambientais (Pallathadka; Chang; Ajibade, 2023).

Goodwin *et al.* (2021) acreditam que apesar do nível de esforço despendido no desenvolvimento de estruturas de indicadores, ainda falta consistência nas definições e indicadores. Consideram que os esquemas são frequentemente baseados na opinião de especialistas em vez do alinhamento com os princípios básicos de sustentabilidade e metas baseadas na ciência, o que pode limitar sua aplicabilidade geral, comparabilidade e relevância.

A maior parte das estruturas desenvolvidas nos últimos anos pode ser classificada como Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS) ou de segunda geração (1990-presente)

conforme propostas de classificação definida por Quiroga (2001). Essas estruturas geralmente envolvem três ou quatro dimensões de sustentabilidade, que embora possa garantir clareza e uma representação equilibrada de categorias e indicadores, muitas vezes não garante as suas interligações (Michalina *et al.*, 2021).

O conceito de sustentabilidade está profundamente interligado ao desenvolvimento econômico e nenhum desenvolvimento econômico seria possível na sociedade moderna sem torná-lo sustentável (Franco, 2021). A opção pelas três dimensões representaria um afastamento de visões anteriores do desenvolvimento onde a economia era considerada o único motor do progresso humano (Gavaldà; Gibbs; Eicker, 2023).

Gavaldà, Gibbs e Eicker (2023) mencionam que o conceito de sustentabilidade tem sido criticado por ser muito limitado, por não abordar questões como a habitabilidade, a saúde, o bem-estar e a felicidade. Também consideram que em virtude das tendências climáticas atuais, as cidades não devem apenas sustentar a sua situação atual, mas também regenerá-la.

Apesar da necessidade de incorporação de outras dimensões, a exemplo das dimensões cultural e institucional, elas acabam não sendo contempladas pela maioria das ferramentas ou são incluídas recebendo um menor peso (Kaur; Garg, 2023). A literatura sobre avaliação de sustentabilidade também destaca a falta de uma perspectiva de sistemas na maioria das estruturas disponíveis. Pensar além dos limites de um sistema ajudaria a entender as interrelações existentes entre os sistemas e o contexto geral, o que é essencial para fazer frente ao desenvolvimento global insustentável e mitigar ações insustentáveis (Zimek; Baumgartner, 2024).

Nos últimos 20 anos, vários quadros de avaliação, classificação, certificação e normas recentemente desenvolvidas tentaram abordar a captura dos aspectos ambientais, sociais e econômicos de sustentabilidade nas cidades. Uma ampla gama de estruturas relacionadas a sustentabilidade foi desenvolvida orientadas para diferentes escalas (edifícios, bairros, comunidades, cidades) e diferentes âmbitos de análise, criando áreas de intersecção interessantes que podem ser exploradas, integradas e desenvolvidas. Alguns novos esquemas que se aprofundam mais em aspectos sociais e de bem-estar surgiram recentemente (Gavaldà; Gibbs; Eicker, 2023).

Como as cidades diferem significativamente nas fontes e disponibilidade de dados, tamanho da população, contexto histórico de desenvolvimento e funcionamento, várias estruturas de indicadores de sustentabilidade urbana foram sendo gradualmente criadas por organizações internacionais, agências governamentais, organizações não governamentais,

sociedades locais, representantes de comunidades empresariais e cientistas do ambiente acadêmico (Michalina *et al.*, 2021).

Os parâmetros ambientais representam a base das estruturas, que apresentam maior ênfase em questões como a gestão de água, a qualidade do ar, o transporte ou a gestão de terras. Essa situação se apresenta como uma evidência da necessidade do estabelecimento de uma melhor cooperação entre as várias estruturas para cobrir todos os critérios necessários, evitando assim a utilização de várias estruturas individuais (Gavalda; Gibbs; Eicker, 2023).

Goodwin *et al.* (2021) consideram que a inclusão de indicadores e limites absolutos de sustentabilidade, incluindo avaliação de impactos transfronteiriços agora é possível e essencial para permitir que as cidades comparem o progresso para um futuro sustentável.

Novas perspectivas começam a considerar que a abordagem do desenvolvimento sustentável não é ambiciosa o suficiente para a situação de crise atual, optando pela implementação de novos conceitos como o decrescimento ou desenvolvimento regenerativo (Gavalda; Gibbs; Eicker, 2023). Pallathadka, Chang e Ajibade (2023) apontam para a necessidade de criação de uma nova estrutura que possibilite a criação de indicadores específicos localmente, utilizando métodos e intervenientes exclusivamente qualificados nas suas áreas de conhecimento para realizar esse processo de criação.

Para Gavalda, Gibbs e Eicker (2023) algumas estruturas podem gerar um ponto de partida para a identificação de indicadores mais críticos e que seria possível utilizar parte desses indicadores, mesmo apresentando fragilidades em função de uma abordagem estática da realidade ou deficiências estruturais no que diz respeito à captura e processamento de dados.

Michalina *et al.* (2021) realizaram um estudo para tentar determinar quais seriam as estruturas mais relevantes, avaliar a sua estrutura básica (dimensões, categorias, temáticas e indicadores) e apontar tendências e desafios para o domínio da avaliação de sustentabilidade urbana. A partir dos critérios estabelecidos para a pesquisa identificaram 50 estruturas que avaliam a sustentabilidade urbana em diferentes níveis espaciais (global, regional, nacional e local), que se utilizam de indicadores quantitativos e qualitativos, que apresentam diferenças de prioridades em nível de países (desenvolvidos e em desenvolvimento) e de relevância para temas e indicadores em nível de cidades.

Os resultados alcançados pelo estudo indicam que em relação a representação das dimensões de sustentabilidade, 11 estruturas utilizam três dimensões de sustentabilidade (ambiental, social e econômica) e nove estruturas incluem como quarta dimensão a institucional. A maioria das estruturas (30) utiliza categorias temáticas específicas com

alternativa para as principais dimensões de sustentabilidade. As dimensões “espacial” e “cultural” tiveram apenas uma ocorrência cada.

A dimensão ambiental foi encontrada em todas as estruturas selecionadas (50), seguida pela dimensão social (45), a dimensão econômica (41) e a dimensão institucional de sustentabilidade (24). As categorias temáticas com o respectivo número de estruturas onde foram aplicadas são apresentadas no Quadro 7, classificadas pelas quatro dimensões de sustentabilidade.

Quadro 7 - Categorias temáticas utilizadas em estruturas

Dimensão	Categoria Temática	Número de Estruturas
Ambiental	Água (uso, consumo, qualidade, gestão)	39
	Mobilidade e transporte	39
	Resíduos (gestão de resíduos, consumo responsável ou material)	34
	Qualidade do ar	33
	Energia	31
	Uso do solo (terra e natureza, desenvolvimento espacial)	29
	Mudanças climáticas (responsabilidade global)	21
	Emissões de CO2	16
	Poluição Sonora	16
	Biodiversidade	15
	Ambiente	7
	Desastre natural	6
	Pegada ecológica	5
	Solo	3
Econômico	Economia (desenvolvimento econômico, desempenho, crescimento, força)	37
	Emprego (desemprego, empregos, força de trabalho)	28
	Apelo global (relações econômicas, turismo)	10
	Estrutura econômica	6
	Materiais e produtos	3
Social	Educação	33
	Saúde	27
	Habitação (abrigo)	26
	Segurança e proteção	25
	Equidade (social ou econômica)	25
	Espaço verde (espaço público, recreação)	25
	Tecnologia e Inovação	23
	Bem-estar	21
	Demografia (população)	13
	Pobreza	12
Institucional	Inclusão social	11
	Participação (engajamento cívico)	21
	Planejamento urbano (desenho ou forma urbana)	19
	Gestão ambiental	17
	Governança	17
	Financiamento	13
	Transparência	3

Fonte: Michalina *et al.* (2021, tradução própria).

Michalina *et al.* (2021) também identificam os indicadores que apresentam maior frequência nas estruturas analisadas conforme demonstrado no Quadro 8.

Quadro 8 - Categorias temáticas e indicadores mais utilizados

Dimensão	Categoria Temática	Os indicadores mais populares	Número de Estruturas
Ambiental	Água	Consumo doméstico de água (litros/per capita/dia/ano)	32
		Percentagem da população ligada a um sistema público de esgotos e a um sistema de tratamento de águas residuais (%)	21
	Mobilidade e transporte	Divisão modal — distribuição percentual de viagens diárias médias: a pé, transporte público, transporte privado motorizado e bicicletas	26
		Taxa de motorização — número de automóveis pessoais per capita	16
		Extensão total de ciclovias em km por 1000 habitantes	12
	Resíduos	Resíduos municipais gerados — em kg per capita	34
		Taxa de reciclagem de resíduos municipais (%)	30
	Qualidade do ar	Concentrações médias anuais de poluentes atmosféricos: NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} (µg/m ³)	35
		Número de vezes que o limite de poluentes NO ₂ , PM ₁₀ , O ₃ é ultrapassado	30
	Energia	Participação do consumo total de energia de uma cidade proveniente de fontes renováveis como participação do consumo total de energia da cidade (%)	28
		Consumo total de eletricidade em kWh per capita	21
	Uso da terra	Participação da área construída, floresta, água, terras agrícolas e outras áreas da área total da cidade (%)	30
		Participação das áreas naturais protegidas na área total da cidade (%)	9
	Mudanças climáticas	Emissões totais de CO ₂ (tCO ₂ /capita/ano)	36
Social	Educação	Educação infantil — crianças menores de seis anos matriculadas em programas de educação infantil (%)	11
	Saúde	Expectativa de vida ao nascer (masculino/feminino)	16
		Número de médicos e pessoal de enfermagem por 1000 habitantes	13
	Habitação	Custos de habitação — % do rendimento familiar disponível total	13
		Área média de habitação por pessoa (m ²)	11
	Segurança e proteção	Número de crimes reportados anualmente por 1000 habitantes	28
		Número de acidentes de trânsito por ano por 1000 habitantes	14
	Equidade (social, económica)	Distribuição de renda (Coeficiente de Gini)	15
		Proporção de mulheres e minorias étnicas no governo local (%)	13
	Infraestrutura social	Conexão a serviços — percentagem de domicílios conectados a água encanada, esgoto, eletricidade, rede de distribuição de gás e internet banda larga (%)	16
		Porcentagem da população que vive a 500 m de serviços públicos básicos (%)	9
	Espaço verde	Área verde dentro da cidade (florestas, parques, jardins etc.) por habitante (m ² /hab.)	26
		Porcentagem de habitantes que vivem a 300 m ou 15 minutos a pé de espaços verdes públicos > 5000 m ² (%)	10
	Cultura	Despesa pública em cultura por 1000 habitantes	10
Institucional	Participação	Participação eleitoral — % da população adulta que votou nas últimas eleições municipais, presidenciais, nacionais e parlamentares da UE	20
		Associações cívicas — número de organizações voluntárias sem fins lucrativos, incluindo ONGs e organizações políticas, desportivas ou sociais, registadas ou com instalações na cidade, por 1000 habitantes	8
	Planejamento urbano	Existência de documentos para incitar o desenvolvimento urbano sustentável e estratégico	7
	Gestão ambiental	Número de empresas e organizações públicas e não governamentais com Sistemas de Gestão Ambiental certificados (ISO14001/EMAS)	15
		Participação de produtos com rótulo ecológico nas compras públicas das autoridades municipais	7
	Governança	Dívida total per capita de um município (em euros)	15
Económico	Economia	Produto da cidade per capita	21
		Número de empresas por 1000 habitantes	12
	Emprego	Taxa de desemprego (%)	26
		Variação percentual do emprego desde o ano base (%)	23

Fonte: Michalina *et al.* (2021, tradução própria).

O interesse na avaliação de sustentabilidade em nível local é significativo e pode ser evidenciado pelo número de estruturas criadas na última década. Esta situação contribui para a variabilidade metodológica observada em termos de dimensões de sustentabilidade, categorias temáticas e indicadores, que precisam ser alinhados com as condições e objetivos específicos de cada cidade (Michalina *et al.*, 2021).

Goodwin *et al.* (2021) identificaram 277 estruturas em artigos de revisão publicados no período de 2017 a 2020 com o objetivo de avaliar questões relacionadas ao desempenho urbano. A partir da aplicação de critérios para revisão que envolveram a verificação da aplicação das estruturas no contexto das cidades e a frequência das estruturas nos estudos analisados, selecionaram 17 estruturas para verificar se estas contemplavam medidas absolutas de sustentabilidade, a exemplo dos limites planetários, e se estavam avaliando os seus impactos de consumo transfronteiriços. Para realizar as avaliações utilizaram como referência as bases sociais contempladas na proposta de espaço seguro e justo desenvolvida por Raworth (2012).

Nas análises realizadas constataram que as medidas absolutas de sustentabilidade ainda não são amplamente incorporadas nas estruturas e que os indicadores usados raramente contemplam uma perspectiva baseada no consumo transfronteiriço. Avaliaram que embora as estruturas mais utilizadas contemplem em alguma medida os limites planetários, ainda permanece uma capacidade limitada de entender até que ponto as cidades estão contribuindo de forma individual para ultrapassar esses limites. Também identificam que dentre os limites planetários as emissões de gases do efeito estufa, seguidas pelas mudanças no uso do solo e do uso da água, figuram como os limites mais difundidos. Concluíram que dentre as estruturas avaliadas apenas os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) abrange todos os limites planetários e todas as bases sociais do espaço seguro e justo, e que a certificação ISO 37120 aborda todas as bases sociais, exceto dois limites planetários: acidificação dos oceanos e fluxos biogeoquímicos de nitrogênio e fósforo.

Gavaldà, Gibbs e Eicker (2023) também realizaram um levantamento similar com foco na dimensão ambiental, utilizando como referência o estudo desenvolvido por Michalina *et al.* (2021) e outros mais antigos realizados no período de 2015 a 2019. O grupo de estruturas avaliado revela que mesmo sendo essencialmente orientadas para aspectos ambientais, a maioria delas também engloba aspectos sociais. As dimensões economia e governança aparecem em um segundo grupo de fatores importantes em algumas delas, enquanto a dimensão cultura aparece com menor importância na maioria das estruturas. O estudo também revela o conjunto de palavras mais frequentes associadas com as estruturas analisadas: ar, mudança, clima, consumo, economia, eficiência, energia, ambiente, governança, verde, terra, qualidade,

sustentável, transporte, urbano, uso, desperdício e água. Para o conjunto específico de estruturas associadas a questão da habitabilidade, outro foco do estudo, aparecem as palavras comunidade, democracia, economia, educação, ambiente, equidade, saúde, pessoal, lugar, segurança e sustentabilidade.

A partir do cruzamento dos resultados dos levantamentos realizados por Michalina *et al.* (2021), Goodwin *et al.* (2021) e Gavalda, Gibbs e Eicker (2023) é apresentada no Quadro 9 uma relação integrada das estruturas identificadas em pelo menos dois ou nos três estudos realizados.

Quadro 9 - Relação integrada das estruturas comuns a dois ou três estudos

Estruturas	Gavalda, Gibbs e Eicker (2023)	Michalina <i>et al.</i> (2021)	Goodwin <i>et al.</i> (2021)	Total de Ocorrências
Reference Framework for Sustainable Cities (RFSC)	1	1	1	3
European Green City Index	1	1	1	3
ISO 37120 Sustainable cities and communities - Indicators for city services and quality of life	1	1	1	3
Urban Sustainability Indicators – 1/2	1	1	-	2
BREEAM Communities	1	-	1	2
DGNB Certification System - Urban Districts	1	-	1	2
LEED for Neighborhood Development	1	-	1	2
Green Star Communities	1	-	1	2
China Urban Sustainability Index	1	1	-	2
European Green Leaf Award	1	1	-	2
Global City Indicators Facility/Program (precursor da ISO 37120)	1	-	1	2
Urban Sustainability Framework	1	1	-	2
Urban Audit Cities Statistics	1	1	-	2
Urban Ecosystem Europe	1	1	-	2
City Prosperity Index (expandido para City Prosperity Initiative)	-	1	1	2
Sustainable Development Goals (SDGs)/SDG 11+	-	1	1	2
Sustainable Cities Index - 1/5	-	1	1	2
STAR Community Rating System (incorporado pelo USGBC - LEED for Cities & Communities Programs)	-	1	1	2
CASBEE for Urban Development/Cities	-	1	1	2

Fonte: Autoria própria (2024).

Uma verificação das 19 estruturas apresentadas no Quadro 9 permitiu constatar que todas são orientadas por dimensões ou categorias temáticas, confirmando as análises realizadas por Michalina *et al.* (2021), Goodwin *et al.* (2021) e Gavalda, Gibbs e Eicker (2023). Dentre as estruturas analisadas, 7 ou 36,8% são relacionadas a sistemas de certificação desenvolvidos nos Estados Unidos (LEED + STAR), Inglaterra (BREEAM), Alemanha (DGNB), Suíça (ISO), Austrália (Green Star) e Japão (CASBEE). Todas elas desenvolvem iniciativas relacionadas a sistemas de certificação para a construção civil (certificação de edifícios) e para certificação de

comunidades, bairros e cidades (USGBC, 2024; BREEAM, 2024; DGNB, 2024; ISO, 2024; GBCA, 2024; CASBEE, 2024).

Dentre as iniciativas que não envolvem certificação, destaca-se o Quadro de Referência para Cidades Sustentáveis (RFSC) desenvolvido pela Comunidade Europeia, que oferece 30 objetivos relacionados a políticas urbanas sustentáveis consideradas mais difundidas, distribuídos nas dimensões ambiental, social e econômica, incluindo as dimensões espacial e governança. É utilizado como um instrumento de apoio para as administrações locais na concepção dos seus planos de desenvolvimento sustentável que devem ser avaliados por indicadores (Franco, 2021). A relação de objetivos é apresentada no Quadro 10.

Quadro 10 - Objetivos do RFSC para o desenvolvimento sustentável das cidades

Dimensões	Objetivos
Espacial	• Desenvolver planejamento urbano sustentável e uso do solo; • Garantir a igualdade espacial; • Incentivar a resiliência territorial; • Preservar e valorizar o patrimônio urbano, arquitetônico e cultural; • Promover alta qualidade e funcionalidade de espaços públicos e ambientes de vida; • Desenvolver mobilidade alternativa e sustentável;
Governança	• Garantir uma estratégia territorial integrada; • Promover a administração sustentável e a gestão financeira da cidade; • Implementar um processo de avaliação e melhoria contínua; • Aumentar a participação dos cidadãos; • Fortalecer a governança em parceria; • Facilitar a capacitação e o <i>networking</i>;
Social	• Garantir a inclusão social; • Garantir a equidade social e intergeracional; • Construir uma oferta de habitação para todos; • Proteger e promover a saúde e o bem-estar; • Melhorar a educação e a formação inclusivas; • Promover cultura e oportunidades de lazer;
Econômico	• Estimular o crescimento verde e a economia circular; • Promover a inovação e as cidades inteligentes; • Garantir a conectividade; • Desenvolver emprego e economia local resiliente; • Incentivar a produção e o consumo sustentáveis; • Promover a cooperação e parcerias inovadoras;
Ambiental	• Mitigar as alterações climáticas; • Proteger, restaurar e melhorar a biodiversidade e os ecossistemas; • Reduzir a poluição; • Adaptar-se às mudanças climáticas; • Gerir a sustentabilidade dos recursos materiais naturais e prevenir o desperdício; • Proteger, preservar e gerir os recursos hídricos.

Fonte: Franco (2021, p. 517, tradução própria).

Destaca-se também a iniciativa dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) implementada pela ONU, a qual contempla um objetivo específico para cidades (SDG 11) e é utilizada como referência para análises realizadas em algumas estruturas. No levantamento realizado por Gavaldà, Gibbs e Eicker (2023) foi identificada a SDG Cities Global Initiative desenvolvida pela ONU, que pode ser considerada como mais uma evidência da importância

do envolvimento das cidades para atingimento dos ODS (ONU, 2024). Nos estudos realizados por Michalina *et al.* (2021) e Simão, Salles e Fernandes (2024) foi identificado o Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades (IDSC-BR), solução utilizada no Brasil para a avaliação do desempenho de 5.570 municípios em relação ao atingimento dos ODS (ICS, 2024).

As cidades usam indicadores como suporte para considerar diferentes alternativas de decisão (Huovila; Bosch e Airaksinen, 2019). Uma crítica das avaliações de sustentabilidade da cidade é que muitas usam modelos simples de indicadores que fornecem uma pontuação geral de desempenho relativo da cidade, mas não consideram o papel que as cidades desempenham no estímulo de impactos globais de consumo e produção (Wiedmann e Allen, 2021).

Em um artigo que trata sobre o desenvolvimento futuro de um dicionário de indicadores de sustentabilidade, Ruan e Yan (2022) identificaram 1.435 indicadores em 47 estudos de sustentabilidade urbana produzidos entre 2010 e 2021.

Kauling (2020) usou como referência para o desenvolvimento do método de avaliação de desenvolvimento territorial sustentável em regiões metropolitanas 1.712 indicadores identificados em um levantamento realizado pelo NIPAS.

Huovila, Bosch e Airaksinen (2019) desenvolveram um estudo para comparar indicadores de cidades inteligentes e sustentáveis analisando 413 indicadores oriundos de sete padrões internacionais publicados pela ETSI, ISO, ITU e ONU¹¹. No estudo mencionam o desenvolvimento de uma tipologia de indicadores “entrada-processo-saída-resultado-impacto” inspirada no modelo “*input-output*” e suas variações.

Simão, Salles e Fernandes (2024) realizaram uma análise comparativa de plataformas digitais de indicadores dos ODS que ofertam dados sobre o Brasil com os respectivos quantitativos de indicadores. Na análise constataram a diversidade de iniciativas, a ausência de integração entre as iniciativas e limitações relacionadas a disponibilidade de dados em nível de cidades.

Os estudos mencionados ilustram a diversidade de possibilidades e alguns dos desafios envolvidos para a seleção de indicadores para a composição de estruturas para avaliação de sustentabilidade urbana. Huovila, Bosch e Airaksinen (2019) acreditam que a seleção dos

¹¹ Segundo Huovila, Bosch e Airaksinen (2019) as estruturas padronizadas indicadores de cidades sustentáveis e inteligentes foram introduzidas em nível mundial pela International Organization for Standardization (ISO) e International Telecommunications Union (ITU), e na Europa, pela coalizão das organizações de padronização European Committee for Standardisation (CEN), European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC) e European Telecommunications Standards Institute (ETSI).

indicadores mais apropriados depende de muitos fatores como a fase do desenvolvimento da cidade (planejamento, operação), a escala espacial (distrito, cidade, região, país), a escala de tempo da avaliação (tempo real, anual) e propósito da avaliação (definição de metas, monitoramento, relatórios oficiais, auto ou *benchmarking* entre cidades, *marketing*).

Gavaldà, Gibbs e Eicker (2023) mencionam que as estruturas também apresentam deficiências estruturais importantes em relação à captura e ao processamento de dados. Os autores apontam diversas lacunas que surgem na implementação de estruturas com o propósito de contribuir para o processo de criação de estruturas coerentes com indicadores e metodologias adequados para a sua implementação.

- Dificuldade para estabelecer um tratamento adequado para dados e indicadores em razão da emergência climática, situação que exige mudanças drásticas, que geram conflitos entre repensar continuamente o plano de medição e estabelecer estruturas de captura de dados que sejam estáveis. Nesse contexto a obtenção de dados brutos é fundamental para o desenvolvimento de indicadores que possam levar as cidades a atingirem objetivos planejados e comprometidos;
- Captura indiscriminada de dados que muitas vezes está associada mais com a capacidade de captura do que com uma vontade genuína de selecionar os dados. A saturação de dados se apresenta como um problema real que provoca um trabalho maior no processamento, consumindo mais recursos, nem sempre atingindo os objetivos desejados;
- Nível de aplicabilidade dos modelos de estruturas classificadas como “caixa preta” por limitarem a oferta de dados desagregados, situação que pode comprometer o entendimento de aspectos relevantes de um determinado fenômeno. Os dados desagregados acabam sendo disponibilizados apenas ocasionalmente. As estruturas baseadas nesse modelo apresentam limitações para a elaboração de cenários futuros quando comparados a modelos mais detalhados classificados como “caixa branca” ou “caixa cinza”;
- Concentração de métricas focadas em gases do efeito estufa, situação que gera o efeito denominado “túnel do carbono”. Ao focar apenas no fenômeno da descarbonização, outros limites planetários acabam sendo desconsiderados, impossibilitando o estabelecimento de uma visão ampliada em relação a outros problemas ambientais que estão ocorrendo;
- Limitações da utilização de métricas para todas as áreas da realidade observada, incluindo a ausência de diferenciação entre conceitos de métrica e de avaliação. Apesar das métricas serem importantes, existem situações em que elas não são aplicáveis;

- Incapacidade de indicadores compostos de capturar tudo, apesar de serem considerados ferramentas poderosas para medir diferentes questões de forma simultânea, permitindo a comparação entre indicadores. Ao incorporar cálculos e diferentes fatores de ponderação, os resultados de uma estrutura podem acabar sendo distorcidos;
- Indicadores estáticos e isolados podem gerar a possibilidade de algumas interdependências entre indicadores serem perdidas, a exemplo das compensações de emissão de carbono que desconsideram os efeitos nocivos que a poluição do ar gera para a saúde;
- Falta de âmbito global de determinadas estruturas quando esses tratam apenas de indicadores exclusivos das cidades. As cidades, incluindo os bairros e as comunidades que as moldam, são consumidores de recursos, impactando substancialmente os espaços circundantes. As exigências de alta intensidade da maioria das cidades fazem com que dependam de fontes externas de energia, alimentos, água e estratégias de gestão de resíduos, gerando impactos potencialmente significativos além de suas fronteiras;
- Possibilidade de serem geradas conclusões erradas a partir de indicadores, em razão da existência de uma diferença substancial entre métricas, avaliações e valores compartilhados em razão das diferenças das percepções de diferentes grupos. Na grandeza da diversidade cada comunidade ou setor persegue valores diferentes, sendo possível avaliar cada um deles.

Gavaldà, Gibbs e Eicker (2023) elaboram algumas propostas metodológicas para superar as diferentes lacunas encontradas em avaliações de sustentabilidade:

- Como alternativa para a melhor gestão de dados adotar infraestruturas abertas, orientadas para a criação de ambientes de dados compartilhados e a utilização de ferramentas de visualização;
- Promover um bom planejamento de dados e o desenvolvimento de metadados e de ontologias adequados como forma de contribuição para a superar a falta de coordenação entre os diferentes agentes responsáveis pela geração de grandes volumes de dados, que muitas vezes por questões de falta de confiabilidade, de incoerência ou incompletude, acabam deixando de ser úteis para a criação de indicadores. O planejamento de dados é essencial para a identificação e coleta de indicadores corretos e necessários;
- A temporalidade dos conjuntos de dados também é fundamental e o seu uso está atrelado à sua necessidade de uso. Indicadores estáticos podem ajudar nas análises de sustentabilidade das cidades. Conjuntos de dados com um intervalo de tempo significativamente reduzido não são úteis e implicarão nos tempos de processamento e no armazenamento. Desta forma

considera-se essencial capturar apenas os dados necessários para os indicadores planejados e para a calibração do modelo;

- Criar metodologias de modelagem orientadas pelas propostas de “caixa branca” e de “caixa cinza”. O uso de tendências históricas e dados estatísticos para inferir indicadores e índices de sustentabilidade e desenvolver tendências futuras possui baixo potencial para promover mudanças de trajetória. O desenvolvimento de novas formas de lidar com a crise climática exige enxergar as raízes do problema por meio de modelos físicos básicos de fenômenos que se deseja projetar para o futuro. Modelos de cima para baixo, modelos estatísticos e até mesmo modelos baseados em inteligência artificial responderão apenas as questões que já foram respondidas;
- Promover o desenvolvimento combinado de ferramentas que capturem dados técnicos e sociais como forma de vencer desafios epistemológicos, o paradoxo da ambiguidade e o poder de intervenientes que controlam a comunicação pela narrativa ou manipulação de dados. A ciência é necessária e a redução da ambiguidade é um dos objetivos do estabelecimento de indicadores para cidades e comunidades sustentáveis. O objetivo é calcular métricas que possam ser avaliadas com a maior precisão possível, deixando que questões epistemológicas sejam incorporadas posteriormente;
- Promover uma metodologia de dinâmica de sistemas que seja capaz de considerar os efeitos intersetoriais de diferentes variáveis nas cidades, indo além das questões que envolvem as emissões de gases do efeito estufa. Considerar as cidades como sistemas complexos e a necessidade de compreender os seus elementos e de criar modelos de sistemas formais que possam ajudar a compreender as razões existentes por trás de comportamentos emergentes;
- Desenvolver uma metodologia que compreenda os impactos das cidades no seu meio ambiente, além do impacto das comunidades urbanas em outros espaços não urbanos. Isso permitiria detectar interações ou relações ocultas de dentro para fora da cidade, incluindo as fortes dependências existentes entre comunidades urbanas e não urbanas;
- Combinar adequadamente metodologias e indicadores. A soma destes dois elementos associada com soluções de envolvimento social, como audiências públicas, viabilizará a captação dos aspectos considerados mais importantes para a sustentabilidade de comunidades, bairros e cidades.

Gavaldà, Gibbs e Eicker (2023) acreditam que é importante considerar que medir não é a única finalidade das estruturas de indicadores para cidades e comunidades. Consideram que a capacidade das estruturas produzirem cenários é que pode tornar realidade os impactos futuros

das decisões presentes, o que devem ser usadas para educar as pessoas sobre os fortes impactos das decisões presentes no futuro das cidades.

Huovila, Bosch e Airaksinen (2019) acreditam que embora a padronização de indicadores possa oferecer um certo nível de qualidade para a seleção de indicadores e métodos de cálculo, os padrões acabam se tornando um compromisso para cidades com diferentes agendas, contextos e necessidades. Alertam para a possibilidade de indicadores selecionados não terem sentido para contextos específicos devido às diferenças existentes entre as cidades. Alertam também para os cuidados necessários na realização de comparações e *benchmarks* entre cidades, que exigem a seleção de indicadores vinculados e limitados ao escopo e ao propósito da comparação, além de utilizar uma comunicação transparente dos resultados. Sugerem que qualquer conjunto de indicadores padrão seja considerado apenas como um ponto de partida para que indicadores e medições não se tornem um objetivo em si mesmos e para que sejam capazes de apoiar o atendimento das necessidades individuais das cidades.

Os autores também sugerem para que estudos futuros desenvolvam métodos para analisar as relações sistêmicas entre indicadores e tipos de indicadores e de interdependências sistêmicas entre indicadores. Acreditam que o desenvolvimento futuro de indicadores e métodos de avaliação pode incorporar abordagens mais dinâmicas e sistêmicas para capturar melhor as complexidades da sociedade em rápida mudança, buscando manter a simplicidade e a aplicabilidade como princípios orientadores para abordar os gestores da cidade, que normalmente se interessam por um panorama geral e apresentam tempo e recursos monetários limitados.

2.5. Avaliação Integrativa de Sustentabilidade Urbana

Uma das práticas mais observadas em estruturas de avaliação urbana é a utilização dos três pilares de sustentabilidade, podendo, em alguns casos, ocorrer variações para contemplar outras áreas temáticas. Embora essa abordagem seja a mais comum, existe um amplo debate sobre o seu nível de suficiência (Cohen, 2017).

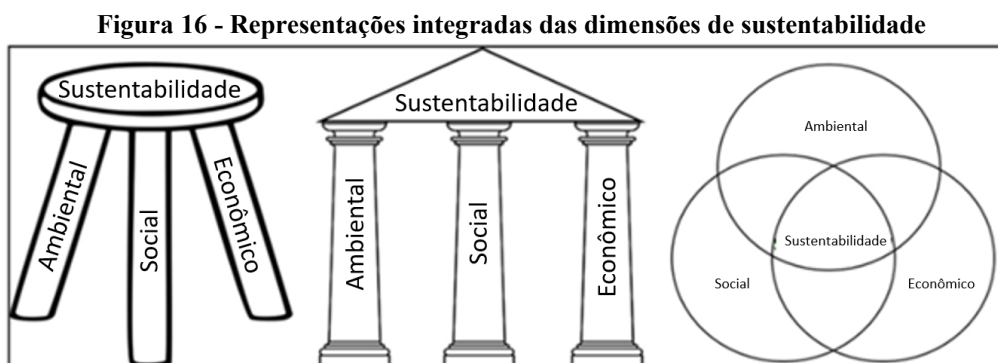
Na análise que realizou sobre métodos de avaliação de sustentabilidade urbana, Cohen (2017) identificou a opção de avaliações baseadas em princípios orientadores como uma alternativa interessante para o desenvolvimento de estruturas. Durante suas análises do método

reconheceu os oito critérios propostos por Gibson (2006a) para a realização de avaliações integrativas de sustentabilidade como o conjunto mais coerente entre os princípios identificados e que poderiam ser aplicados para o contexto urbano.

Cohen (2017) estabeleceu o entendimento de que um conjunto conciso e coerente de princípios orientadores proporciona uma abordagem mais integrativa para o planejamento e a avaliação de sustentabilidade urbana, evitando as armadilhas de uma simplificação excessiva e do reducionismo.

Em suas pesquisas Gibson (2006a) também constatou que o domínio da sustentabilidade é frequentemente descrito como a intersecção de interesses e iniciativas sociais, econômicos e ecológicos. Constatou que muitas abordagens de avaliações orientadas para a sustentabilidade, tanto em nível do projeto como estratégico, tratavam as considerações sociais, econômicas e ecológicas separadamente, apresentando dificuldades para integrar essas conclusões separadas.

Na Figura 16, originalmente elaborada por Spiliotopoulou e Roseland (2020), são ilustradas diferentes representações gráficas amplamente difundidas na literatura para tentar caracterizar a integração existente entre as três dimensões.



Fonte: Spiliotopoulou e Roseland (2020, tradução própria).

Apesar das limitações, Gibson (2006a) considera que as abordagens baseadas em três pilares apresentam algumas vantagens importantes, inclusive para a aplicação de avaliações de sustentabilidade, por se ajustarem bem às capacidades estabelecidas de especialistas em avaliação e revisão treinados nos três campos, com a organização de grande parte da informação relevante e com as estruturas de governança pública estabelecidas.

O autor alerta, porém, que se a integração for considerada característica central de sustentabilidade como conceito e como o principal desafio da avaliação de sustentabilidade como processo, esses pontos fortes ressurgem como limitações, uma vez que a integração

efetiva das principais considerações interdependentes na avaliação de sustentabilidade provavelmente será frustrada pelas capacidades estabelecidas das partes envolvidas. Nesse contexto acredita que a abordagem dos três pilares não se adapta bem a problemas de sustentabilidade interligados, que exigem respostas que procurem contribuições múltiplas e que se reforcem mutuamente para uma mudança positiva na prática.

Davidson *et al.* (2012) acreditam que modelos que são incapazes de avaliar interações dimensionais e seus resultados coletivos também são incapazes de fornecer críticas que abordem desafios estruturais arraigados à sustentabilidade. Mencionam que especialistas questionam a capacidade das ferramentas de avaliação para medir os desafios crescentes à sustentabilidade, apontando para a falta de clareza de definição de algumas ferramentas em relação ao que está sendo medido, sobre ligações epistemológicas fracas entre a definição de sustentabilidade e indicadores, ênfase limitada de sustentabilidade social e o enraizamento dessas ferramentas no paradigma econômico.

Para Gibson (2006a) as consequências da ausência de integração das dimensões envolveriam não apenas a falta de conhecimentos integradores, dados e autoridade, mas também uma tendência arraigada para negligenciar a profunda interdependência destes fatores e considerá-los como susceptíveis de serem conflitantes em vez de potencialmente complementares. Destaca também o fato dos três pilares e da sustentabilidade serem frequentemente associados a uma ideia de equilíbrio, algo que iria contra às principais ideias relativas à interdependência dos fatores como também a necessidade da existência de apoio mútuo para avanços em todas as frentes.

Gibson (2006a) acredita que a abordagem baseada nos três pilares também apresenta limitações em relação ao atendimento das preocupações normalmente expressas pelos cidadãos, as quais raramente se enquadram apenas em categorias sociais, econômicas ou ecológicas. Preocupações públicas expressas em torno de casos ou iniciativas específicas muitas vezes abandonam essa abordagem para se concentrarem problemas e aspirações que ultrapassam os limites sociais, econômicos e ecológicos.

Davidson *et al.* (2012) acreditam que o domínio da abordagem centrada em dimensões frustrou as tentativas de desenvolvimento de modelos interdisciplinares para medir a sustentabilidade que sejam capazes de fornecer *insights* integrados sobre o desenvolvimento sustentável. Como resultado, a avaliação de sustentabilidade urbana muitas vezes segue uma abordagem de três silos, selecionando e organizando indicadores por preocupações econômicas, sociais e ambientais, o que prejudica a capacidade de compreender a interdependência destes três domínios (Cohen, 2017).

Cohen (2017) acredita que organizar grandes conjuntos de indicadores em torno dos três pilares e outras dimensões pode não ser o melhor caminho para planejar futuras avaliações de sustentabilidade urbana. Em vez disso, sugere a adoção de uma abordagem mais integrativa na qual os princípios básicos de sustentabilidade orientam uma estrutura baseada em metas.

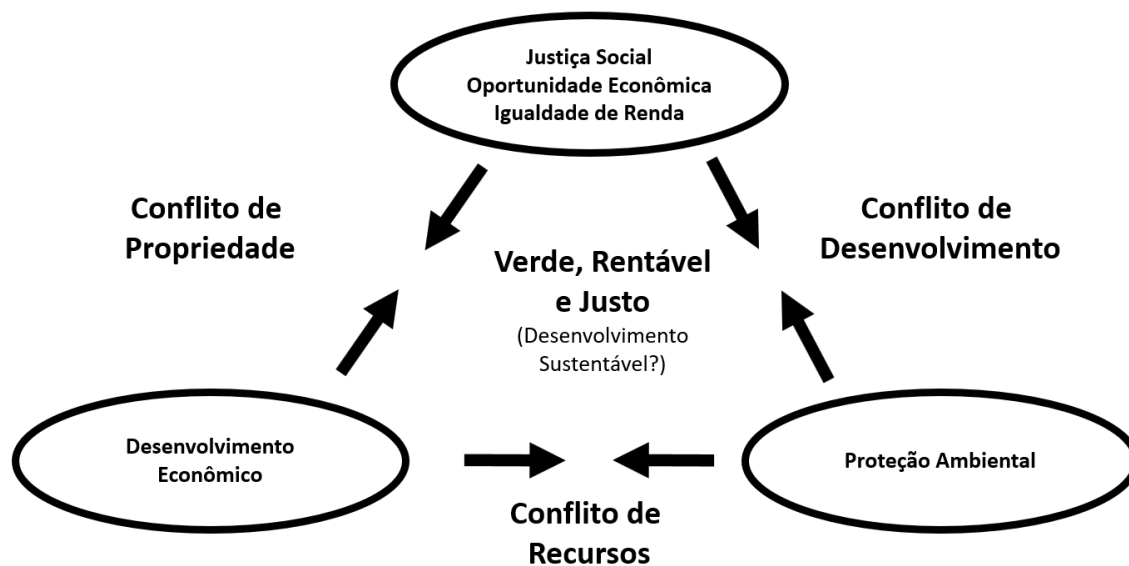
Questões-chave como espaço, escala, partes interessadas e dimensões devem ser cuidadosamente consideradas por terem implicações para a implementação equitativa de sustentabilidade nas cidades. Esse cuidado possibilitará o desenvolvimento de estruturas abrangentes e inclusivas que atendam às necessidades específicas de cada cidade. Também é importante reconhecer a diversidade e a complexidade dos ambientes urbanos bem como adaptar soluções para atender aos desafios únicos de cada contexto, além de garantir o envolvimento das partes interessadas de vários setores (escalas) e diversas comunidades (espaço), que podem fornecer informações valiosas e precisam ser envolvidas no processo de validação de indicadores (Pallathadka; Chang; Ajibade, 2023).

Gibson (2006a) lembra que a sustentabilidade, enquanto ideia, surgiu como uma crítica e uma resposta a práticas e resultados de tomada de decisão que falharam pela ausência de reconhecimento de interligações entre fatores-chave. Acredita que a genialidade do conceito de sustentabilidade é a sua insistência nas interconexões e interdependências, algo que exige planejamento e tomada de decisões que procurem ligações e ganhos que se reforcem mutuamente em todas as frentes. Para o autor não se trata de equilibrar ou fazer concessões e sim de integrar e evitar compromissos na medida do possível.

Gibson (2006a) também alerta que existem preocupações importantes subjacentes à defesa e aplicação de algumas abordagens de integração limitadas em três pilares. Existem receios bem fundamentados de que estas avaliações possam facilitar a negligência contínua ou mesmo renovada com questões ambientais historicamente subvalorizadas. Considera que este problema precisa ser abordado cuidadosamente nas decisões sobre como a integração deve ser feita.

Essas relações de conflito existentes entre as três dimensões de sustentabilidade podem ser mais bem compreendidas pela Figura 17. Nela é apresentado o triângulo de metas conflitantes para o planejamento elaborado por Campbell (1996), onde são caracterizados os conflitos de propriedade, de desenvolvimento e de recursos, resultantes das relações e interesses associados a cada dimensão e das tentativas de aproximação das três dimensões em direção ao centro visando o atingimento do desenvolvimento sustentável.

Figura 17 - Triângulo de metas conflitantes para o planejamento



Fonte: Campbell (1996, tradução própria).

Esse contexto ratifica a percepção de Gibson (2006a) de que ainda existe alguma defesa a favor da utilização de abordagens de três pilares separados na tomada de decisões em matéria de avaliação, que isso se justifica por serem politicamente mais palatáveis em razão da adequação aos conhecimentos, estruturas institucionais e conjuntos de dados existentes. Considera que esse tipo de uso pode contribuir para garantir uma atenção clara e explícita para questões ecológicas, incluindo outras tradicionalmente subvalorizadas, e aumentar a responsabilidade política em decisões ecologicamente significativas.

Para Gibson (2006a) uma solução possível para essas questões seria tomar a sustentabilidade como um conceito essencialmente integrador e conceber a avaliação de sustentabilidade como um processo integrativo. O autor sugere sete componentes-chave para a concepção de avaliações de sustentabilidade, apresentados no Quadro 11.

Quadro 11 - Componentes-chave para a concepção de avaliações de sustentabilidade

Descrição dos Componentes-Chave
1) Integrar a avaliação de sustentabilidade num regime de governança global mais amplo, concebido para respeitar as interligações entre questões, objetivos, ações e efeitos, por meio de um conjunto completo de atividades interrelacionadas, desde a definição ampla da agenda até a monitorização e resposta dos resultados.
2) Projetar processos de avaliação com uma agenda interativa de concepção para o renascimento, visando maximizar múltiplos benefícios líquidos de reforço por meio da seleção, <i>design</i> e implementação adaptativa da opção mais desejável para cada empreendimento significativo em nível estratégico ou de projeto.
3) Redefinir os objetivos orientadores e os consequentes critérios de avaliação e decisão para evitar as três categorias convencionais, para garantir a atenção aos requisitos de sustentabilidade normalmente negligenciados e para centrar a atenção na obtenção de ganhos múltiplos que se reforçam mutuamente.

- 4) Estabelecer regras básicas explícitas que desencorajem *trade-offs* na medida do possível ao mesmo tempo que orienta a tomada de decisões sobre aquelas que são inevitáveis.
- 5) Fornecer meios de combinar, especificar e complementar estes critérios genéricos e regras de compromisso com atenção às preocupações, objetivos, prioridades e possibilidades específicas do caso e do contexto.
- 6) Fornecer orientação, métodos e ferramentas integradores e centrados na sustentabilidade para ajudar a atender às principais demandas práticas do trabalho de avaliação, incluindo a identificação de questões transversais importantes e ligações entre fatores, avaliando a importância dos efeitos previstos e ponderando opções e implicações gerais.
- 7) Garantir que o processo de tomada de decisão facilite a apuração pública e encoraje a participação pública efetiva.

Fonte: Gibson (2006a, p. 260, tradução própria).

Com relação aos objetivos orientadores e critérios de avaliação (componente-chave 3), recomenda que a estrutura de avaliação seja baseada em critérios genéricos que contemplem os principais requisitos ou princípios de sustentabilidade e que exijam pensar além das fronteiras existentes entre os três pilares de sustentabilidade (Gibson, 2006a).

Gibson, (2006b, p. 270, tradução própria) sugere que:

A avaliação e a estrutura de decisão devem ser construídas com base em critérios genéricos que não apenas cubram todos os principais requisitos de sustentabilidade, mas que também forcem o pensamento ir além dos limites estabelecidos entre as três categorias usuais de pilares, para que chamem a atenção de forma explícita para as preocupações mais comumente ignoradas ou marginalizadas na tomada de decisão convencional.

Gibson (2006a) sugere um conjunto básico de oito critérios que podem ser complementados e integrados com considerações mais específicas apropriadas a casos e contextos específicos, fornecendo uma base comum consistente para deliberações integradas.

Quadro 12 - Critérios genéricos integrativos para avaliações de sustentabilidade

Descrição dos Critérios
1) Integridade do sistema socioecológico: construir relações entre sociedade e ambiente para estabelecer e manter a integridade dos sistemas socioambientais no longo prazo e proteger as funções de suporte à vida insubstituíveis das quais dependem o bem-estar humano e ecológico.
2) Suficiência e oportunidade de subsistência: garantir que todas as comunidades tenham o suficiente para uma vida decente e que todos tenham oportunidades de buscar melhorias de maneira que não comprometam as possibilidades de suficiência e oportunidade das gerações futuras.
3) Equidade intrageracional: garantir que a suficiência e as escolhas eficazes para todos sejam buscadas de forma a reduzir as lacunas perigosas em suficiência e oportunidade (e saúde, segurança, reconhecimento social, influência política etc.) entre ricos e pobres.
4) Equidade intergeracional: favorecer as opções e ações atuais que tenham maior probabilidade de preservar ou melhorar as oportunidades e capacidades das gerações futuras para viver de forma sustentável.
5) Manutenção de recursos e eficiência: fornecer uma base maior para garantir meios de subsistência sustentáveis para todos, reduzindo ao mesmo tempo as ameaças à integridade dos sistemas socioecológicos no longo prazo, reduzindo os danos extrativos, evitando o desperdício e cortando o uso geral de materiais e energia por unidade de benefício.

- 6) Civilidade socioambiental e governança democrática: desenvolver a capacidade, a motivação e a inclinação habitual de indivíduos, comunidades e outros órgãos de tomada de decisão coletiva para aplicar princípios de sustentabilidade por meio de deliberações mais abertas e bem-informadas, maior atenção a promoção da consciência recíproca e da responsabilidade coletiva e uso mais integrado de recursos administrativos, de mercado e práticas habituais e pessoais de tomada de decisão.
- 7) Precaução e adaptação: respeitar a incerteza, evitar até mesmo riscos mal compreendidos de danos sérios ou irreversíveis para as bases de sustentabilidade, planejar para aprender, projetar para surpreender e gerir para a adaptação.
- 8) Integração entre a situação atual e a de longo prazo: aplicar todos os princípios de sustentabilidade de uma só vez, buscando benefícios e ganhos múltiplos.

Fonte: Gibson (2013, p. 8, tradução própria).

A condição da sustentabilidade ser essencialmente integrativa permite conceber a avaliação de sustentabilidade como um processo essencialmente integrativo, que pode funcionar como uma estrutura para melhorar as tomadas de decisão, para ampliar a consciência e relações entre preocupações globais e locais, encorajar ligações mais fortes entre avaliações estratégicas e em nível de projeto, possibilitar integrações entre metodologias de avaliação, favorecer a inclusão mais eficaz de vozes geralmente desfavorecidas, combinar fontes de dados e *insights*, e melhorar o nível de colaboração entre diferentes jurisdições e autoridades (Gibson, 2006a).

Gibson (2006a) alerta que mesmo com este foco restrito e propósito alegre, existem perigos e complexidades a serem enfrentados. Considera que, indiscutivelmente, os maiores estariam relacionados com preocupações de que a procura de uma integração desejável por meio da avaliação de sustentabilidade poderia diluir a atenção aos imperativos ecológicos e outras preocupações muitas vezes negligenciadas, prejudicando assim alguns dos próprios objetivos de sustentabilidade.

De forma similar a constatação de Meadows (1998), sobre a impossibilidade do estabelecimento de um único índice global de desenvolvimento sustentável, Gibson (2006a, p. 277, tradução própria) também chega à conclusão de que:

Embora muitas abordagens e ferramentas diferentes para integração estejam disponíveis, nenhum método ou componente de processo provavelmente será suficiente. Em vez disso, um pacote de componentes provavelmente será necessário para garantir que uma integração seja totalmente incorporada ao processo de avaliação e que não permita negligência contínua ou renovada de considerações tradicionalmente subvalorizadas, incluindo proteção de sistemas e funções ecológicas, redução de desigualdades e respeito à incerteza.

Demonstrando clareza sobre os desafios envolvidos, Gibson (2006a) também considera que, mesmo com um compromisso firme e recursos incomuns, tal abrangência só poderá ser alcançada de forma grosseira e experimental.

Para Gibson (2006a, p. 278, tradução própria) isso significa que:

A avaliação integrativa de sustentabilidade é necessariamente um esforço máximo, um processo de aprendizado contínuo, e que terá que ser introduzido gradualmente onde as oportunidades surgirem. Isso também significa que haverá barreiras à adoção. Assim como a busca pela sustentabilidade, geralmente, a avaliação de sustentabilidade requer uma grande transição no pensamento e na prática, o que nunca é alcançado sem paciência e persistência.

Gibson, 2006a, 278) considera que:

Ao mesmo tempo, no entanto, é importante ver os principais recursos de design de avaliação de sustentabilidade como um pacote de componentes interdependentes, cada um dos quais é crucial. Embora a transição para a avaliação de sustentabilidade integrativa possa ter que ser gradual, movimentos fragmentados mal considerados, especialmente aqueles que alegam introduzir uma agenda de sustentabilidade, mas falham em garantir atenção efetivamente integrada a preocupações tradicionalmente negligenciadas, escurecerão o caminho para um futuro melhor.

Davidson *et al.* (2012) constata que em uma era de crescentes preocupações com mudanças climáticas e sustentabilidade, a adoção contínua de uma abordagem simplista para a categorização de indicadores não é uma opção de longo prazo. Novas tipologias que melhor capturem as complexidades de sustentabilidade são necessárias para permitir que planejadores e formuladores de políticas façam avaliações holísticas das ameaças à sustentabilidade e desenvolvam respostas apropriadas. Tais tipologias devem ser estruturadas de forma que possam desenvolver uma compreensão da contribuição global da atividade humana para a melhoria ou deterioração das condições econômicas, ambientais e sociais, de modo a fornecer uma avaliação integrada do desenvolvimento sustentável.

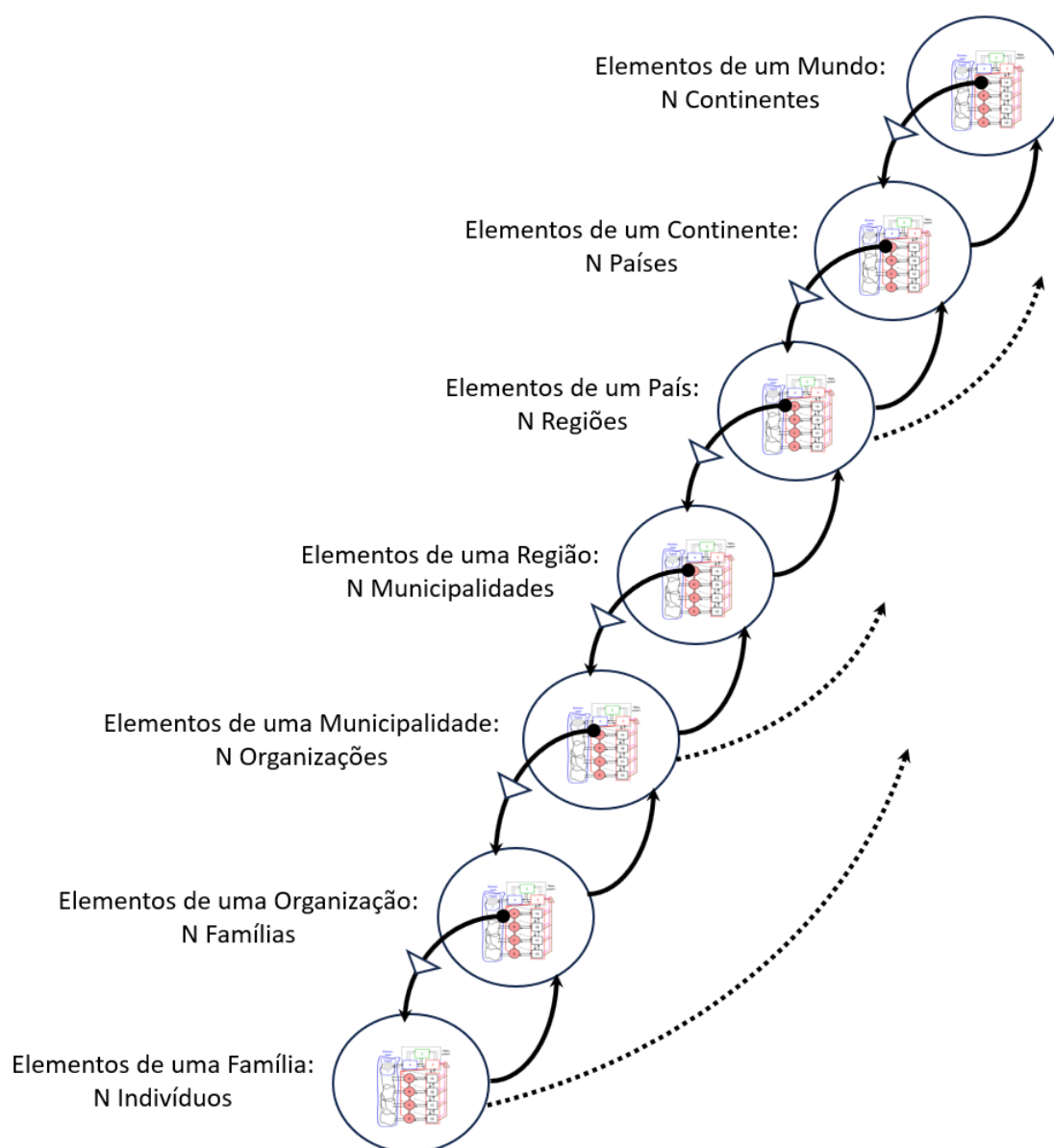
Cristiano *et al.* (2020) consideram que a busca pela sustentabilidade não pode se limitar a abordagens e propostas técnicas e setoriais, que necessita de abordagens abrangentes e transdisciplinares que considerem dimensões culturais e políticas, ao mesmo tempo em que oferece diálogo recursivo e verificações duplas para garantir bons níveis de ação. Nessa perspectiva, segundo os autores, fica clara a necessidade de um melhor entendimento dos fluxos urbanos de energia e materiais, bem como eles podem apontar para a sustentabilidade ecológica e o bem-estar socialmente distribuído nas cidades, o que exige orientar a avaliação de sustentabilidade urbana com princípios de sustentabilidade claros e integrados.

Donaires *et al.* (2019) consideram que o conceito de sustentabilidade envolve uma multiplicidade de significados. Segundo os autores, alguns pensadores sistêmicos acreditam que os esforços para alcançar a sustentabilidade em nível global não têm sido eficazes e que as abordagens sistêmicas e cibernéticas podem ajudar a resolver essas questões.

Para Gibson (2006b) o desenvolvimento sustentável deve ser orientado para a promoção e preservação de sistemas socioecológicos, desde o nível familiar até o nível global, de modo a torná-los dinâmicos e adaptáveis, satisfatórios, resilientes e duráveis.

Schwaninger (2015) contribui com a proposta integrativa de Gibson (2006b) ao apresentar uma visão de sustentabilidade como um processo recursivo e multinível (Figura 18). O autor acredita que para um sistema ser sustentável todos os seus subsistemas também precisam ser.

Figura 18 - Sustentabilidade com um processo recursivo e multinível



Fonte: Schwaninger (2015, tradução própria).

Para Donaires *et al.* (2019), o modelo proposto por Schwaninger (2015) não pretende fornecer apenas uma visão estruturada de sustentabilidade, mas possui implicações mais profundas de ligações em todos os níveis, como parte de um processo totalmente integrado.

A integração da avaliação de sustentabilidade urbana num quadro multiescala parece essencial. Isto exige a avaliação dos impactos ambientais, sociais e econômicos em diferentes escalas relevantes para a cidade ao longo do seu ciclo de vida. Pesquisas podem explorar a forma como as ferramentas e metodologias de avaliação de sustentabilidade podem ser eficazmente integradas nos processos de tomada de decisão, permitindo que os decisores políticos, os planejadores e os promotores façam escolhas informadas que se alinhem com os objetivos de desenvolvimento sustentável. A tecnologia pode catalisar o apoio a esta avaliação e a promoção de práticas sustentáveis (Hernández, *et al.*, 2023).

As ferramentas destinadas a apoiar a transição para futuros urbanos mais sustentáveis normalmente focam fenômenos específicos em nível local. Embora tais abordagens continuem sendo valiosas, é necessário complementar esta micro abordagem com métodos integrados mais amplos que lidem com a interação entre diferentes componentes urbanos, bem como a sua relação com processos e políticas promulgadas em escalas mais elevadas (Purvis; Mao; Robinson, 2022).

A evolução do sistema urbano depende sensivelmente de eventos globais mais amplos e que, embora a intervenção concertada possa mitigar alguns efeitos, o futuro de um sistema individual está em grande parte à mercê da evolução do sistema global. Não existe alternativa para a sustentabilidade urbana em um mundo insustentável. A sustentabilidade local depende da sustentabilidade global (Purvis; Mao; Robinson, 2022).

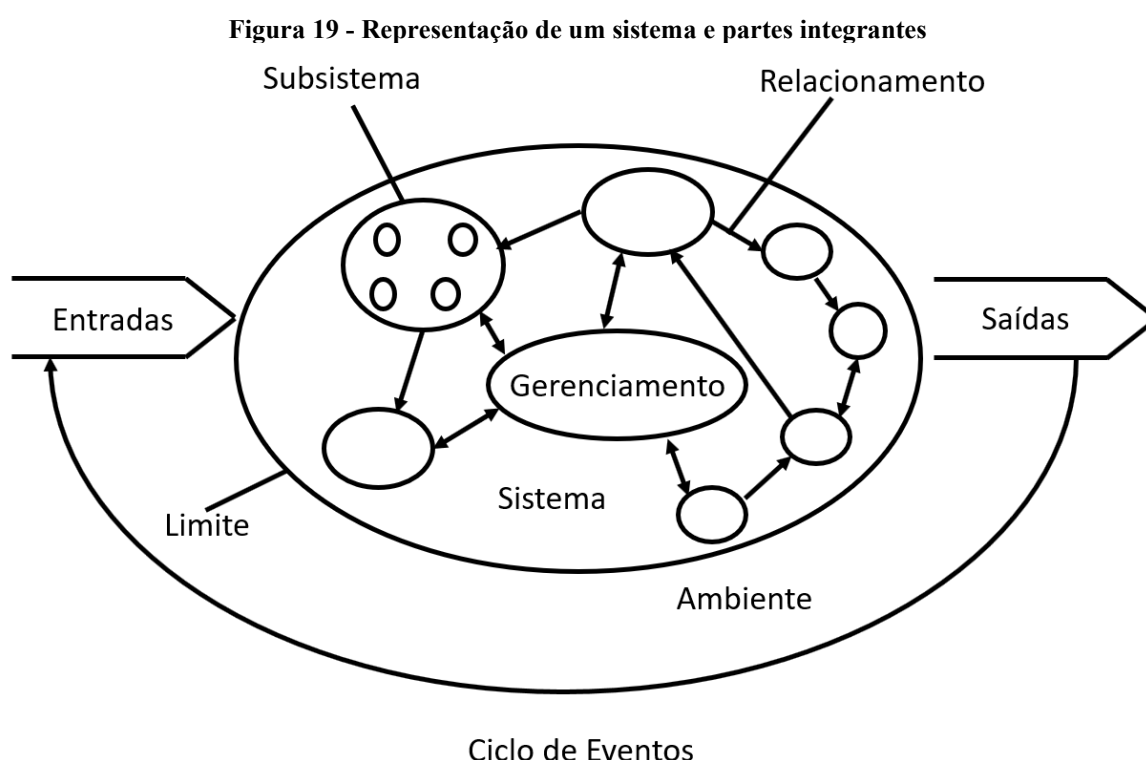
Um sistema urbano pode criar resiliência, melhorar a saúde e o bem-estar da sua população e se preparar, porém é necessária uma ação em escalas mais elevadas para protegê-lo totalmente, pelo que qualquer conjunto de medidas deve considerar a formação de políticas conjuntas em todas as escalas (Purvis; Mao; Robinson, 2022).

A revisão de literatura realizada para esse estudo apresenta evidências de que a perspectiva de sistemas ainda se faz ausente na maioria das estruturas disponíveis para avaliação de sustentabilidade urbana. Estudos como os desenvolvidos por Sala, Ciuffo e Nijkamp (2015) e Zimek e Baumgartner (2024) buscam oferecer soluções para essa questão ao desenvolverem pesquisas sobre avaliações de sustentabilidade sistêmicas.

A avaliação de sustentabilidade sistêmica se refere a um conceito que considera os aspectos de sustentabilidade de sistemas inteiros. Com base nessa definição, surgem questões

sobre as dimensões relevantes para a avaliação de sustentabilidade sistêmica e como operacionalizá-la, ou seja, como traduzir essas dimensões em uma estrutura de avaliação (Zimek; Baumgartner, 2024).

Uma perspectiva sistêmica de sustentabilidade é fundamental para reconhecer que qualquer ação em um sistema pode ter um impacto (positivo ou negativo) em outros sistemas. As características complexas, interconectadas e interdependentes dos aspectos de sustentabilidade exigem pensamento sistêmico em vez de uma perspectiva isolada (Zimek; Baumgartner, 2024).



Fonte: Zimek e Baumgartner (2024, tradução própria).

O modelo representado na Figura 19 ilustra um sistema, suas partes (subsistemas) e os relacionamentos existentes entre essas partes. Fora do limite do sistema está o entorno (ambiente), que fornece entradas (por exemplo, recursos, energia, informação) e recebe saídas, condição necessária para garantir a sobrevivência do próprio ambiente (Zimek; Baumgartner, 2024).

Um sistema de interesse precisa de recursos e serviços (entradas) do ambiente e transforma essas entradas em saídas para a sociedade. Assim, o sistema de interesse gera saídas valiosas, ou seja, saídas no sentido de sustentabilidade, o que significa decidir sobre ações valiosas para a sociedade e a natureza em direção ao desenvolvimento sustentável. O

desempenho de sustentabilidade sistêmica leva em conta os impactos em sistemas maiores considerando não apenas os impactos diretos das estruturas, sistemas ou processos analisados, mas também os impactos nos sistemas nos quais eles estão inseridos (Zimek; Baumgartner, 2024).

Um aspecto central do pensamento sistêmico é entender a importância das interações dentro e entre os sistemas para entender como as partes (ou subsistemas) interagem para garantir a sobrevivência de cada parte (subsistemas) e de todo o sistema (Zimek; Baumgartner, 2024).

O desafio de uma perspectiva sistêmica também surge do fato de que a natureza e a sociedade, ou seja, indivíduos e diferentes atores, são fortemente influenciados por ações ou políticas. Portanto, é essencial considerar qualquer impacto de ações ou políticas em todos os sistemas, sistemas de interesse, natureza e sociedade (Zimek; Baumgartner, 2024).

Visando criar um método amplamente aplicável, Zimek e Baumgartner (2024) desenvolvem uma proposta de avaliação de sustentabilidade baseada em perguntas, com o objetivo de reduzir a complexidade metodológica e a necessidade de cálculos ou de extensa coleta de dados. Consideram como vantagem a possibilidade de as perguntas poderem ser adaptadas aos requisitos de uma avaliação de sustentabilidade específica, possibilitando conhecer expectativas, necessidades e percepções específicas das partes envolvidas.

Gibson (2013) considera que a avaliação de sustentabilidade pode ser útil apenas na medida em que responde a necessidades reais do mundo real. Deve ter como objetivo reverter a condição de deriva em direção ao precipício planetário. Deve promover uma transformação, em vez de apenas mitigar os danos contínuos.

Considera que o papel básico e lógico da avaliação de sustentabilidade é garantir que todo empreendimento potencialmente significativo seja projetado para fornecer contribuições positivas duradouras para a sustentabilidade – múltiplas, mutuamente reforçadoras e distribuídas de forma justa – ao mesmo tempo em que evita danos persistentes.

Para Gibson (2013) isso seria apenas o começo da subversão necessária. Acredita que a avaliação de sustentabilidade também deve abraçar a complexidade, respeitar o contexto, favorecer o amplo engajamento, reconhecer as interconexões e cuidar do futuro em um mundo onde, em todos os casos, os preconceitos institucionais estabelecidos preferem o oposto.

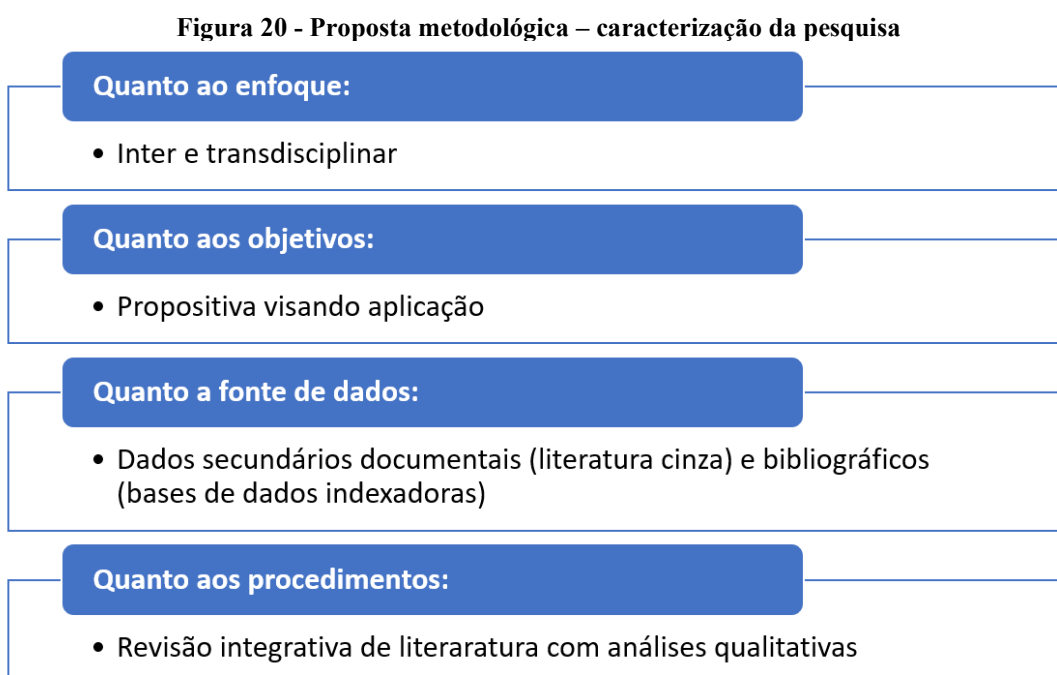
3. METODOLOGIA

Esse capítulo contempla os procedimentos metodológicos adotados para a realização da pesquisa para proposição de uma estrutura conceitual para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana. Nesse capítulo são apresentados a caracterização da pesquisa, os procedimentos relacionados a revisão integrativa de literatura e o método de análise qualitativa adotado para a identificação e seleção dos elementos estruturantes aplicados no desenvolvimento da proposta de estrutura conceitual.

3.1. Caracterização da Pesquisa

A pesquisa é a principal ferramenta usada em todas as áreas da ciência para expandir as fronteiras do conhecimento. Ao conduzir pesquisas, entre outras coisas, os pesquisadores tentam reduzir a complexidade dos problemas, descobrir a relação entre eventos aparentemente não relacionados e em última análise, melhorar a maneira como vivemos (DeMatteo; Festinger; Marczyk, 2005).

A Figura 20 apresenta a caracterização da pesquisa que integra a proposta metodológica de condução do estudo.



Fonte: Autoria própria (2023).

Essa pesquisa possui enfoque interdisciplinar e transdisciplinar, pelo fato de o objeto de estudo englobar conhecimentos oriundos de diversos campos da ciência e dialogar com conhecimentos não científicos. Segundo Fernandes e Philippi Jr (2017), a sustentabilidade é naturalmente um conceito inter e transdisciplinar. Interdisciplinar porque demanda conhecimentos novos que surgem de interações teóricas e metodológicas entre diversas disciplinas e domínios científicos. Transdisciplinar porque implica interações com atores não científicos e com seus conhecimentos empíricos.

Com relação aos objetivos, essa pesquisa se caracteriza como propositiva, visando aplicação. Os dados são secundários oriundos da literatura cinza e literatura científica, trabalhados por meio de uma revisão integrativa de literatura, com respectiva análise qualitativa.

3.2. Revisão Integrativa de Literatura

Essa pesquisa foi realizada seguindo as etapas previstas pelo método de revisão integrativa de literatura. A revisão integrativa de literatura é um método oriundo da área da saúde, mais especificamente da área de enfermagem, onde é utilizado no contexto da prática baseada em evidências (Whittemore; Knafl, 2005).

Para Broome (1993 apud Whittemore e Knafl, 2005, p. 546, tradução própria) “uma revisão integrativa de literatura é um método de revisão específico que resume a literatura empírica ou teórica do passado para fornecer uma compreensão mais abrangente de um determinado fenômeno ou problema da saúde em particular”.

Para a realização da revisão integrativa de literatura foram adotadas as recomendações de Whittemore e Knafl (2005), responsáveis pela revisão e atualização da metodologia visando aumentar o seu rigor científico, e de Torracco (2005), que desenvolveu algumas reflexões a partir de experiências de revisões integrativas elaboradas para estudos na área de desenvolvimento humano.

Para Torracco (2005, p. 356, tradução própria) “a revisão integrativa de literatura é uma forma distinta de pesquisa que gera novos conhecimentos sobre o tema revisado”. “É uma forma de pesquisa que revisa, critica e sintetiza a literatura representativa sobre um tópico de forma integrada, de forma que novas estruturas e perspectivas sobre o tema sejam geradas” (Torraco, 2005, p. 356, tradução própria).

Segundo Torraco (2005), a maioria das revisões integrativas da literatura é destinada para abordar dois tipos de temas – temas maduros ou temas novos e emergentes. Para o autor à medida que um tema amadurece e o tamanho de sua literatura cresce, há um crescimento e desenvolvimento correspondente na sua base de conhecimento.

Torraco (2005) acredita que independentemente de a revisão de literatura abordar um tema maduro ou emergente, que os leitores esperam ver o conhecimento da literatura sintetizado em um modelo ou estrutura conceitual que ofereça uma nova perspectiva sobre o tema.

Embora existam pontos em comum com todos os métodos de revisões atuais (metanálises, revisões sistemáticas, revisões qualitativas, revisões integrativas), cada um tem um propósito distinto, estrutura de amostragem, definição e tipo de análise (Whittemore e Knafl, 2005).

Torraco (2005, p. 356, tradução própria) considera importante “combater o equívoco de que as revisões integrativas da literatura são menos rigorosas ou mais fáceis de escrever do que outros tipos de artigos de pesquisa”. Para o autor seria ao contrário por considerar que “a revisão integrativa de literatura é uma forma sofisticada de pesquisa que requer muita habilidade de pesquisa e intuição” (Torraco, 2005, p. 356, tradução própria).

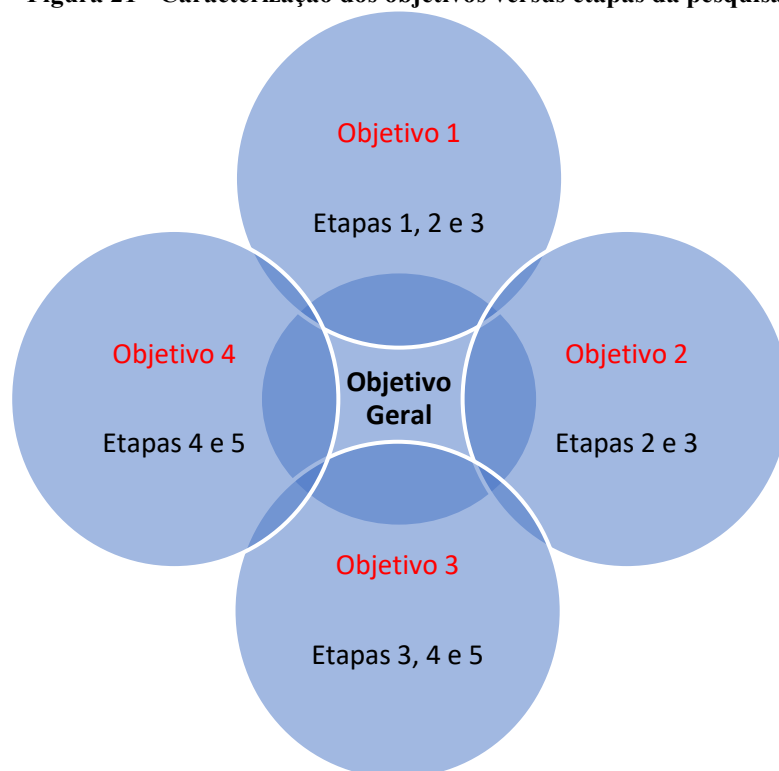
Para Whittemore e Knafl (2005, p. 547, tradução própria):

As revisões integrativas são o tipo mais amplo de métodos de revisão de pesquisa, permitindo a inclusão simultânea de pesquisas experimentais e não experimentais para compreender melhor um fenômeno de interesse, que também podem combinar dados da literatura teórica e empírica. Também incorporaram uma ampla gama de propósitos: definir conceitos, revisar teorias, revisar evidências e analisar metodologias.

Torraco (2005) espera que os autores de artigos de revisão identifiquem um tópico ou questão para a revisão, justifiquem por que uma revisão de literatura é apropriada para abordar o tópico ou problema, pesquisem e recuperem literaturas apropriadas, analisem e critiquem a literatura e criem entendimentos sobre o tópico por meio de uma ou mais formas de síntese.

A revisão integrativa de literatura realizada nesta pesquisa contemplou as cinco etapas propostas por Whittemore e Knafl (2005): identificação do problema, revisão de literatura, avaliação de dados, análise de dados e apresentação de resultados. A realização destas etapas foi incorporada ao desenvolvimento dos objetivos específicos propostos para a pesquisa, conforme ilustrado na Figura 21.

Figura 21 - Caracterização dos objetivos versus etapas da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2024).

As cinco etapas que compõem o método de revisão integrativa de literatura foram incorporadas nos quatro objetivos específicos estabelecidos para o atingimento do objetivo geral definido para a pesquisa. Essa medida visa proporcionar um melhor entendimento sobre em que momento da pesquisa as etapas foram realizadas e os objetivos atingidos

Diferentemente de propostas tradicionais de pesquisa nas quais as etapas são realizadas de forma sequencial ou linear, nesta pesquisa foram propositalmente realizadas de forma simultânea, visando criar um ambiente de maior flexibilidade que possibilitou ao pesquisador incorporar novas ideias e tratar necessidades específicas da pesquisa na medida em que elas foram surgindo. Essa proposta de livre execução das etapas e objetivos também se demonstrou mais adequada para o tratamento de pesquisa exigido para um tema complexo envolvendo uma pesquisa inter e transdisciplinar que necessita ser trabalhada a partir de uma visão holística.

A identificação do problema (etapa 1) para a realização desta pesquisa surgiu da proposta original de desenvolvimento de uma estrutura de indicadores para avaliação de sustentabilidade urbana. Essa proposta foi substituída ao longo do processo de revisão de literatura pela proposta de desenvolvimento de uma estrutura conceitual para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana. Essa substituição foi motivada pela constatação da necessidade da sustentabilidade urbana ser abordada de forma holística e sistêmica, criando espaço para novas e renovadas reflexões sobre o tema.

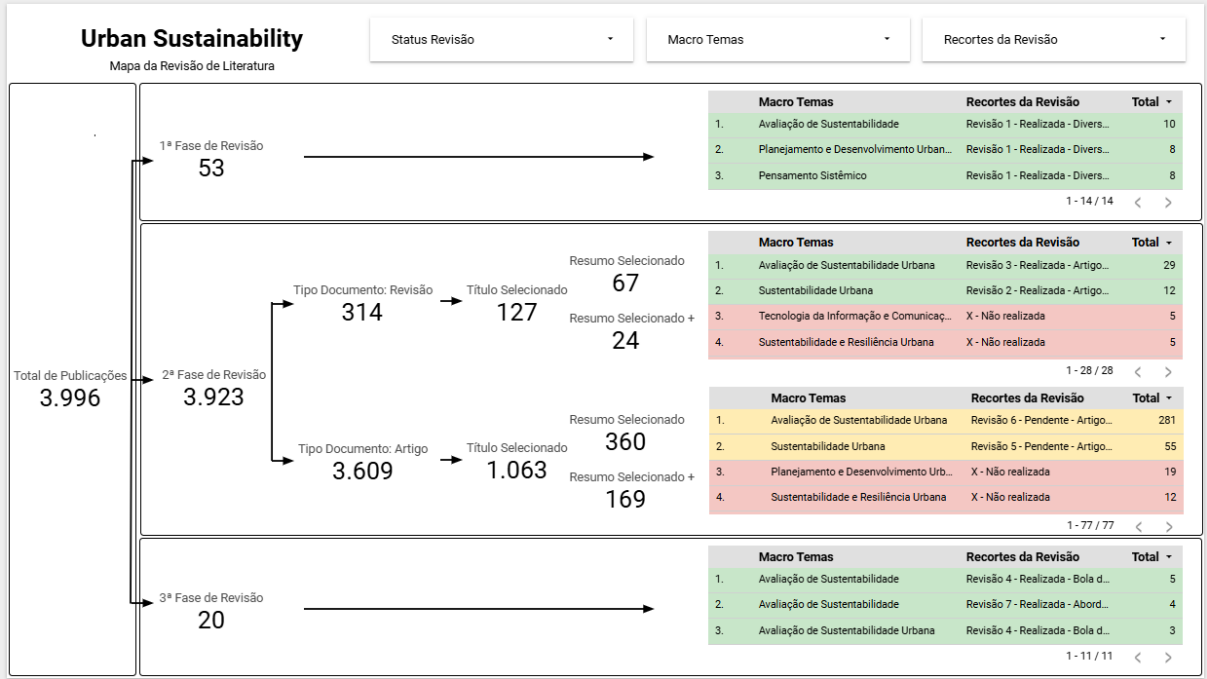
A partir da identificação e definição do problema foram estabelecidas as categorias teóricas adotadas para o estudo: desenvolvimento sustentável e sustentabilidade; sustentabilidade urbana; avaliação de sustentabilidade urbana; e indicadores, índices e estruturas de sustentabilidade. Ao longo do processo de pesquisa foi identificada e incorporada a categoria teórica avaliação integrativa de sustentabilidade urbana.

A definição do problema (etapa 1), a revisão de literatura (etapa 2) e a avaliação de dados (etapa 3) foram realizadas durante a identificação e avaliação dos referenciais teóricos associados ao tema de pesquisa (objetivos 1 e 2) englobando artigos científicos, teses, dissertações e livros. Em razão da pesquisa envolver um tema com ampla disponibilidade de dados técnicos e documentos não acadêmicos, foram também incorporados na pesquisa informações oriundas de estudos, normas técnicas e plataformas de índices e indicadores produzidos por organismos internacionais, órgãos públicos, iniciativa privada e terceiro setor.

Para a revisão de literatura (etapa 2) e para a avaliação de dados das publicações (etapa 3) foram desenvolvidos painéis interativos de análise de dados via *Looker Studio*, integrados em uma Planilha Google. Nos painéis interativos foram aplicados recursos de busca, filtros, gráficos e tabelas que permitiram análises dinâmicas e integradas dos resultados obtidos em cada etapa da revisão integrativa de literatura. Os painéis podem ser acessados pelo *link*: [Painéis Interativos de Análise de Dados - Looker Studio](#).

A revisão de literatura (etapa 2) foi realizada ao longo de três fases que serão detalhadas no capítulo de apresentação de resultados da pesquisa. Na Figura 22 é apresentado o painel interativo “Mapa de Revisão de Literatura” onde são disponibilizados os quantitativos de publicações identificadas em cada fase de revisão, com opções de filtros para consultas dinâmicas por *status* da revisão (realizada, não realizada, pendente, publicação não disponível), macro temas (diversos) e recortes de revisão (diversos).

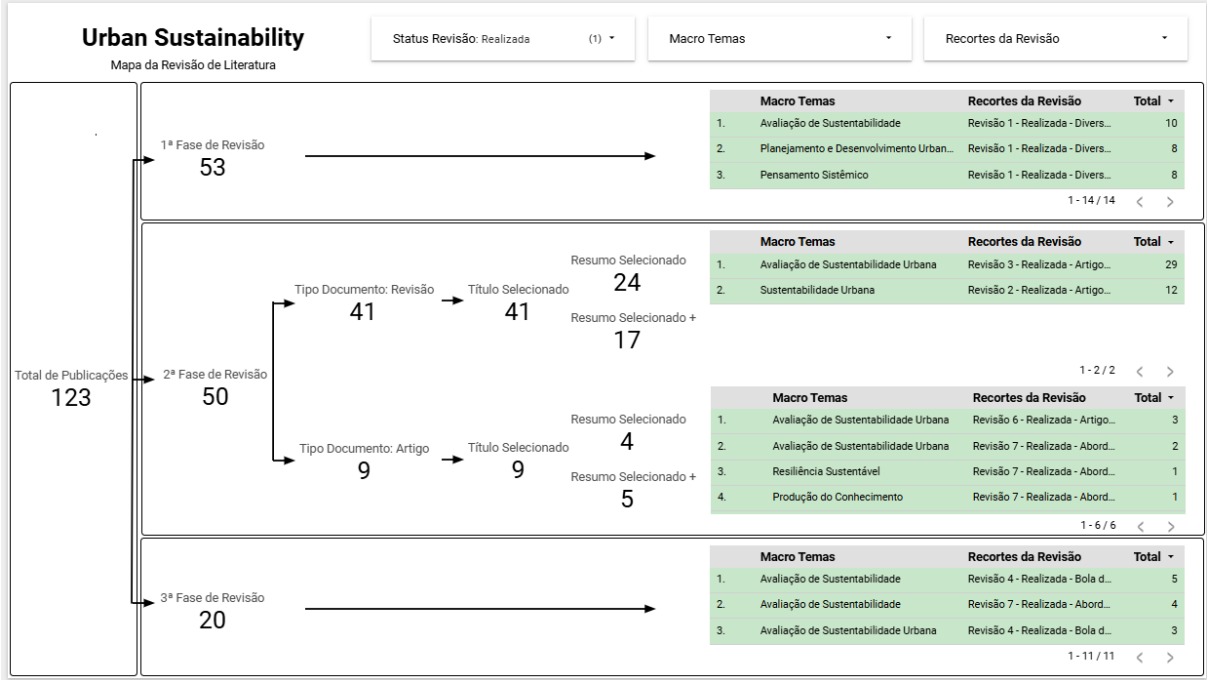
Figura 22 - Painel interativo do mapa de revisão de literatura – publicações identificadas



Fonte: Autoria própria (2024).

As três fases de revisão de literatura (etapa 2) envolveram 3.996 publicações. Na Figura 23 são apresentados os quantitativos de publicações que foram revisadas de forma integral em cada fase, totalizando 123 publicações.

Figura 23 - Painel interativo do mapa de revisão de literatura – publicações revisadas



Fonte: Autoria própria (2024).

A análise de dados (etapa 4) foi iniciada de forma concomitante com a avaliação de dados (etapa 3) e concluída com a identificação e seleção dos elementos estruturantes oriundos dos referenciais teóricos considerados necessários para a proposição da estrutura conceitual para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana (objetivos 3 e 4).

Esta etapa envolveu a realização de análises qualitativas das publicações selecionadas para a identificação das categorias empíricas e unidades de análise. O método de análise qualitativa adotado para a análise de dados (etapa 4) é detalhado no próximo tópico deste capítulo.

A apresentação dos resultados (etapa 5), que marca o encerramento da revisão integrativa de literatura, é realizada com a demonstração do processo de elaboração e a apresentação da proposta de estrutura conceitual para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana (objetivo geral).

Torraco (2005) apresenta quatro formas possíveis de síntese de revisões integrativas, entre elas modelos alternativos ou estruturas conceituais. Considera que independentemente da forma de síntese utilizada, deve ser fornecida uma descrição de como ela foi desenvolvida a partir da revisão de literatura, caracterizando o raciocínio conceitual utilizado.

Para o autor a apresentação de uma estrutura ou modelo sem a descrição da origem de seus construtos, suas inter-relações e o raciocínio conceitual utilizado para construí-lo é como apresentar os resultados e conclusões de um estudo empírico sem discutir a coleta e análise dos dados.

Torraco (2005, p. 363) acredita que “assim como em outros tipos de pesquisa, os leitores de uma revisão de literatura esperam ver como a lógica e o raciocínio conceitual do processo de pesquisa foram usados para desenvolver a estrutura ou modelo proposto”. Para o autor a discussão também deve mostrar como a estrutura ou modelo ajuda a superar as omissões, deficiências ou outros aspectos problemáticos identificados na literatura. Considera que a lógica e o raciocínio conceitual do autor permitem que o leitor acompanhe as conexões entre o problema de pesquisa (por exemplo, deficiências na literatura), a crítica da literatura e o resultado teórico (por exemplo, um novo modelo conceitual).

3.3. Método de Análise Qualitativa

As informações obtidas na análise de dados (etapa 4) foram tratadas de acordo com as orientações oferecidas por Oliveira (2007) para a realização de pesquisas qualitativas. As

informações obtidas durante a revisão integrativa de literatura foram classificadas em categorias teóricas, categorias empíricas e unidades de análise para que pudessem servir de referência para a proposição da estrutura conceitual para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana.

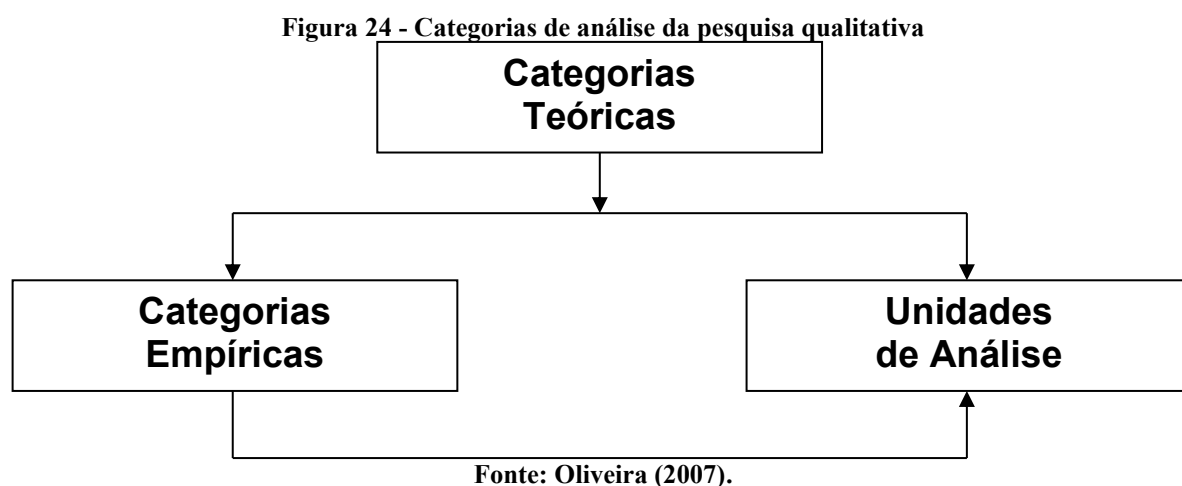
Para Oliveira (2007) o termo categoria está associado à classificação ou a um agrupamento de elementos que são sistematizados pelo pesquisador durante a análise de conceitos em livros, textos e documentos. A autora define dois tipos de categorias: categorias teóricas e categorias empíricas.

As categorias teóricas seriam convergentes ao tema central do estudo. “Uma vez realizada a sistematização dos conteúdos que engendram toda a fundamentação teórica, já seria possível definir as categorias teóricas da pesquisa que darão sustentação à análise de dados” (Oliveira, 2007, p. 95).

As categorias empíricas seriam específicas e resultantes da coleta de dados na realidade empírica (Oliveira, 2007). Essas categorias foram identificadas e definidas durante a revisão de literatura (etapa 2),

Nesta etapa também foram identificadas as unidades de análise, que segundo Oliveira (2007), resultariam da sistematização das informações coletadas durante a pesquisa, visando facilitar o processo de análise. As unidades de análise identificadas foram utilizadas como base para a definição dos elementos estruturantes considerados necessários para compor a estrutura conceitual para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana.

Para um melhor entendimento e visualização, é representada na Figura 24 uma síntese das categorias trabalhadas na análise dos dados da pesquisa qualitativa proposta por Oliveira (2007).



Para Oliveira (2007) a leitura exaustiva de autores oferece subsídios para o delineamento do quadro teórico, a partir do qual são definidas as categorias teóricas, as quais remetem à definição dos instrumentais para a pesquisa. Esses dão origem às categorias empíricas e nos levam a sistematizar todas as informações obtidas por meio das unidades de análise.

O processo de definição das categorias teóricas, categorias empíricas e unidades de análise será apresentado no capítulo de resultados da pesquisa.

4. RESULTADOS DA PESQUISA

4.1. Identificação e Avaliação de Referenciais Teóricos (Objetivos 1 e 2)

Para o atingimento dos objetivos 1 e 2 foram realizadas as etapas de revisão de literatura (etapa 2) e de avaliação de dados (etapa 3) propostas pelo método de revisão integrativa de literatura. A revisão de literatura foi realizada ao longo de três fases, envolvendo um total de 3.996 publicações das quais 123 foram analisadas de forma integral.

Os referenciais teóricos que integram a primeira fase de revisão de literatura foram identificados a partir das disciplinas ofertadas pelo Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Urbana (PPGSAU), reuniões de orientação, reuniões do grupo de pesquisa - Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa em Avaliação de Sustentabilidade (NIPAS), pesquisas avulsas em bases de dados indexadas, elaboração de ensaios teóricos e artigos científicos. Dentre os trabalhos realizados pelo NIPAS nesse contexto, alguns inclusive à luz da proposição de Meadows (1998), estão: Araujo, Rauen e Fernandes (2015); Gomes *et al.* (2016); Cavalcanti *et al.* (2017a e 2017b); Gutierrez, Fernandes e Rauen (2017); Gomes, Fernandes e Malheiros (2018); Kauling (2018); Silva *et al.* (2017, 2020a e 2020b); Carbone *et al.* (2020); Gaertner *et al.* (2021); Salles *et al.* (2022), Azzulin (2022); Simão, Salles e Fernandes (2024) e Salles *et al.* (2024).

Durante as participações nas atividades promovidas pelo NIPAS foram estabelecidos os primeiros contatos com as produções científicas realizadas pelo grupo de pesquisa e os seus respectivos referenciais teóricos, dentre eles a abordagem de sustentabilidade fundamentada nos capitais (natural, humano, social e construído) e orientada para o atingimento do bem-estar social apresentada por Meadows (1998).

As informações obtidas nessa primeira fase de revisão contribuíram para gerar a compreensão sobre o nível de complexidade relacionado ao tema de pesquisa bem como sobre os desafios ainda existentes para avaliação de sustentabilidade no contexto das cidades.

A experiência compartilhada do trabalho de pesquisa desenvolvido pelo NIPAS em relação a indicadores de sustentabilidade contribuiu para confirmar a constatação de Meadows (1998) de que nunca seria estabelecido um único índice global de desenvolvimento sustentável e de que haveria a necessidade do desenvolvimento de um sistema de informações.

Foi a partir das abordagens teóricas dos capitais e de sistemas apresentadas por Meadows (1998, 2009) que surgiu a proposta original para o desenvolvimento de uma estrutura

de indicadores para avaliação de sustentabilidade urbana orientada para sistemas, a qual foi gradativamente evoluindo ao longo da pesquisa para a proposta de identificação de elementos estruturantes considerados necessários para a proposição de uma estrutura para avaliação de sustentabilidade urbana.

Durante revisão de literatura foi identificada e incorporada a abordagem de avaliação integrativa de sustentabilidade apresentada por Gibson (2006a) gerando o objetivo geral de proposição de uma estrutura conceitual para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana.

A primeira fase de revisão de literatura revelou a existência de um elevado volume de abordagens e de produções científicas associadas ao tema, oriundas de diversos campos de conhecimento científico. Revelou também limitações quanto aos primeiros métodos e critérios de busca utilizados para a identificação dos referenciais teóricos necessários para o tratamento de uma pesquisa inter e transdisciplinar envolvendo um tema complexo que exigia o desenvolvimento de uma visão holística.

Essas situações exigiram a adoção de um novo método de pesquisa e o estabelecimento de uma nova estratégia de busca de referenciais teóricos, incluindo o emprego de um novo recurso tecnológico para o tratamento e análise de publicações científicas oriundas de bases indexadas, originando assim uma segunda fase de revisão de literatura.

A segunda fase de revisão de literatura compreendeu todas as produções científicas disponíveis nas bases *Scopus* e *Web of Science* para o descritor “*Urban Sustainability*”, considerando como parâmetros o ano limite “2023” e o critério de busca “título, palavras-chave e resumo”.

O descritor “*Urban Sustainability*” foi adotado por ser amplamente aplicado e reconhecido na literatura especializada, diferenciando-se de termos como “Cidades Sustentáveis”, que por serem aplicados em larga escala, dificultam a identificação e seleção de publicações científicas relacionadas ao tema sustentabilidade urbana.

O uso deste descritor também foi estabelecido como uma estratégia de busca mais ampla, que permitisse englobar um conjunto expressivo de publicações científicas relacionadas ao tema, visando proporcionar uma visão mais abrangente do universo de pesquisa bem como a identificação de publicações que pudessem gerar contribuições mais significativas.

As buscas geraram um total de 4.554 registros de publicações disponíveis na base *Scopus* e de 3.900 registros de publicações disponíveis na base *Web of Science*. Os resultados

gerados foram exportados para arquivos de dados padrão CSV e XLS, considerando todos os campos disponibilizados pelas referidas bases para exportação.

Os registros gerados nos arquivos foram integrados em uma planilha eletrônica onde foram eliminados os registros duplicados. Na planilha foram selecionados e mantidos apenas os registros de publicações do tipo “Revisão” (314) e do tipo “Artigo” (3.609), perfazendo um novo total de 3.923 registros de publicações.

Para a avaliação dos dados das publicações (etapa 3) foram mantidos na planilha os nomes originais dos campos (colunas) que constavam nos arquivos gerados a partir das bases indexadas (nomes em inglês). Na planilha foram criados campos (colunas) para armazenamento das informações das classificações estabelecidas para as publicações envolvidas na revisão de literatura (etapa 2) e a avaliação de dados (etapa 3), apresentados no Quadro 13. Alguns destes novos campos fazem referência aos nomes dos campos originais em inglês para facilitar a identificação da origem das informações que armazenam.

Quadro 13 - Novos campos criados para a avaliação de dados das publicações

Campos (Colunas)	Descrições dos Conteúdos dos Campos (Colunas)
Código da Publicação	Número de identificação da publicação
Fases da Revisão	Fases da revisão de literatura – 1ª, 2ª ou 3ª fase
Origem	Origem da ~publicação
Recortes da Revisão	Descrição e <i>status</i> dos recortes da revisão de literatura
<i>Status</i> Revisão	<i>Status</i> da revisão da publicação – Realizada, Não Realizada, Pendente e Publicação Não Disponível
Origem da Bola de Neve	Código da publicação ou descrição do motivo que originou a inclusão da publicação na revisão (bola de neve)
Authors – Authors Full Names	Campo concatenado (Authors + Authors Full Name) formatado com letras minúsculas para permitir a pesquisa de publicações por autor
Title (Tradução)	Tradução eletrônica do título da publicação
Análise dos Títulos	<i>Status</i> de seleção – Título Selecionado ou Título Não Selecionado
Macro Temas	Temas diversos criados a partir do objeto de estudo identificado durante as análises de títulos e resumos, utilizados para classificação/agrupamento das publicações
Abstract (Tradução)	Tradução eletrônica do resumo
Análise dos Resumos	<i>Status</i> de seleção – Resumo Selecionado, Resumo Selecionado + (Resumos de Destaque), Resumo Não Selecionado ou Título Não Selecionado
Contempla Avaliação de Sustentabilidade?	<i>Status</i> para identificação das publicações que contemplam avaliação de sustentabilidade – Sim, Não ou Título Não Selecionado
Contexto de Avaliação	Classificação do tipo de contexto da avaliação de sustentabilidade da publicação – Contexto Cidade, Contexto Específico (temas diversos), Contexto Multiescala, Não Contempla Avaliação ou Título Não Selecionado
Tipo de Avaliação	Classificação do tipo de avaliação de sustentabilidade disponível na publicação: Tipo 1 - Publicações que envolvem análise, desenvolvimento e aplicação de métodos Tipo 2 - Publicações que envolvem análise e desenvolvimento de métodos Tipo 3 - Publicações que envolvem análise e aplicação de métodos Tipo 4 - Publicações que envolvem análise de métodos Tipo 5 - Publicações que envolvem desenvolvimento e aplicação de métodos Tipo 6 - Publicações que envolvem desenvolvimento de métodos Tipo 7 - Publicações que envolvem aplicação de métodos Não Contempla Avaliação Título Não Selecionado
Author Keywords (Tradução)	Tradução eletrônica das palavras-chave dos autores
Index Keywords (Tradução)	Tradução eletrônica das palavras-chave indexadas

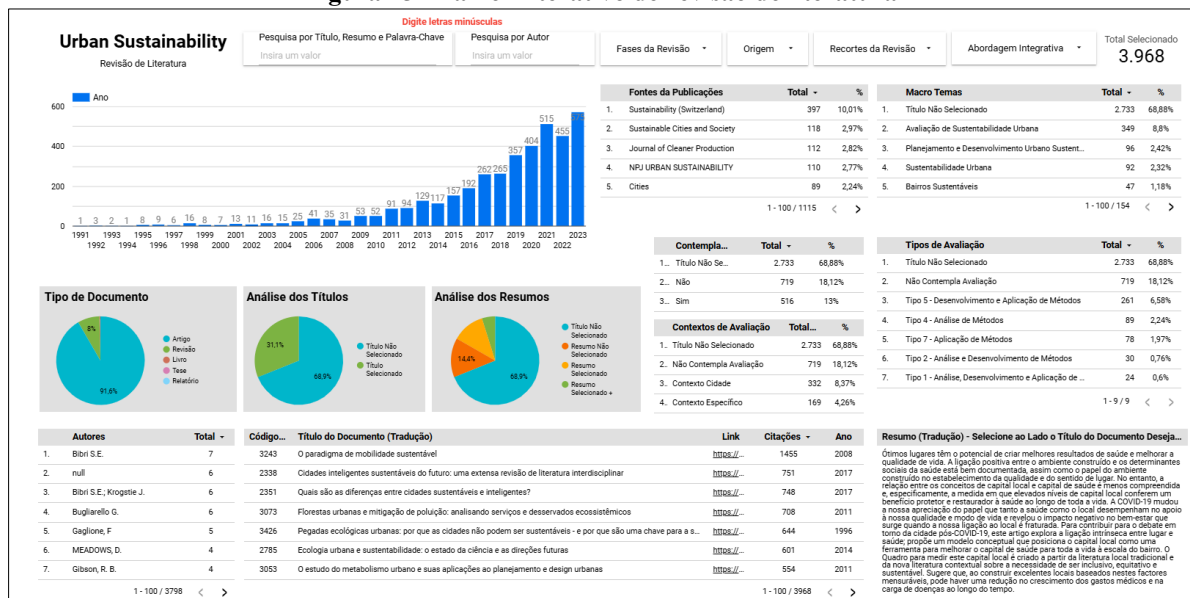
Title (Tradução) - Abstract (Tradução) - Author Keywords (Tradução) - Index Keywords (Tradução)	Campo concatenado (Title (Tradução) + Abstract (Tradução) + Author Keywords (Tradução) + Index Keywords (Tradução)) formatado com letras minúsculas para permitir a pesquisa de publicações por palavra-chave
Abordagem Integrativa	Status para identificação das publicações que apresentam abordagem integrativa – Sim, Sim+ (Publicações de Destaque) ou Não

Fonte: Autoria própria (2024).

Os campos para armazenamento das traduções de títulos, resumos e palavras-chave foram criados com o intuito de ampliar e facilitar o acesso às informações. O preenchimento destes campos foi realizado de forma automática por meio da fórmula “google.translate”, recurso de tradução disponível na Planilha Google.

A planilha gerada serviu de base de dados para o desenvolvimento do painel interativo “Revisão de Literatura” apresentado na Figura 25, onde podem ser verificados, de forma dinâmica, os resultados obtidos durante a avaliação de dados das publicações (etapa 3).

Figura 25 - Painel interativo de revisão de literatura



Fonte: Autoria própria (2024).

Na parte superior do painel “Revisão de Literatura” foram criadas duas opções de busca – “Pesquisa por Título, Resumo e Palavra-Chave” e “Pesquisa por Autor” – e quatro opções de filtros para permitir a visualização das publicações por contextos específicos: “Fases da Revisão”, “Origem das Publicações”, “Recortes da Revisão de Literatura” e “Abordagem Integrativa”, incluindo um campo para a visualização do total de publicações selecionadas.

No painel também foram implementadas tabelas para a visualização de dados relacionados à autoria das publicações (nomes dos autores, número de publicações), dados das publicações (título, *link* de acesso, número de citações, ano da publicação), resumos das

publicações selecionadas, fontes das publicações (nome da fonte, número de publicações associadas a fonte), além de tabelas relacionadas às classificações estabelecidas para as publicações: macro temas, se a publicação contempla avaliação de sustentabilidade (sim ou não), contexto da avaliação e tipo de avaliação.

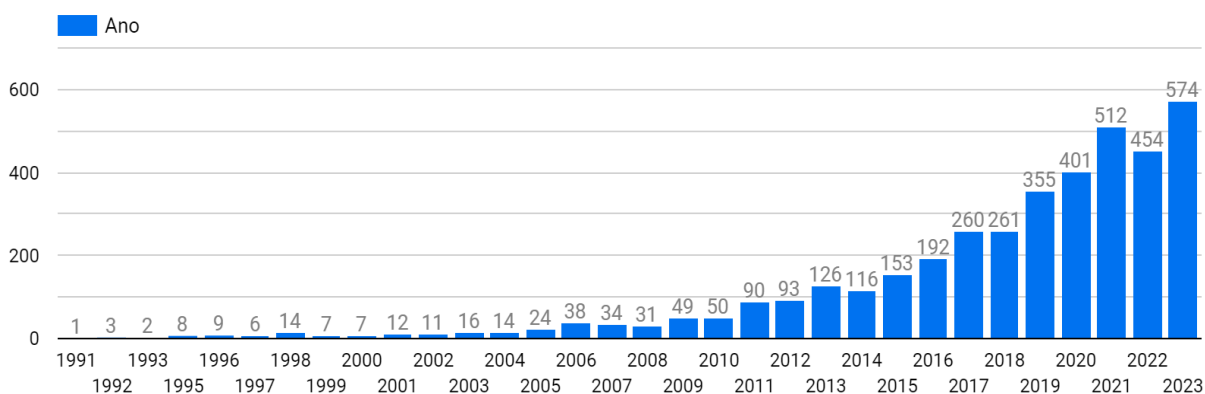
Os recursos disponibilizados nos painéis possibilitaram a interação dinâmica com as informações das publicações, permitindo a realização de consultas isoladas e combinadas a partir de seleções feitas via campos de busca, gráficos, tabelas e filtros. A partir dos gráficos e tabelas foi possível selecionar uma ou mais informações com o uso da tecla “CTRL” bem como itens específicos. Nas tabelas foi possível classificar as informações pelos cabeçalhos disponíveis nas colunas.

O painel interativo “Revisão de Literatura” ofereceu diversas possibilidades de combinações para interação com os dados das publicações. Dentre as funcionalidades implementadas destacam-se a inclusão de *links* para acesso rápido às publicações e a disponibilização dos títulos e resumos das publicações no idioma português.

A partir do painel foi possível obter um primeiro panorama sobre as pesquisas científicas relacionadas ao descritor “*Urban Sustainability*”. No total das 3.923 publicações que integram a segunda fase de revisão de literatura, a referência “Bibri S. E.” (7) e o periódico “Sustainability (Switzerland)” (397) apareceram com o maior número de publicações. A publicação “O Paradigma da Mobilidade Sustentável”, de 2008, com o maior número de citações (1.455).

Pelo painel foi possível verificar a distribuição da produção científica relacionada à segunda fase da revisão de literatura por ano de publicação, conforme apresentado na Figura 26.

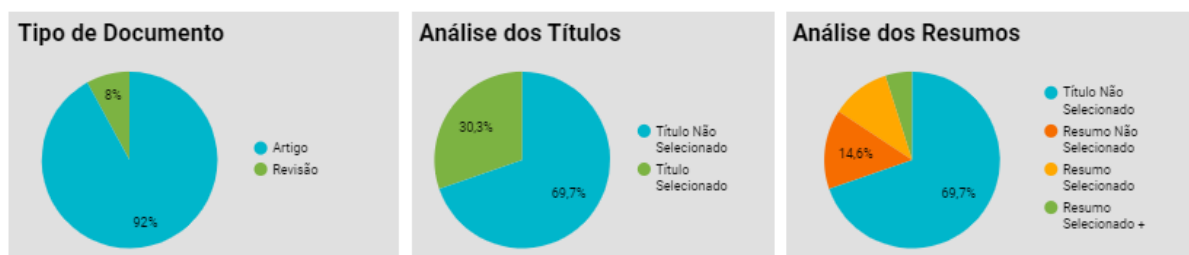
Figura 26 - Distribuição da produção científica da segunda fase de revisão de literatura (por ano)



Fonte: Autoria própria (2024).

No painel também foram implementados gráficos para a visualização dos quantitativos dos tipos de documento analisados e dos resultados das classificações de títulos e resumos utilizados para a identificação e seleção das publicações consideradas mais relevantes para a realização da pesquisa, conforme demonstrado na Figura 27.

Figura 27 - Classificação das publicações científicas



Fonte: Autoria própria (2024).

Durante as análises de títulos e resumos foram estabelecidos macro temas para a classificação das publicações, criados a partir da identificação do principal objeto de pesquisa de cada publicação. Os macros temas foram definidos para possibilitar o reconhecimento do universo da pesquisa associado ao descritor “*Urban Sustainability*” bem como para permitir o agrupamento das publicações com títulos selecionados e resumos analisados.

A segunda fase de revisão de literatura envolveu a análise dos títulos das 3.923 publicações selecionadas. A partir do critério de maior afinidade com o tema de pesquisa foram selecionadas, pelo título, 1.190 ou 30,3% das publicações (Figura 27), para as quais foi estabelecida uma primeira proposta de classificação por macro temas.

As publicações com títulos selecionados foram submetidas a análise dos resumos para a confirmação da condição de afinidade com o tema de pesquisa e para validação das classificações estabelecidas por macro temas. A análise dos resumos também permitiu identificar as publicações relacionadas com tema avaliação de sustentabilidade (contempla avaliação de sustentabilidade? – sim), as quais foram classificadas de acordo com o contexto de avaliação (cidade, específico (temas diversos) ou multiescala (dimensões territoriais)) e tipo de avaliação de sustentabilidade (do 1 ao 7), conforme as categorias detalhadas no Quadro 13 - Novos campos criados para a avaliação de dados das publicações.

As classificações estabelecidas para as publicações, considerando as três fases de revisão, permitiram a identificação de 154 macro temas relacionados ao universo de pesquisa da sustentabilidade urbana. A relação completa de macro temas está disponível para consulta

contextos de cidade, específico (temas diversos) ou multiescala (dimensões territoriais), incluindo publicações que apresentam abordagens conceituais ou revisões relacionadas à avaliação.

A partir da análise dos resumos realizada na segunda fase da revisão de literatura foram selecionadas 620 publicações, 15,8% do total de 3.923. Essas publicações foram classificadas em duas categorias distintas: “Resumo Selecionado”, com 427 publicações (10,9%), e “Resumo Selecionado +”, com 193 publicações (4,9%)¹³.

As publicações relacionadas aos oito macro temas considerados como de interesse específico da pesquisa representam a maior parte das 620 publicações com resumos selecionados, correspondendo a 317 (51,1%) publicações classificadas para “Avaliação de Sustentabilidade Urbana”, 68 (11%) para “Sustentabilidade Urbana”, 17 (2,7%) para “Sustentabilidade e Resiliência Urbana”, 7 (1,1%) para “Avaliação de Sustentabilidade e Resiliência Urbana”, 2 (0,3%) para “Resiliência Urbana”, 1 (0,2%) para “Insustentabilidade Urbana” e 1 (0,2%) para “Avaliação de Insustentabilidade Urbana”¹⁴. Juntas essas publicações representam um total de 413 ou 66,6% das publicações com resumos selecionados.

A proposta de classificação por macro temas possibilitou o agrupamento e a seleção de publicações por temas específicos, favorecendo os processos de revisão de literatura (etapa 2) e de avaliação de dados das publicações (etapa 3).

Além das questões de “Resiliência” e “Insustentabilidade”, a classificação das publicações revelou outros macros temas relevantes para a pesquisa científica sobre sustentabilidade urbana como “Planejamento e Desenvolvimento Urbano Sustentável”, “Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs)”, “Bairros Sustentáveis”, “Metabolismo Urbano” e “Pensamento Sistêmico”.

Dentre as 620 publicações com resumos selecionados, 379 (61,1%) contemplam avaliação e 241 (38,9%) não contemplam. Dentre as 379 publicações que contemplam avaliação, 309 abordam o contexto cidade (81,5%), 58 abordam contextos específicos (15,3%) e 12 (3,2%) o contexto multiescala.

No contexto de cidade, as publicações se relacionam aos macros temas “Avaliação de Sustentabilidade Urbana”, “Avaliação de Sustentabilidade e Resiliência Urbana”,

¹³ A categoria “Resumo Selecionado +” classifica as publicações inicialmente identificadas como aquelas cujo título e o resumo apresentam maior potencial de contribuição para a pesquisa.

¹⁴ O macro tema “Avaliação de Resiliência Urbana” não teve publicações selecionadas pelo resumo.

“Metabolismo Urbano”, “Mudanças Climáticas”, “Pensamento Sistêmico” e “Avaliação da Insustentabilidade Urbana”.

No contexto específico, as publicações englobam macro temas como “Bairros Sustentáveis”, “Avaliação de Sustentabilidade Urbana”, “Sustentabilidade Ambiental”, “Saúde e Bem-Estar”, “Habitabilidade”, “Sustentabilidade Social”, “Urbanismo”, “Soluções Baseadas na Natureza” e “Energia”.

No contexto multiescala a maior parte das publicações está associada ao macro tema “Avaliação de Sustentabilidade Urbana”.

Com relação ao tipo de avaliação, as 379 publicações que contemplam avaliação de sustentabilidade apresentaram a distribuição apresentada no Quadro 14.

Quadro 14 - Distribuição das publicações por tipo de avaliação de sustentabilidade

Classificação	Descrição da Classificação	Distribuição
Tipo 5	Desenvolvimento e Aplicação de Métodos	203 (53,6%)
Tipo 4	Análise de Métodos	60 (15,8%)
Tipo 7	Aplicação de Métodos	49 (12,9%)
Tipo 2	Análise e Desenvolvimento de Métodos	23 (6,1%)
Tipo 1	Análise, Desenvolvimento e Aplicação de Métodos	22 (5,8%)
Tipo 6	Desenvolvimento de Métodos	13 (3,4%)
Tipo 3	Análise e Aplicação de Métodos	9 (2,4%)

Fonte: Autoria própria (2024).

Os tipos que integram esta classificação foram estabelecidos a partir da combinação dos termos “Análise”, “Desenvolvimento” e “Aplicação” empregados nos títulos e resumos de publicações analisadas que envolvem métodos de avaliação de sustentabilidade. A proposta de classificação, baseada na combinação dos termos, se inicia no “Tipo 1 - Análise, Desenvolvimento e Aplicação de Métodos” e finaliza no “Tipo 7 - Aplicação de Métodos”.

Durante a revisão de títulos e resumos foi constatado que as publicações relacionadas com avaliações de sustentabilidade envolvem diversos métodos oriundos de diferentes áreas do conhecimento. Esses métodos são trabalhados de diversas formas e em diferentes contextos exigindo o desenvolvimento de uma proposta de classificação mais específica, razão pela qual eles não foram detalhados no contexto desta pesquisa. Outra questão importante a ser considerada é que a classificação apresentada no Quadro 14 foi estabelecida a partir da análise de títulos e resumos e que está sujeita a possíveis alterações a partir da leitura completa das publicações e da aplicação de uma proposta de classificação mais específica.

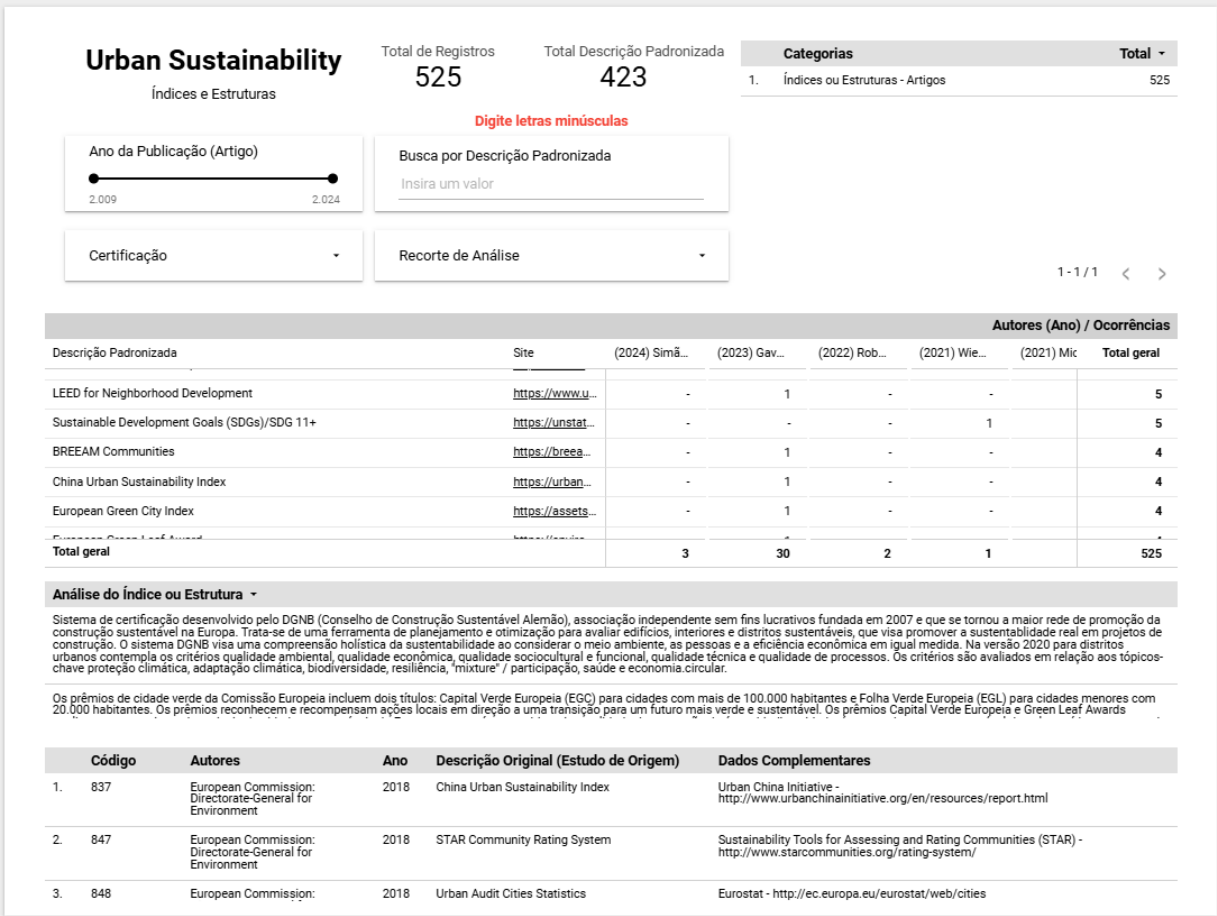
A terceira e última fase da revisão de literatura (etapa 2) envolveu 20 publicações identificadas ao longo da pesquisa (bola de neve), dentre elas uma publicação que tratava de

avaliação de sustentabilidade sistêmica e cinco publicações que tratavam sobre avaliação integrativa de sustentabilidade. Essas publicações foram cadastradas na planilha e incorporadas na revisão de literatura.

Ao longo da revisão de literatura (etapa 2) também foram identificadas publicações relacionadas as pesquisas sobre indicadores, índices e estruturas apresentadas no tópico 2.4. Avaliação de Sustentabilidade Urbana da revisão teórica. Os dados obtidos nestas pesquisas estão disponíveis para consulta nos painéis interativos “Índices e Estruturas” e “Indicadores” com o objetivo de caracterizar uma amostra da diversidade existente.

A partir das publicações avaliadas foram identificados 525 registros de índices e estruturas os quais foram submetidos a uma revisão para a padronização das descrições visando a unificação dos registros iguais, gerando um novo total de 423 índices e estruturas que estão disponíveis para consulta no painel interativo “Índices e Estruturas”, apresentado na Figura 29.

Figura 29 - Painel interativo de índices e estruturas



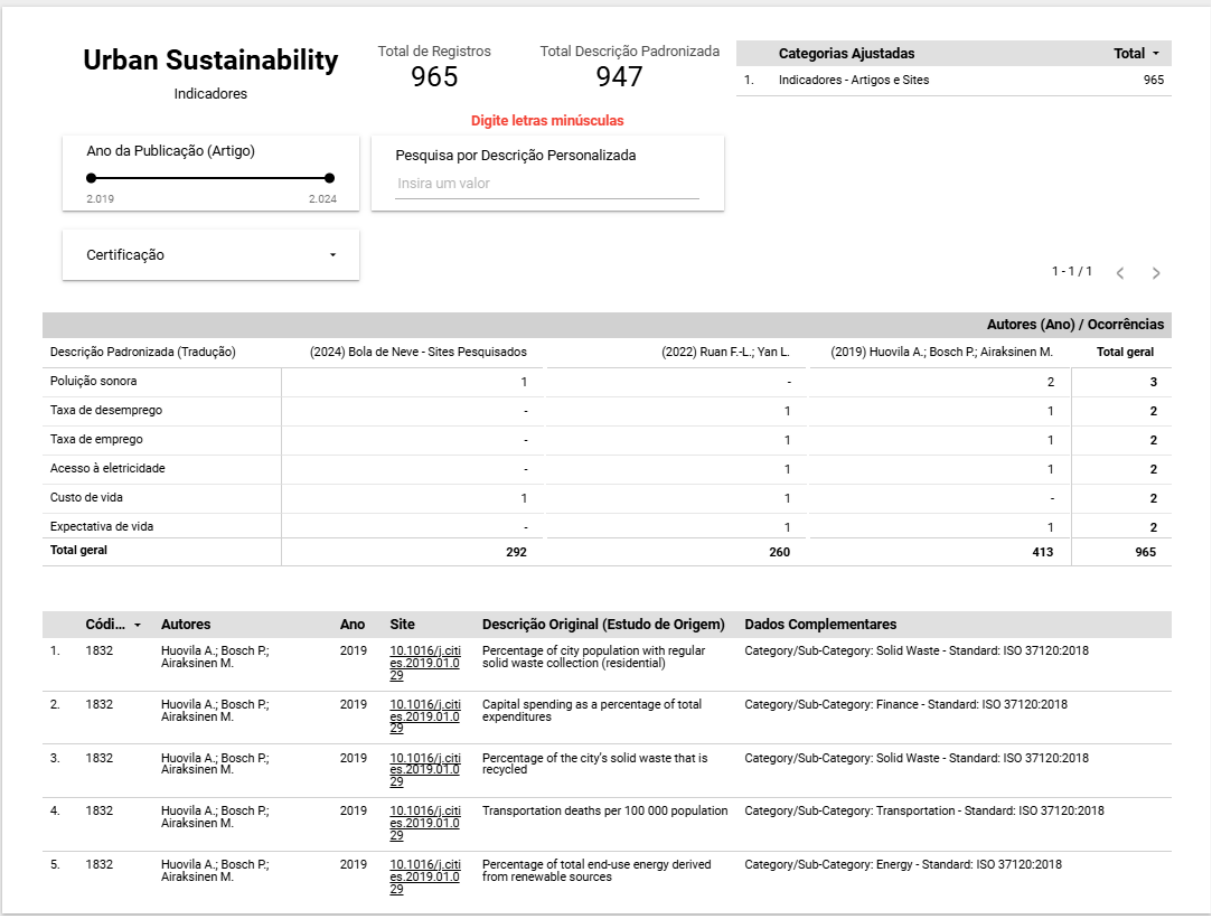
Fonte: Autoria própria (2024).

No painel são disponibilizados filtros para a visualização dos dados por período de publicação e *status* de vinculação com certificação, além de um campo para buscas pela

descrição padronizada e uma tabela com dados das publicações analisadas. No painel também é disponibilizado um filtro de recorte de análise para a visualização dos dados relacionados aos levantamentos realizados por Michalina *et al.* (2021), Goodwin *et al.* (2021) e Gavaldà, Gibbs e Eicker (2023) acompanhados de análises dos índices e estruturas que apresentam maior frequência de citação nos estudos mencionados.

A partir das publicações avaliadas também foram identificados 965 registros de indicadores, os quais foram submetidos a uma revisão para a padronização das descrições visando a unificação dos registros iguais, gerando um novo total de 947 indicadores que estão disponíveis para consulta no painel interativo “Indicadores”, apresentado na Figura 30. No painel são disponibilizados filtros para a visualização dos dados por período de publicação e *status* de vinculação com certificação, além de um campo para buscas pela descrição padronizada e uma tabela com dados das publicações analisadas.

Figura 30 - Painel interativo de indicadores



Fonte: Autoria própria (2024).

Durante a revisão de literatura foram identificados e reconhecidos os trabalhos desenvolvidos por Meadows (1998, 2009) e Gibson (2006a), adotados como os principais referenciais teóricos para o desenvolvimento de presente estudo.

Na segunda fase de revisão de literatura, envolvendo as publicações científicas oriundas das bases *Scopus* e *Web of Science*, houve a constatação de que o importante legado produzido por esses autores, pelo menos no recorte analisado, segue sendo pouco considerado ou utilizado para a produção de propostas de estruturas para avaliação de sustentabilidade urbana. Boa parte das propostas de índices e estruturas identificados ainda seguem o padrão de tratamento por categorias ou dimensões da sustentabilidade.

Essa constatação confirma a importância da adoção de estratégias mais amplas para revisões de literatura, as quais possibilitam a identificação e a avaliação de referenciais teóricos que não estariam disponíveis em um recorte de revisão mais restrito, envolvendo apenas publicações diretamente relacionadas com estruturas de avaliação de sustentabilidade. A estratégia de revisão de literatura mais ampla também revelou a importância do método de revisão integrativa de literatura e do uso dos painéis interativos de dados para o desenvolvimento de pesquisas inter e transdisciplinares, por possibilitarem que os referenciais teóricos possam ser permanentemente revisados e atualizados em pesquisas futuras.

4.2. Identificação e Seleção de Elementos Estruturantes (Objetivo 3 e 4)

Para o atingimento dos objetivos 3 e 4 foi realizada a análise de dados (etapa 4) proposta pela revisão integrativa de literatura. Nesta etapa foi realizada uma análise qualitativa a partir da leitura integral das 123 publicações identificadas durante a revisão de literatura (etapa 2). A análise de dados (etapa 4) foi organizada a partir de recortes de revisão estabelecidos com base nas classificações realizadas para as publicações durante a avaliação de dados (etapa 3).

A análise qualitativa realizada a partir da leitura integral das 123 publicações contemplou a identificação de categorias teóricas, categorias empíricas e unidades de análise sugeridas por Oliveira (2007), utilizadas como referência para a proposição da estrutura conceitual para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana.

A leitura integral das 123 publicações foi realizada a partir dos oito recortes de revisão apresentados no Quadro 15, que englobam um total de 467 publicações selecionadas durante as três fases de revisão de literatura (etapa 2).

Quadro 15 - Recortes de revisão das publicações selecionadas e revisadas

Fases de Revisão de Literatura	Recortes de Revisão	Tipo de Documento	Macro Tema	Total de Publicações Selecionadas	Total de Publicações Revisadas
1ª Fase	Revisão 1	Diversos	Diversos	53	53
2ª Fase Artigos com Resumos Selecionados	Revisão 2	Revisão	Sustentabilidade Urbana	12	12
2ª Fase Artigos com Resumos Selecionados	Revisão 3	Revisão	Avaliação de Sustentabilidade Urbana	29	29
3ª Fase Bola de Neve dos Artigos com Resumos Selecionados	Revisão 4	Diversos	Diversos	14	14
2ª Fase Artigos com Resumos Selecionados	Revisão 5	Artigo	Sustentabilidade Urbana	55	0
2ª Fase Artigos com Resumos Selecionados	Revisão 6	Artigo	Avaliação de Sustentabilidade Urbana	284	3
2ª e 3ª Fases Avaliação Integrativa de Sustentabilidade	Revisão 7	Artigo e Livro	Diversos	19	11
3ª Fase Avaliação de Sustentabilidade Sistêmica	Revisão 8	Artigo	Avaliação de Sustentabilidade Sistêmica	1	1

Fonte: Autoria própria (2024).

Os oito recortes estabelecidos englobam as publicações identificadas na primeira fase de revisão e as que foram priorizadas ou identificadas na segunda e terceira fases de revisão. Em razão do elevado número de publicações selecionadas para compor os recortes de revisão (467), apenas alguns recortes tiveram a totalidade de publicações selecionadas revisadas (123), conforme demonstrado no Quadro 15.

Na segunda fase foram priorizadas para a composição dos recortes publicações dos tipos “Revisão” e “Artigo” associadas aos macros temas “Sustentabilidade Urbana” e “Avaliação da Sustentabilidade Urbana”. Na terceira fase foram revisadas publicações identificadas ao longo da revisão da literatura (bola de neve) relacionadas a temas diversos, incluindo uma publicação relacionada ao macro tema “Avaliação de Sustentabilidade Sistêmica” e publicações associadas a abordagem da avaliação integrativa de sustentabilidade.

Durante a leitura integral das publicações foi identificado o estudo de revisão sistemática elaborado por Cohen (2017) sobre métodos de avaliação de sustentabilidade urbana. No estudo o autor realiza a crítica sobre as limitações apresentadas pelas estruturas elaboradas a partir das dimensões da sustentabilidade e identifica, entre os métodos analisados, as propostas de avaliações baseadas em princípios orientadores. Dentre as propostas de avaliação baseadas em princípios identifica os oito critérios propostos por Gibson (2006a) para a realização de

avaliações integrativas de sustentabilidade como o conjunto mais coerente entre os princípios identificados, considerando que poderiam ser aplicados para o contexto urbano.

A partir desta conexão estabelecida por Cohen (2017) com os trabalhos desenvolvidos por Gibson (2006a), foi realizada uma busca na base de dados por publicações que fizessem menção ao termo “integrative” no título, resumo ou palavras-chave. A busca resultou em 38 publicações distribuídas em diferentes recortes de análise, incluindo publicações que já haviam sido revisadas. A partir da busca e de novas revisões de literatura foram identificadas mais 10 publicações que possuíam algum nível de relação com o tema, a exemplo da publicação de Cohen (2017), totalizando as 48 publicações associadas ao filtro “Abordagem Integrativa” disponível no painel interativo “Revisão de Literatura”.

A partir desta análise foi gerado um recorte específico para a revisão de 19 publicações relacionadas ao tema que ainda não haviam sido analisadas, dentre elas outras publicações relacionadas a Gibson (2006b, 2013, 2017). As publicações mais relevantes foram incorporadas ao presente estudo.

Durante a análise de dados (etapa 4) foram consolidadas as cinco categorias teóricas adotadas pelo estudo: desenvolvimento sustentável e sustentabilidade; indicadores, índices e estruturas de sustentabilidade; sustentabilidade urbana; avaliação de sustentabilidade urbana; e avaliação integrativa de sustentabilidade urbana. Essas categorias são sustentadas pelos referenciais teóricos apresentados no capítulo de revisão de literatura do presente estudo.

As categorias teóricas foram utilizadas como referência para a busca e identificação das categorias empíricas e unidades de análise. Durante a análise qualitativa foram identificadas 310 unidades de análise e 32 categorias empíricas disponíveis no contexto das publicações analisadas.

As descrições das categorias empíricas e das unidades de análise foram estabelecidas mantendo, sempre que possível, a proposta de redação original observada na publicação de origem. Algumas unidades de análise foram associadas com categorias empíricas já disponíveis ou com categorias empíricas criadas a partir da análise do contexto em que foram aplicadas.

As categorias empíricas e unidades de análise identificadas estão disponíveis para consulta, juntamente com as suas respectivas descrições, no painel interativo “Unidades de Análise” apresentado na Figura 31.

Figura 31 - Painel interativo de unidades de análise

Urban Sustainability

Categorias Empíricas & Unidades de Análise

Digite letras minúsculas

Pesquisa por Unidades de Análise e Descrição

Unidades de Análise Selecionadas ▼

Categorias Empíricas	Total
1. Dimensões de Análise	70
2. Elementos	62
3. Componentes de Sistemas	52
4. Tipos de Indicadores	35
5. Conceitos-Chave para Futuros Urbanos	28
6. Abordagens	24
7. Governança	17

1 - 32 / 32 < >

Unidades de Análise	Total
1. Capital Natural	20
2. Capital Social	15
3. Metabolismo Urbano	12
4. Capital Construído	11
5. Indicadores	7
6. Sustentabilidade Forte	7
7. Governança	6

1 - 310 / 310 < >

Código	Unidades de Análise	Descrição	Código
1. CE-1-UA-1	Abordagens Baseadas em Ecossistemas	Nos últimos anos, o papel das abordagens baseadas em ecossistemas (EBA) na abordagem dos desafios ambientais urbanos tem sido cada vez mais reconhecido (Wu, 2013 , 2014 , 2021 ; Chakraborty et al. 2022). Em alguns casos, a EBA é uma alternativa mais eficaz e de baixo custo as abordagens de engenharia ou de base tecnológica (Keller et al. 2019 ; Cura et al. 2022). Além disso, os EBAs proporcionam frequentemente múltiplas funções e benefícios (Raymond et al. 2017). Por exemplo, zonas húmidas construídas para mitigar inundações urbanas também podem proporcionar áreas recreativas para os residentes. No entanto, as abordagens baseadas na tecnologia ou na engenharia tendem a ser monofuncionais. A ideia da EBA para a sustentabilidade urbana tem evoluído há quase 50 anos. Diferentes conceitos surgiram, incluindo Silvicultura Urbana (UF), Adaptação Baseada em Ecossistemas (EBA), Serviços de Ecossistemas Urbanos (UES), Infraestrutura Verde (GI) e, mais recentemente, Soluções Baseadas na Natureza (NBS) (Escobedo et al., 2019). Alguns conceitos enriqueceram principalmente as discussões acadêmicas, como "florestas urbanas", enquanto outros foram concebidos para o campo do desenvolvimento de políticas (Hanson et al., 2020 ; Haase, 2021). Os últimos três conceitos – UES, GI e NBS – foram escolhidos devido à sua crescente proeminência no discurso acadêmico e à sua crescente referência no desenvolvimento de políticas. A IG e as SBN são amplamente discutidas e cada vez mais utilizadas em contextos de planejamento e prática urbana (Raymond et al., 2017 ; Pauleit et al., 2019), enquanto a UES é provavelmente o conceito mais amplamente utilizado dos três para realçar o papel da	1

1 - 100 / 459 < >

Código	Autores	Ano	Link
1. 3968	European Commission: Directorate-General for Environment	2018	https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/cbaa6e59-437c-11e8-a9f4-01aa75ed71a1/lanqua...
2. 3966	Zhang, Y	2013	https://www.sciencedirect.com/ez48.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0269749113001851?vi...
3. 3965	Carbone, A. S.	2019	https://teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-27022019-135832/publico/AmandaCarbone_ORIGINA...
4. 3964	Silva, J.	2017	https://repositorio.cruzeirodosul.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1852/1/Juvancir%20Silva%202017.pdf
5. 3963	Gibson, R. B.	2013	Livro
6. 3961	Kauling, M. F.	2020	https://repositorio.cruzeirodosul.edu.br/jspui/handle/123456789/2033

1 - 59 / 59 < >

Fonte: Autoria própria (2024).

Em alguns casos as unidades de análise apresentam diversas descrições em função da maior disponibilidade de informações nas publicações revisadas. Em alguns poucos casos algumas descrições de unidades de análise se repetem em categorias empíricas distintas para manutenção do vínculo com a proposta original de categoria empírica observada.

As unidades de análise identificadas na análise de dados (etapa 4) foram utilizadas como base para a definição dos elementos estruturantes considerados necessários para a proposição da estrutura conceitual de avaliação integrativa de sustentabilidade urbana. Para a definição das unidades de análise consideradas como elementos estruturantes foram adotados como critérios os níveis de relevância e de contribuição representados pelas respectivas unidades de análise para a concepção da proposta de estrutura.

A definição dos elementos estruturantes também usou como referência as considerações de Meadows (2009) sobre a identificação de elementos de sistemas. Para a autora os elementos de um sistema seriam as partes mais fáceis de notar em função de muitos deles serem coisas visíveis e tangíveis. Também considera que esses elementos não precisam ser coisas físicas, que os intangíveis também são elementos de um sistema e que seria mais fácil aprender sobre

os elementos de um sistema do que sobre suas interconexões, das quais muitas operam por meio de fluxos de informações, mantendo os sistemas unidos e desempenhando um grande papel na determinação de como eles operam.

Para Meadows (2009) os elementos são frequentemente menos importantes na definição das características únicas do sistema, salvo quando a mudança de um elemento também resulte na mudança de interconexões, funções ou propósitos. Para a autora um sistema geralmente continua sendo ele mesmo, mudando apenas lentamente, mesmo com substituições completas de seus elementos, desde que suas interconexões e propósitos permaneçam.

Cada elemento estruturante identificado a partir das unidades de análise recebeu um código único composto pela sigla e o código da categoria empírica (CE-XX) e pela sigla e código da unidade de análise (UA-XX). Esse código foi utilizado para permitir o estabelecimento das relações existentes entre os elementos estruturantes selecionados e as suas respectivas unidades de análise de origem. A relação dos 31 elementos estruturantes selecionados para a composição da estrutura é apresentada no Quadro 16, acompanhados de uma breve justificativa para a sua seleção.

Quadro 16 - Elementos estruturantes selecionados para a proposição da estrutura

Código	Elemento Estruturante	Descrição da Justificativa para Seleção
CE-18-UA-173	Poder de Comunicação das Imagens	As imagens ou representações gráficas possuem um alto poder de comunicação, em especial para propostas relacionadas a caracterização do funcionamento de sistemas.
CE-16-UA-140	Bem-Estar	A abordagem do Bem-Estar foi selecionada para caracterizar o objetivo maior a ser atingido pela sustentabilidade que seria promover o bem-estar de todas as formas de vida existentes no planeta.
CE-4-UA-26	Espaço Seguro e Justo (Economia Donut)	Essa proposta apresenta a ideia de uma economia voltada para o desenvolvimento de questões essenciais em detrimento da ideia de crescimento ilimitado vigente na economia. Busca estabelecer um espaço seguro e justo para o desenvolvimento da humanidade, que considere e respeite os limites planetários.
CE-18-UA-168	Limites Planetários	Os limites planetários indicam outras questões urgentes que necessitam ser consideradas de forma integrada com o fenômeno das mudanças climáticas envolvendo o uso da terra, fluxos biogeoquímicos, uso de recursos hídricos, integridade da biosfera, mudanças climáticas, entidades novas, carga de aerossol atmosférico, acidificação nos oceanos e esgotamento do ozônio estratosférico.
CE-18-UA-180	Princípios de Sustentabilidade	Os princípios de sustentabilidade são considerados um elemento essencial para estabelecer direcionamentos claros para um processo de composição ou elaboração de estruturas.
CE-18-UA-187	Valores	Os valores das partes interessadas são considerados um elemento essencial que necessita ser reconhecido durante a elaboração de propostas de estruturas para a avaliação de sustentabilidade.
CE-18-UA-181 e CE-22-UA-220	Visão	A visão é considerada pelos especialistas como um elemento essencial para qualquer iniciativa de planejamento de longo prazo relacionada a promoção da sustentabilidade. A visão permite compartilhar metas e objetivos maiores que necessitam ser atingidos por aqueles que se propõem a implementar iniciativas relacionadas com a sustentabilidade.
CE-16-UA-143	Capital Natural	A abordagem do Capital Natural foi selecionada em razão da sua importância para a sustentação dos demais elementos que compõem a estrutura. Todos os demais elementos existentes da estrutura possuem relações de dependência em relação ao Capital Natural, ou seja, dele dependem para sua própria existência.
CE-16-UA-144	Capital Social	A abordagem do Capital Social foi selecionada para caracterizar a presença do elemento humano e das relações que esse estabelece entre o Capital Natural e o Capital Construído. Nessa relação residem a maior parte das questões que envolvem a sustentabilidade.
CE-16-UA-141	Capital Construído	A abordagem do Capital Construído foi selecionada para caracterizar as transformações no ambiente promovidas pelas interações do Capital Social com o Capital Natural.

CE-4-UA-29	Múltiplas Escalas	A abordagem de múltiplas escalas foi selecionada para caracterizar a situação de que as cidades estão inseridas em outros contextos que ultrapassam suas fronteiras políticas e geográficas, e que dependem das relações estabelecidas com esses outros contextos para definir a sua condição de sustentabilidade. As cidades normalmente se encontram inseridas em contextos regionais, estaduais, nacionais e internacionais/globais com os quais estabelecem relações de troca.
CE-4-UA-27	Metabolismo Urbano	A abordagem do Metabolismo Urbano foi selecionada por caracterizar a proposta de fluxos de entrada de materiais e energia no sistema urbano e a emissão de resíduos pelo próprio sistema.
CE-15-UA-110	Fluxos de Entrada	Os fluxos de entrada foram selecionados para caracterizar o fluxo de materiais, energia e outros recursos que ocorrem dentro dos limites do território e nas relações transfronteiriças estabelecidas entre diferentes territórios.
CE-15-UA-111	Fluxos de Saída	Os fluxos de saída foram selecionados para caracterizar o fluxo de materiais, energia e outros recursos que ocorrem dentro dos limites do território e nas relações transfronteiriças estabelecidas entre diferentes territórios.
CE-18-UA-156	Ambiente	A abordagem de ambiente foi incorporada à proposta de construção da estrutura com o objetivo de caracterizar a cidade como o ambiente onde os sistemas e subsistemas se encontram inseridos. Na proposta da estrutura o ambiente e contexto local assumem o mesmo significado ou função.
CE-14-UA-77	Sistemas	A abordagem de sistemas foi incorporada à proposta de construção da estrutura com o objetivo de caracterizar as partes ou sistemas que integram uma cidade e suas respectivas interrelações.
CE-14-UA-78	Subsistemas	A abordagem de subsistemas foi incorporada à proposta de construção da estrutura com o objetivo de caracterizar as partes menores que integram um sistema.
CE-18-UA-159	Contexto	A importância da análise de diferentes contextos e do contexto local é considerada por especialistas como um elemento essencial para a avaliação de sustentabilidade.
CE-18-UA-160	Contexto Local	A importância da análise de diferentes contextos e do contexto local é considerada por especialistas como um elemento essencial para a avaliação de sustentabilidade.
CE-9-UA-60	Questões-Chave sobre Sustentabilidade	A utilização de questões-chave sobre sustentabilidade como parte da estratégia para a elaboração de estruturas pode contribuir para o processo de participação e envolvimento de diferentes atores bem como para os processos de identificação e priorização das situações apresentadas no território analisado.
CE-15-UA-116	Lentes ou Visões (<i>Views</i>)	A proposta de lentes ou visões (<i>views</i>) foi incorporada à construção da estrutura visando atribuir um grau de flexibilidade para a estrutura, permitindo com que os indicadores possam ser selecionados para responder perguntas ou questões que sejam consideradas mais relevantes para a avaliação integrada de sustentabilidade urbana.
CE-25-UA-247	Indicadores	A proposta de indicadores pode ser aplicada para a configuração das lentes ou visões (<i>views</i>). Serviu de inspiração para a criação das propostas dos elementos estruturantes “variáveis de ambiente”, “indicadores/índices de sustentabilidade disponíveis” e “variáveis de monitoramento”.
CE-31-UA-297	Indicadores de Contexto	A importância das análises de contexto considerada por especialistas como um elemento essencial para a avaliação de sustentabilidade. Os indicadores de contexto serviram de inspiração para a criação dos elementos estruturantes “variáveis de ambiente” e “indicadores/índices de sustentabilidade disponíveis”.
CE-31-UA-279	Indicadores de Entrada	A proposta de indicadores de entrada serviu de inspiração para a criação das propostas dos elementos estruturantes “variáveis de ambiente” e “indicadores/índices de sustentabilidade disponíveis”.
CE-31-UA-280	Indicadores de Estado	A proposta de indicadores de estado serviu de inspiração para a criação das propostas dos elementos estruturantes “variáveis de ambiente”, “indicadores/índices de sustentabilidade disponíveis” e “variáveis de monitoramento”.
CE-31-UA-284	Indicadores de Pressão	A proposta de indicadores de pressão associada com a recente crise sanitária do Covid-19 e as instabilidades geopolíticas e econômicas locais, regionais e globais serviram de inspiração para a criação do elemento estruturante “fatores geradores de instabilidade”.
CE-31-UA-296	Indicadores Chave de Desempenho	A avaliação de sustentabilidade exige rotinas de monitoramento do desempenho das cidades. Esse monitoramento exige a utilização de indicadores para avaliar a evolução dos sistemas analisados. Os indicadores chave de desempenho serviram de inspiração para a criação da proposta de “variáveis de monitoramento”.
CE-31-UA-286	Indicadores de Resultado	A proposta de indicadores de resultado serviu de inspiração para a criação das propostas dos elementos estruturantes “indicadores/índices de sustentabilidade disponíveis” e “variáveis de monitoramento”.
CE-15-UA-122	Pontos de Alavancagem	A abordagem de pontos de alavancagem foi incorporada a proposta de construção da estrutura com o objetivo de possibilitar a identificação de oportunidades com maior potencial dentro do sistema que possam ser aproveitadas para a implementação de iniciativas efetivas de sustentabilidade.
CE-9-UA-58	Futuro Participativo	O futuro das cidades e do planeta está diretamente relacionado com o nível de participação e envolvimento da sociedade em relação às questões de sustentabilidade.
CE-7-UA-41	Governança	A governança é considerada um elemento essencial para a articulação das partes envolvidas no processo de criação e utilização de uma estrutura de sustentabilidade

Fonte: Autoria própria (2024).

Os elementos estruturantes selecionados para a proposição da estrutura para avaliação integrativa de sustentabilidade urbana, acompanhados dos seus respectivos referenciais teóricos, são apresentados no próximo tópico de apresentação de resultados (etapa 5), que corresponde a última etapa de revisão integrativa de literatura.

4.3. Proposição da Estrutura Conceitual para a Avaliação Integrativa de Sustentabilidade Urbana (Objetivo Geral)

Usando como referência a proposta de classificação sugerida por Shehabuddeen *et al.* (2011), a estrutura desenvolvida e apresentada neste capítulo pode ser definida como conceitual, voltada para oferecer uma representação abstrata que possibilite gerar a compreensão sobre elementos estruturantes que podem ou necessitam ser considerados em uma avaliação integrativa de sustentabilidade na escala de cidades. Aplicando a proposta de classificação dos autores, a representação gráfica apresentada busca caracterizar, de forma estática, a estrutura e a posição dos elementos dentro de um sistema ao mesmo tempo que busca oferecer uma visão integrada sobre a dinâmica de interação e causalidade existente entre esses elementos.

Pelo fato de a avaliação de sustentabilidade ser considerada um tema complexo que envolve a necessidade de análises em múltiplas escalas exigindo o envolvimento das competências de diferentes especialistas, é importante ressaltar que a proposta de estrutura conceitual apresentada neste estudo não pode ser considerada uma solução final, que possa ser diretamente aplicada para a avaliação de uma cidade, sem as devidas adaptações. Trata-se de uma estrutura destinada a reflexões sobre sustentabilidade urbana, que, para a sua aplicação requer adaptações no nível específico de cada contexto.

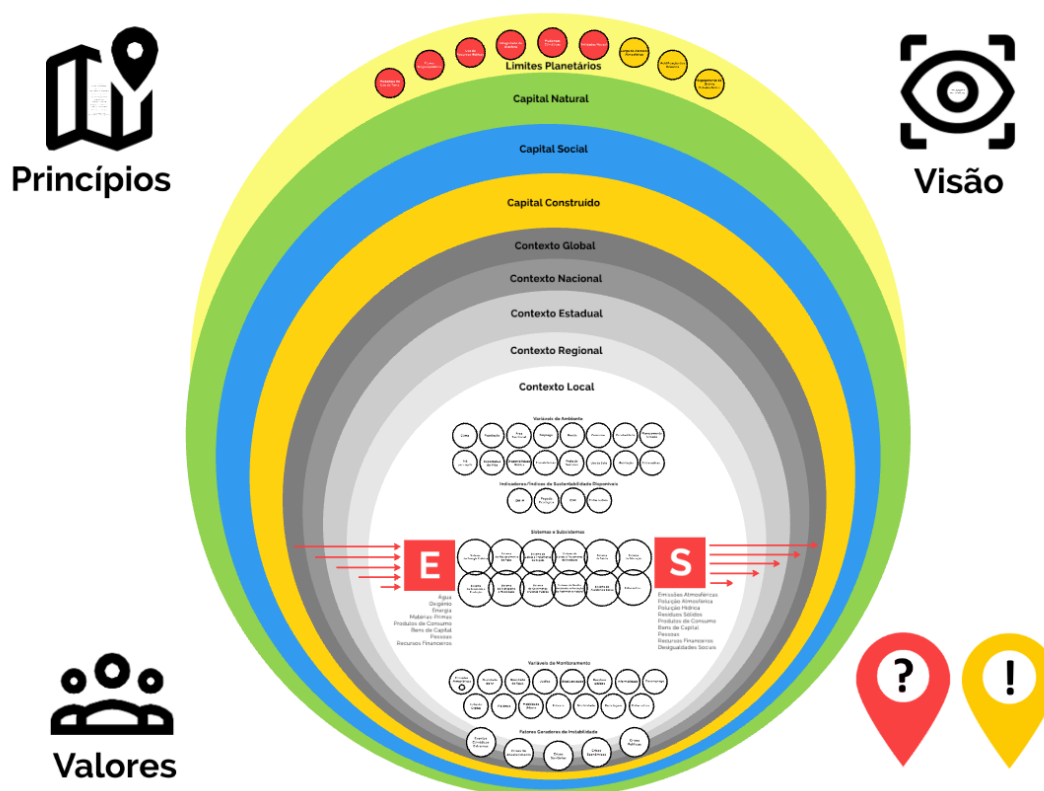
Para atender este objetivo a representação gráfica desenvolvida para a proposta de estrutura busca aproveitar o potencial do poder de comunicação das imagens (CE-18-UA-173) reconhecido por Joss *et al.* (2015) quando menciona que Meadows (2009) justifica o uso de diagramas e gráficos por acreditar que exista um problema em discutir sistemas apenas com palavras. Para a autora as imagens funcionariam melhor para essa comunicação do que as palavras, em razão das pessoas poderem enxergar todas as partes de uma imagem de uma só vez.

A Figura 32 representa uma visão global da proposta de estrutura conceitual e de seus respectivos elementos estruturantes. A navegação na estrutura para uma melhor visualização e compreensão de seus elementos estruturantes pode ser realizada a partir de uma apresentação

desenvolvida no aplicativo Prezi, disponível no *link*: [Proposta de Estrutura Conceitual para a Avaliação Integrativa de Sustentabilidade Urbana - Prezi](#). As figuras que integram a proposta da estrutura conceitual também estão disponíveis para consulta no Apêndice A.

Figura 32 - Proposta de estrutura conceitual para a avaliação integrativa de sustentabilidade urbana

Estrutura Conceitual para a Avaliação Integrativa de Sustentabilidade Urbana



Fonte: Autoria própria (2024).

A base metodológica e conceitual utilizada como primeira referência teórica para a concepção da estrutura foi o trabalho produzido durante o *workshop* realizado pelo Grupo Balaton com resultados relatados por Meadows (1998). A partir das reflexões geradas no *workshop* com base na análise de diversas estruturas existentes, Meadows (1998) consolidou uma proposta de estrutura na qual foi aplicada a abordagem dos capitais natural, humano, social e construído, inspirada no Triângulo de Daly e em outras estruturas analisadas.

Meadows (1998) justifica a escolha pelo Triângulo de Daly pelo fato de a estrutura caracterizar, de forma simples e integradora, a relação de hierarquia existente entre a economia

humana e o planeta Terra, estabelecendo a ligação entre a riqueza natural e o propósito humano final de atingimento do bem-estar por meio da tecnologia, da economia, da política e da ética.

A base da estrutura consolidada por Meadows (1998) é formada pelo capital natural, responsável por sustentar todas as formas de vida e atividades econômicas realizadas no planeta. A parte intermediária é composta pelos capitais humano e construído, caracterizada pelos meios de produção (ferramentas, máquinas, fábricas, mão-de-obra qualificada, material processado e energia), e pelos capitais humano e social, que na época da elaboração da estrutura corresponderiam a metas estabelecidas pelo governo para serem produzidas pelas economias (bens de consumo, saúde, riqueza, conhecimento, lazer, comunicação, transporte). No topo da estrutura Meadows (1998) busca representar o bem-estar como objetivo final da economia e da vida humana, o qual englobaria questões como felicidade, harmonia e respeito.

Meadows (1998) revela em seu relatório que surgiram dificuldades em relação a definição do objetivo final em razão de se tratar de algo imaterial sustentado a partir de recursos materiais, uma das questões que segundo a autora impossibilitou o estabelecimento de um consenso entre os especialistas em relação aos resultados obtidos no *workshop*. Apesar desta questão, a autora destaca como pontos positivos da estrutura as ideias da economia sendo sustentada pela natureza e servindo para o atingimento de objetivos mais elevados.

As definições relacionadas aos capitais natural, social e construído são amplamente debatidas no meio acadêmico e científico. Por meio da revisão integrativa de literatura foram identificadas algumas reflexões mais recentes sobre os capitais a partir dos estudos desenvolvidos por Salles *et al.* (2017), Silva (2017), Carbone (2019), Kauling (2020) e Salles *et al.* (2022). Essas reflexões contribuíram para a definição dos elementos estruturantes capital natural (CE-16-UA-143), capital social (CE-16-UA-144) e capital construído (CE-16-UA-141), disponíveis para consulta no painel interativo “Unidades de Análise”.

Fernandes (2016) considera que o capital social e o capital natural são conceitos bastante desenvolvidos e difundidos na literatura de desenvolvimento regional e economia ecológica, respectivamente, e que o capital construído, por sua vez, não seria um conceito muito difundido, contudo fundamental para discussões sobre sustentabilidade.

Parkin, Sommer e Uren (2003) afirmam que existem apenas duas verdadeiras fontes de riquezas que são a base de qualquer processo de desenvolvimento: a Terra (capital natural) e as capacidades humanas (capital humano e social). Para os autores todo o resto derivaria destas duas fontes primárias. Para Fernandes (2016), partindo de uma perspectiva ecológica complexa, poderia se afirmar que a própria humanidade é um subconjunto da natureza.

A proposta de incorporação do capital natural na estrutura contempla o entendimento de que este conceito não seria apenas relacionado a uma percepção ou representação social da natureza, ou a ideia de sua instrumentalização como fonte de recursos ilimitados. Estaria associado ao reconhecimento de que o capital natural é a base material de sustentação da economia e parte fundamental do processo de desenvolvimento territorial. A partir da economia ecológica, o capital natural pode ser compreendido pelas tipologias de recursos renováveis e não-renováveis, incluindo os serviços ambientais ou ecossistêmicos, além de elementos intangíveis como cenários de paisagem, locais de lazer e valores estéticos (Jansson *et al.*, 1994; Costanza; Daly, 1992; Costanza *et al.*, 1997; Costanza *et al.*, 2006; Fernandes, 2013).

Os recursos naturais normalmente necessitam de trabalho para tornarem-se úteis ao passo que os serviços ambientais ou ecossistêmicos são consumidos na sua forma natural e muitas vezes, inconsciente. Esses recursos não podem ser reproduzidos pelas sociedades humanas, apenas modificados. Integram sistemas dinâmicos que servem uma multiplicidade de funções e de suporte a vida de seres humanos e não-humanos (O'Connor, 2000).

O conceito de capital social foi incorporado na proposta de estrutura considerando a sua característica de ser amplo e polissêmico. Esse conceito pode referir-se a um conjunto de relações sociais fundamentadas na confiança recíproca e na cooperação; ao sentido de pertencimento, de identidade compartilhada, à capacidade de construir laços de solidariedade e cooperação, à identificação e busca de propósitos coletivos e de capacidade de construir organizações para a satisfação de metas comuns; ao conjunto de normas e valores compartilhados que impulsionam a cooperação; ao impulso associativo de um território determinado; à capacidade auto organizativa; à organização social em que a sociedade civil assume o próprio rumo, ou projeto de desenvolvimento (Fukuyama, 2003).

Autores como Bourdieu (2000) e Coleman (1990) atribuem o capital social a pessoas, ou seja, o patrimônio (relações sociais) que as pessoas têm e podem mobilizar a seu favor. Putman, Leonardi e Nanetti (1993) atribui o conceito a grupos, organizações, comunidades ou até mesmo países. Fernandes (2016) menciona que tem sido discutido se o capital vem da cultura (valores e normas internalizadas) ou estrutura social (dos modos de interação que são geradas regras).

Díaz-Albertini (2003) acredita que o capital social enquadra a ação individualista, realizando a sua articulação em um plano social, orientando as iniciativas e a criatividade num processo que transcende o interesse individual em favor de interesses coletivos.

Neste contexto, a ação coletiva pode ser colocada em uma dimensão relacional, que envolve relações sociais que se fundamentam em maior ou menor confiança e reciprocidade; e uma dimensão cultural-normativa, fundamentada em normas, instituições e valores, mais ou menos compartilhados. O conceito é composto, assim, da sociabilidade, fundamentada na reciprocidade, e das normas e instituições sociais que geram confiança (Fernandes, 2016).

O conceito de capital construído, também incorporado na proposta da estrutura, tem como base o capital natural e é necessariamente moldado e adaptado pelo capital social envolvendo necessariamente, em alguma medida, domínio de conhecimento técnico e ou tecnológico (Fernandes, 2016).

De acordo com Meadows (1998), são exemplos de capital construído, infraestruturas como sistemas de abastecimento de água (unidades de coleta e tratamento, tubulação etc.), energia (sistemas de armazenamento e transmissão), sistemas de transportes (estradas, ferrovias, aeroportos etc.), sistemas de educação (escolas e bibliotecas), sistemas de saúde (hospitais, farmácias, ambulâncias etc.), sistemas de comunicação (telefonias, correios, rádios, televisão, internet etc.) e sistemas de produção e comércio (fábricas e shopping centers).

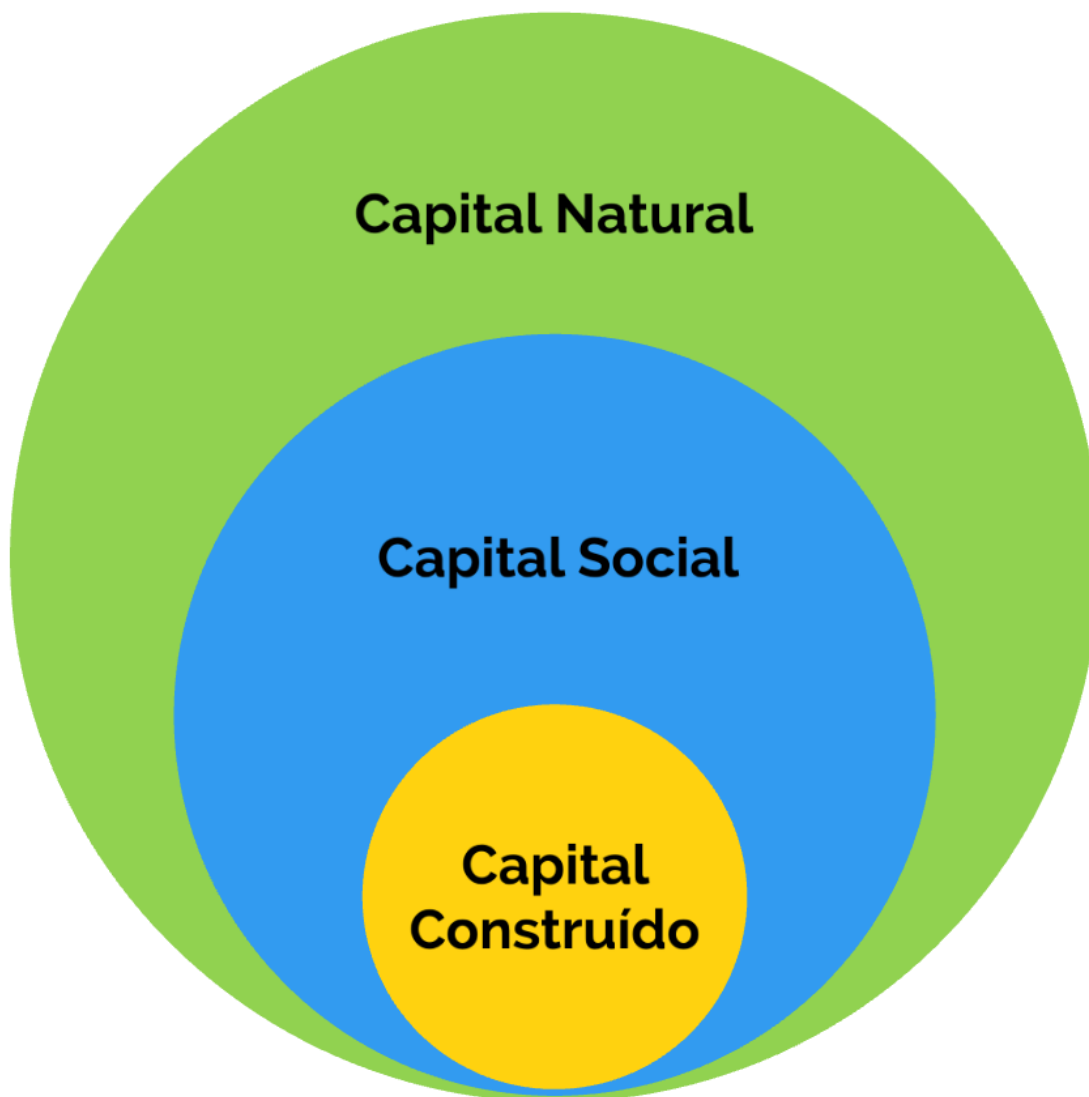
Alguns autores como O'Connor (2000), Karvonen (2001) e Comolli (2006) concebem o capital construído como o conjunto de produtos e serviços produzidos por meio das atividades econômicas, e que podem adaptar ou substituir alguma função ou aspecto do capital natural, como no caso de sistemas de refrigeração e aquecimento.

O conceito de capital construído compreendido na estrutura está diretamente relacionado com o desenvolvimento cultural, educacional, científico e tecnológico de um território e, portanto, intimamente ligado ao capital social (Fernandes, 2016). Para o autor essa perspectiva pouco explorada pela literatura sobre desenvolvimento local tem seus fundamentos na economia política recente, em autores como Furtado (1974), Polanyi (1994), Sachs (2000), Max-Neef *et al.* (1993), para os quais pode se afirmar que a infraestrutura é o elemento fundante do capital construído e dimensão fundamental do desenvolvimento, assim como o capital natural e o capital social.

A incorporação da abordagem dos capitais na estrutura conceitual é ilustrada na Figura 33. A representação gráfica de círculos sobrepostos busca caracterizar as relações hierárquicas e de interdependência existentes entre os capitais presente na proposta de estrutura consolidada por Meadows (1998).

Nesta hierarquia de grandeza ou amplitude de capitais, o capital natural é base sobre a qual se desenvolve o capital social e a territorialidade a partir de e onde são desenvolvidos pela sociedade a economia e o capital construído. Nesta hierarquia o sistema econômico se apresenta como subsistema dos sistemas sociais e estes como subsistemas do sistema natural (Holling; Sanderson, 1996; Berkes; Folke, 1998; Davidson-Hunt; Berkes, 2003; Fernandes, 2013).

Figura 33 - Incorporação da abordagem dos capitais natural, social e construído



Fonte: Autoria própria (2024).

A proposta de estrutura busca caracterizar, de forma ampla, a importância de orientar o desenvolvimento das cidades para a promoção do bem-estar (Meadows, 1998; Pintér *et al.*, 2018) e para a criação de um espaço seguro e justo compatível com os limites planetários (Rockström, 2009; Raworth, 2012).

Pintér *et al.* (2018, p. 10, tradução própria) acreditam que ‘a avaliação do progresso em direção ao desenvolvimento sustentável será guiada pelo objetivo de proporcionar bem-estar dentro da capacidade da biosfera de sustentá-lo por gerações futuras’.

Meadows (1998) caracteriza a necessidade de o desenvolvimento sustentável dar maior atenção para a saúde da natureza e para o bem-estar das pessoas. Raworth (2012) acredita que as questões de sustentabilidade precisam ser trabalhadas a partir do estabelecimento de um

espaço seguro e justo orientado para a promoção do bem-estar de todas as pessoas, de forma compatível com os limites planetários definidos por Rockström (2009).

Para atendimento destas questões, as primeiras versões da estrutura incorporaram como elementos as propostas de visão (CE-18-UA-181 e CE-22-UA-220) e de bem-estar (CE-16-UA-140), descritas por Meadows (1994, 1998) e Pintér *et al.* (2018).

Para Pintér *et al.* (2018) o desenvolvimento sustentável é, por definição, olhar para o futuro. Consideram que antes que se possa avaliar o progresso, é preciso saber o que é desenvolvimento sustentável bem como estabelecer uma visão do que o desenvolvimento significa para uma sociedade e se pode ser sustentado por futuras gerações. Trata-se de um conceito formal, que retrata um projeto de futuro utópico, dada as condições atuais (Sachs, 2002).

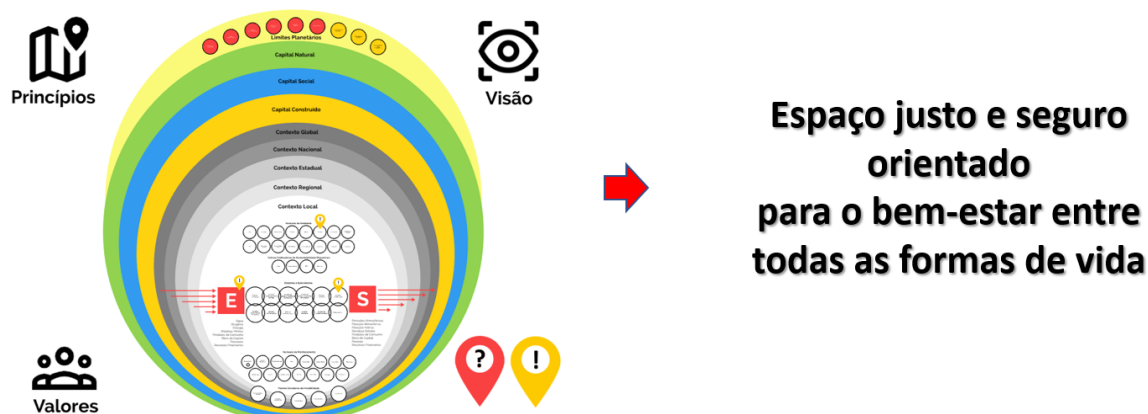
Os autores acreditam que é necessário primeiro definir o que é bem-estar, bem como compreender os fatores que importam para ele no futuro. Destacam que as discussões sobre bem-estar e desenvolvimento são essencialmente políticas, razão pela qual não existe uma única maneira de caracterizar o que o bem-estar significa para uma sociedade, motivo pelo qual várias abordagens são adotadas.

Meadows (1994) considera a definição da visão a etapa mais importante no processo de formulação de políticas, que o processo de construção de uma visão responsável de um mundo sustentável não seria racional, que viria de valores e não da lógica.

A primeira versão da visão ganhou a definição “Bem-estar, equilíbrio e harmonia entre todas as formas de vida do planeta”, a qual serviu de referência para orientar os primeiros esforços de concepção da estrutura. Com o avanço da pesquisa, a proposta de equilíbrio foi revista para compatibilizar a visão com as considerações estabelecidas por Gibson (2006a) para a avaliação integrativa de sustentabilidade.

A descrição da visão também foi ampliada para contemplar as abordagens dos elementos estruturantes limites planetários (CE-18-UA-168) e espaço seguro e justo (CE-4-UA-26), momento em que foi concebida a nova redação apresentada na Figura 34.

Figura 34 - Incorporação da proposta de visão na estrutura



Fonte: Autoria própria (2024).

Sala, Ciuffo e Nijkamp (2015) mencionam que a seleção de um método de avaliação apropriado é frequentemente feita por especialistas, sem uma consideração clara dos valores das partes interessadas afetadas.

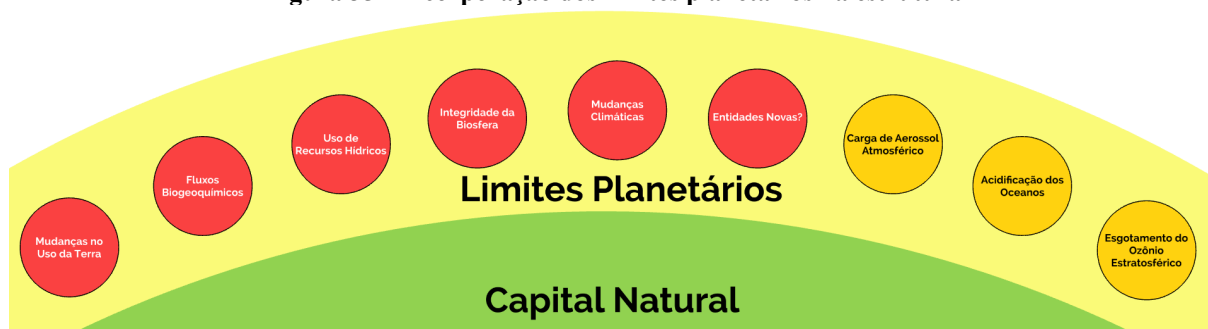
Para atender essa questão, a estrutura contempla a necessidade de definição de princípios de sustentabilidade (CE-18-UA-180) que sejam compatíveis com os valores (CE-18-UA-187) das pessoas diretamente relacionadas ao contexto local onde a avaliação será aplicada. Os critérios sugeridos por Gibson (2013), apresentados no Quadro 12, podem ser utilizados como uma primeira referência para a definição de princípios de sustentabilidade.

Na estrutura também foram incorporados os limites planetários (CE-18-UA-168) que normalmente não são contemplados nas avaliações de sustentabilidade de cidades, conforme constatação estabelecida pelo estudo de Goodwin *et al.* (2021).

Os nove limites planetários contemplam as mudanças no uso da terra (CE-19-UA-199), fluxos biogeoquímicos (CE-19-UA-196), uso de recursos hídricos (CE-19-UA-200), integridade da biosfera (CE-19-UA-197), mudanças climáticas (CE-19-UA-198), entidades novas (CE-19-UA-194), carga de aerossol atmosférico (CE-19-UA-193), acidificação nos oceanos (CE-19-UA-192) e esgotamento do ozônio estratosférico (CE-19-UA-195).

Os dados mais recentes sobre os limites planetários foram analisados a partir da publicação de Richardson *et al.* (2023). Os seis primeiros são apresentados na estrutura na cor vermelha, para indicar que os seus respectivos limites planetários já foram ultrapassados. Os três últimos são apresentados na cor laranja, para indicar que ainda não atingiram o limite, mas que geram preocupações similares. Os nove limites planetários foram incorporados na parte superior da estrutura, conforme ilustrado na Figura 35.

Figura 35 - Incorporação dos limites planetários na estrutura



Fonte: Autoria própria (2024).

O conceito de múltiplas escalas (CE-4-UA-29) tratado nos estudos produzidos por Zhang, Yang e Yu (2015), Carbone (2019) e Goodwin *et al.* (2021) também foi incorporado na estrutura para caracterizar as relações de interdependência existentes entre os níveis local, regional, estadual, nacional e global. A proposta de incorporação é demonstrada na Figura 36.

Figura 36 - Incorporação da abordagem multiescala



Fonte: Autoria própria (2024).

Zhang, Yang e Yu (2015) mencionam que um importante efeito de escala está relacionado ao fato de que todas as cidades existem dentro de um contexto ambiental específico e que seria difícil compreender as características de um metabolismo urbano examinando apenas a cidade.

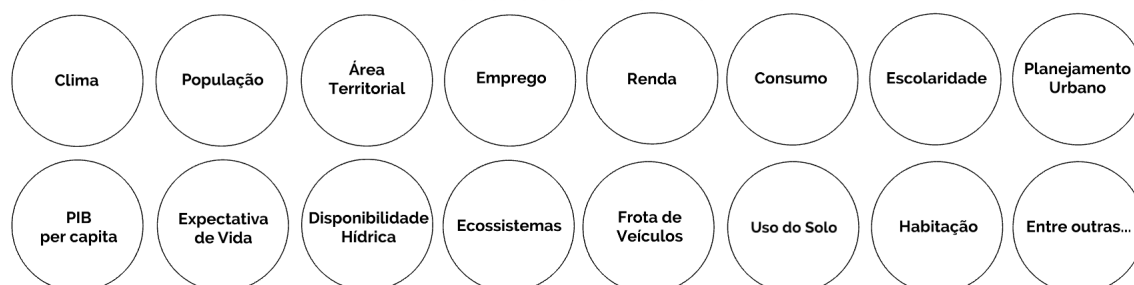
Para os autores os problemas enfrentados por um sistema urbano também são criados por suas relações com seu ambiente externo, como transferências de recursos e resíduos através da fronteira do sistema bem como pelas consequências das pegadas ecológicas causadas pela utilização de recursos a montante e a jusante da cidade.

Consideram que é necessário pensar os sistemas urbanos dentro de uma hierarquia que dê conta de múltiplas escalas, que propicie melhorias na eficiência socioeconômica e ecológica, considerando a eficiência social, econômica, tecnológica e de recursos para todas as regiões afetadas pelo sistema urbano.

Ao longo do processo de concepção da estrutura foi estabelecida a proposta de variáveis de ambiente, inspirada nas considerações sobre contexto de Joss *et al.* (2015) e Gibson (2013) (CE-18-UA-159), de contexto local de Pallathadka, Chang e Ajibade (2023) (CE-18-UA-160) e de indicadores de contexto proposta por Carbone (2019) (CE-31-UA-297). Foi inspirada também em dados de indicadores disponíveis em plataformas digitais como o Cidades@ (IBGE, 2023) e relatórios estatísticos especializados sobre cidades como o Caderno Estatístico (Ipardes, 2023).

A função das variáveis de ambiente é oferecer um conjunto de dados que possibilitem um primeiro reconhecimento das características específicas do território urbano analisado, buscando caracterizar aspectos relevantes que contribuam para a avaliação integrativa de sustentabilidade urbana, como dados sobre a população ou sobre o próprio território. Algumas variáveis de ambiente são sugeridas e outras identificadas podem ser incorporadas, complementando ou substituindo as opções sugeridas apresentadas na Figura 37.

Figura 37 - Variáveis de ambiente
Variáveis de Ambiente



Fonte: Autoria própria (2024).

Dados de indicadores sobre a cidade de Curitiba obtidos pelo sistema Cidades@ (IBGE, 2023) e apresentados no Quadro 17 buscam caracterizar a importância do reconhecimento das variáveis de ambiente para a análise do contexto local e para a avaliação integrativa de

sustentabilidade urbana. A análise do conjunto de variáveis de ambiente ilustradas no quadro, acompanhadas do recurso de *ranking* nacional oferecido pelo IBGE (2023), possibilita compreender as particularidades e as diferenças de realidade do contexto local em relação aos contextos de outras cidades.

Quadro 17 - Variáveis de ambiente do município de Curitiba

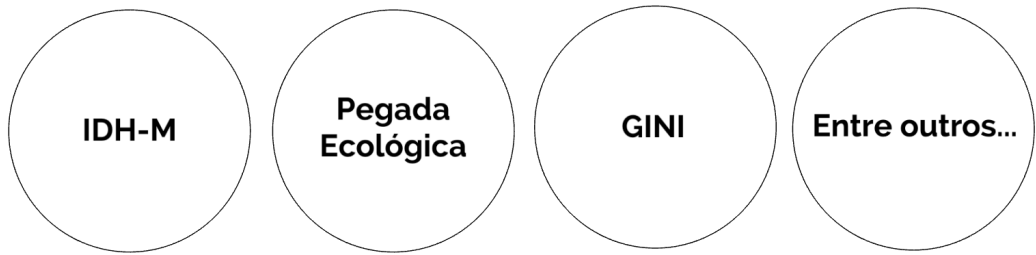
Variável de Ambiente	Ano	Dado do Indicador	Posição no Ranking Nacional (5.570 municípios)
População Residente	2022	1.773.718 pessoas	8°
Área da unidade territorial	2023	435,277 km ²	2.707°
Densidade Demográfica	2022	4.078,53 hab/km ²	23°
Salário Médio dos Trabalhadores Formais	2022	3,6 salários-mínimos	43°
Pessoal Ocupado	2022	1.186.645 pessoas	5°
Percentual da população com rendimento nominal mensal per capita de até 1/2 salário-mínimo	2010	26,9%	5.166°
Taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade	2010	97,6%	2.733°
IDEB – Anos iniciais do ensino fundamental (Rede pública)	2023	6,3	1.615°
IDEB – Anos finais do ensino fundamental (Rede pública)	2023	5,4	920°
PIB per capita	2021	R\$ 49.907,02	958°
Total de receitas brutas realizadas	2023	R\$ 11.977.392.150,13	5°
Total de despesas brutas empenhadas	2023	R\$ 12.878.850.988,00	4°
Mortalidade Infantil	2022	8,59 óbitos por mil nascidos vivos	3.355°
Internações por diarreia pelo SUS	2022	25,1 internações por 100 mil habitantes	1.484°
Área urbanizada	2019	336,51 km ²	4°
Esgotamento sanitário adequado	2010	96,3%	137°
Urbanização de vias públicas	2010	59,1%	224°

Fonte: IBGE (2023).

Os indicadores, índices e estruturas identificados ao longo da pesquisa, disponíveis para consulta nos painéis interativos, acompanhados das abordagens teóricas de indicadores de contexto (CE-31-UA-297) sugerida por Carbone (2019), de indicadores de entrada (CE-31-UA-279) descritos por Joss *et al.* (2015) e de indicadores de estado (CE-31-UA-280) mencionados por Mousinho (2001) serviram de inspiração para a criação da proposta de indicadores/índices de sustentabilidade disponíveis incorporada na estrutura. Essa proposta foi estabelecida para reunir indicadores e índices já disponíveis para o território urbano que possam gerar contribuições para as avaliações integrativas de sustentabilidade urbana. Algumas sugestões são apresentadas na Figura 38.

Figura 38 - Indicadores/índices de sustentabilidade disponíveis

Indicadores/Índices de Sustentabilidade Disponíveis



Fonte: Autoria própria (2024).

Para efeitos de demonstração, dados de indicadores e índices de sustentabilidade disponíveis para a cidade de Curitiba são apresentados no Quadro 18.

Quadro 18 - Indicadores/índices de sustentabilidade disponíveis para o município de Curitiba

Indicadores/Índices	Ano	Dado do Indicador/Índice	Posição no Ranking Nacional	Fonte
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)	2010	0,823 - Muito Alto	10º de 5.565 municípios	IBGE, IPEA, FJP e PNUD
Pegada Ecológica	2006	3,4 gha por habitante	-	SENAI-PR
Índice de Gini	2010	0,5652	912º de 5.565 municípios	DATASUS
Índice de Progresso Social (IPS)	2024	69,36	27º de 5.570 municípios	IPS

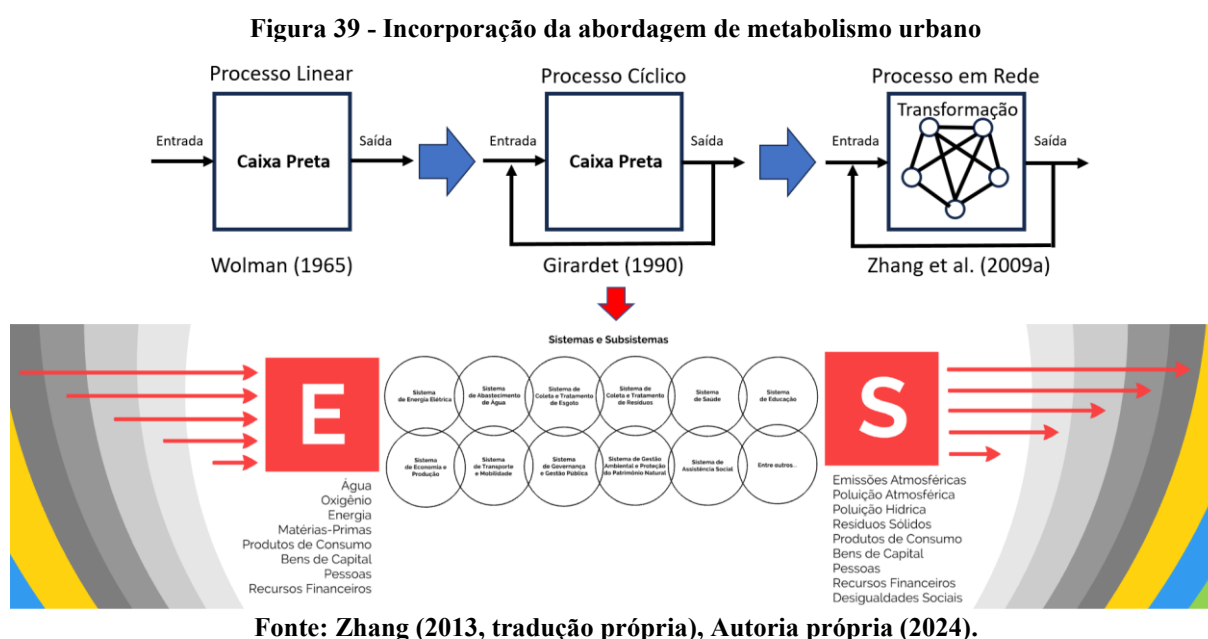
Fonte: IBGE (2023), IPEA, FJP e PNUD (2023), SENAI-PR (2021), DATASUS (2023), IPS (2024).

A proposta de metabolismo urbano (CE-4-UA-27) presente nos estudos produzidos por Zhang, Yang e Yu (2015), Goodwin *et al.* (2021), Yang, Lee e Hu (2016), Zhang (2013) e Conke e Ferreira (2015), que originalmente trata das relações de produção e consumo em escala de cidades englobando fluxos de entrada (CE-15-UA-110), relacionados a materiais e energia, e fluxos de saída (CE-15-UA-111), relacionados a emissões de resíduos, foi incorporada na proposta de estrutura conceitual com a previsão de novos elementos, a exemplo dos produtos de consumo, bens de capital, mão-de-obra e recursos financeiros.

No fluxo de saída do metabolismo urbano também foram incluídas, de forma inovadora, as desigualdades sociais, aqui consideradas como um dos resultados não desejados do conjunto de sistemas existentes em uma cidade. Essa proposta de inclusão visa eliminar a condição de invisibilidade muitas vezes produzida em sistemas de avaliação a partir da ausência ou baixa oferta de indicadores ou informações relacionados a desigualdades sociais.

A proposta de incorporação de novos elementos visa caracterizar a existência de outros tipos de fluxos de entrada e saída nos territórios das cidades que necessitam ser analisados além daqueles contemplados pelas abordagens tradicionais de metabolismo urbano, envolvendo materiais e energia.

Esses fluxos buscam possibilitar a identificação e a avaliação das relações de influência e de dependência do território urbano em relação aos ambientes interno e externo, o nível de demanda ou consumo em relação a recursos, bem como caracterizar os resultados desejados e não desejados produzidos pelo conjunto dos sistemas que integram uma cidade. A incorporação da abordagem de metabolismo urbano na proposta de estrutura é apresentada na Figura 39.



Uma avaliação do metabolismo urbano (CE-4-UA-27) foi aplicada no município de Curitiba por Conke e Ferreira (2015). No estudo os autores mencionam os desafios em relação as limitações para obtenção dos dados e alcance dos resultados, uma vez que uma análise completa do metabolismo urbano exigiria a obtenção de dados de outros municípios com quem Curitiba estabelece transações de troca de materiais e energia.

No Quadro 19 é apresentada uma amostra do resultado do estudo como forma de caracterizar a importância da incorporação da abordagem do metabolismo urbano na proposta de estrutura de avaliação integrativa de sustentabilidade urbana. As informações disponíveis no quadro caracterizam o aumento do consumo de recursos ocorrido em Curitiba no período de 2000 a 2010.

Quadro 19 - Metabolismo urbano do município de Curitiba (2000-2010)

Etapa	Categoria de material	Unidade	2000	2010	%	Fonte
Entradas	Ingestão de alimentos ¹	tonelada	503.535	567.457	13	IBGE
Entradas	Consumo de eletricidade (total)	GW/h	3.423	4.239	24	-
Entradas	Residencial	GW/h	1.251	1.498	20	COPEL , IPPUC,
Entradas	Industrial	GW/h	931	1.057	14	COPEL , IPPUC,

Entradas	Comercial	GW/h	897	1.314	46	COPEL , IPPUC,
Entradas	Serviços públicos	GW/h	332	358	8	COPEL , IPPUC,
Entradas	Outro	GW/h	12	12	-7	COPEL , IPPUC,
Entradas	Consumo de energia (total)	TJ	58.010	76.255	32	-
Entradas	Gás natural	TJ	1.969	6.748	243	COPEL
Entradas	Combustíveis fósseis ²	TJ	47.184	52.949	12	PNA
Entradas	Carvão (mineral + vegetal)	TJ	6	330	5878	COPEL
Entradas	Biomassa/biocombustíveis	TJ	8.851	16.228	83	COPEL
Entradas	Materiais de construção (uso)	tonelada	4.221.841	7.308.036	73	-
Entradas	Cimento	tonelada	371.432	628.935	69	SNIC, , CBIC,
Entradas	Aço	tonelada	146.985	239.836	63	IABr
Entradas	Agregados (areia, cascalho)	tonelada	3.703.424	6.439.265	74	ANEPAC, , DNPM
Entradas	Consumo de água	ML	90.906	103.529	14	SANEPAR
Produção	Comida	tonelada	2.394	1.303	-46	IBGE , PMC
Produção	Madeira	m3?	4.110 ³	2.738	-33	IBGE
Produção	Materiais de construção	tonelada	940.993	1.256.202	33	-
Produção	Cimento	tonelada	680.506	953.570	40	SNIC, CBIC
Produção	Aço	tonelada	260.487	302.632	16	WSA
Produção	Minerais (argila, ouro, pedras britadas)	tonelada	30.368	15.173	-50	DNPM
Produção	Produção de água (água superficial)	ML	162.771	169.086	4	SANEPAR, SNIS
Estoques	Minerais (argila, ouro, pedras britadas)	tonelada	1.427.256	560.409	-61	DNPM
Estoques	Resíduos de aterro (acumulados)	tonelada	3.607.122	8.711.683	142	PMC, IPPUC
Saídas	Resíduos sólidos urbanos	tonelada	702.974	728.453	4	-
Saídas	Resíduos domésticos e públicos	tonelada	532.135	462.587	-13	PMC, IPPUC
Saídas	Resíduos recicláveis	tonelada	132.173	193.470	46	PMC, IPPUC
Saídas	Resíduos de saúde	tonelada	3.807	2.704	-29	PMC, IPPUC
Saídas	Resíduos tóxicos	tonelada	7.286	8.495	17	PMC, IPPUC
Saídas	Resíduos de árvores e lixo	tonelada	27.573	61.197	122	PMC, IPPUC
Saídas	Águas residuais	ML	58.594	90.486	54	SANEPAR, SNIS
Saídas	Emissões de GEE ⁴	t-CO 2eq	3.174.630	3.515.890	11	MADEIRA ECOLÓGICA
Saídas	Emissões atmosféricas	µg/ m3	158	107	-32	-
Saídas	Partículas totais em suspensão (PTS)	µg/ m3	86	36	-58	IAP
Saídas	Fumaça	µg/ m3	22	16	-29	IAP
Saídas	Partículas inaláveis	µg/ m3	15	27	79	IAP
Saídas	Dióxido de enxofre (SO 2)	µg/ m3	11	3	-71	IAP
Saídas	Dióxido de nitrogênio (NO 2)	µg/ m3	24	25	3	IAP

Fonte: Conke e Ferreira (2015).

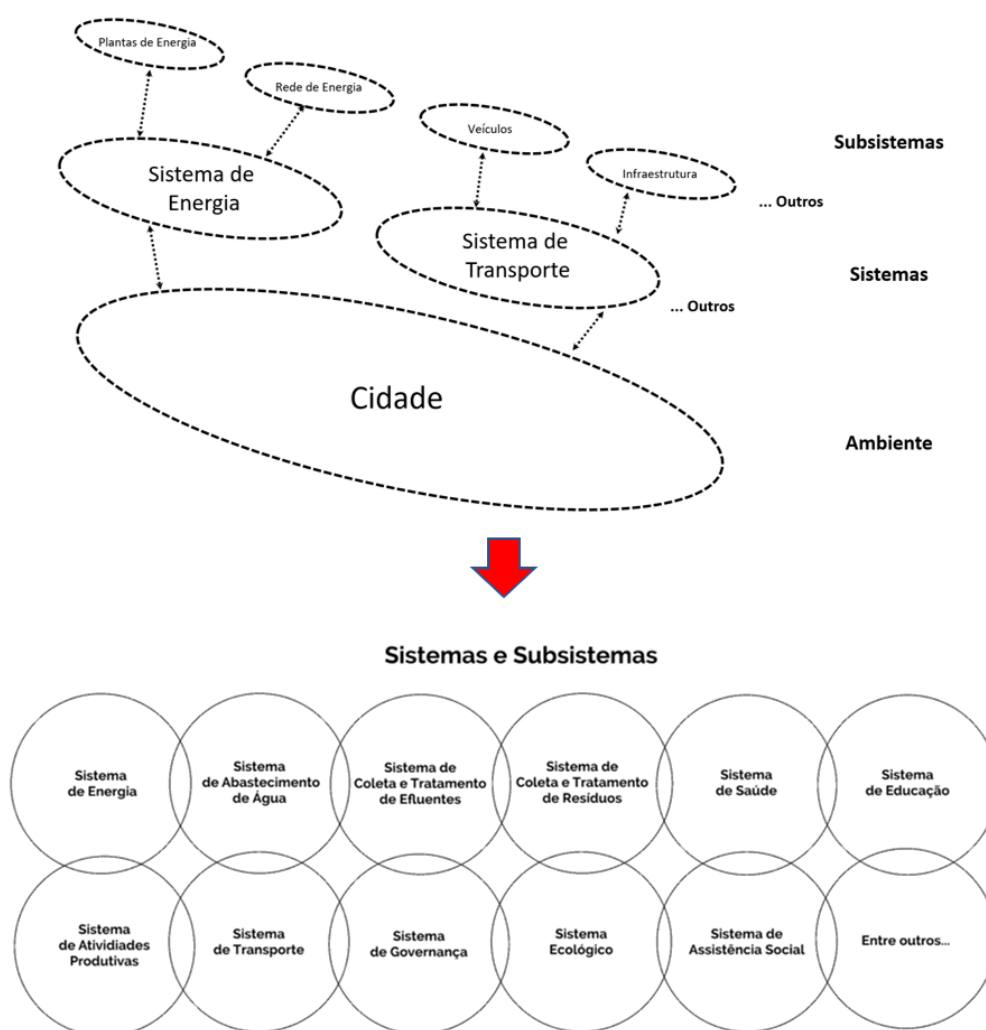
Notas:

1. Dados confiáveis disponíveis para os anos de 2002 e 2009.
2. Óleo diesel, óleo combustível, gasolina, combustível de aviação, gás liquefeito de petróleo e óleo querosene.
3. Dados de 2004.
4. O único inventário local de GEE realizado em Curitiba data de 2008, número utilizado na coluna de 2010; para o cálculo de 2000, a fonte foi Olivier *et al.* (2012 apud Conke e Ferreira (2015)).

A proposta de estrutura conceitual também incorpora como elementos estruturantes o ambiente (CE-18-UA-156), os sistemas (CE-14-UA-77) e subsistemas (CE-14-UA-78) caracterizados por Lom e Pribyl (2021) e Meadows (1998, 2009), se apresentando como uma possível contribuição para a caracterização da evolução do conceito do metabolismo urbano apresentada por Zhang (2013).

A abordagem de sistemas incorporada na proposta de estrutura conceitual pode ser considerada entre as abordagens adotadas como aquela que representa a possibilidade de gerar o maior nível de contribuição para a viabilização da avaliação integrativa de sustentabilidade urbana. Essa abordagem busca viabilizar análises compartimentadas e ao mesmo tempo integrativas sobre a sustentabilidade urbana que podem ser geradas a partir das pessoas e dos recursos que já integram cada sistema. A incorporação da abordagem dos sistemas que integram uma cidade na estrutura é caracterizada na Figura 40.

Figura 40 - Incorporação da abordagem de ambiente, sistema e subsistemas



Fonte: Lom e Pribyl (2021, tradução própria), Autoria própria (2024).

A proposta de estrutura foi concebida para possibilitar a livre definição dos sistemas e subsistemas, visando oferecer flexibilidade para a configuração da proposta conceitual de avaliação integrativa de sustentabilidade urbana de acordo com as características específicas de cada cidade.

Essa flexibilidade visa contemplar a diversidade de sistemas e subsistemas que integram os diferentes contextos de cada cidade. Permite que a estrutura seja configurada de forma personalizada para cada cidade, contemplando um maior ou menor número de sistemas e subsistemas de acordo com a realidade local observada. A abordagem de sistemas e subsistemas visa também contribuir para um melhor tratamento da complexidade envolvida na avaliação integrativa de sustentabilidade urbana por meio da divisão do problema em partes menores que operam de forma integrada.

Para fins de simulação ou identificação dos sistemas que integram uma cidade podem ser empregados recursos tecnológicos de inteligência artificial generativa. Esses recursos podem ser utilizados para o levantamento e geração de informações preliminares sobre os possíveis sistemas existentes em uma cidade. Recomenda-se que as informações geradas pelos recursos de inteligência artificial generativa sejam utilizadas como parte de uma estratégia inicial de pesquisa para a identificação de referências¹⁵.

A seleção de indicadores e de informações para a avaliação integrativa de sustentabilidade em escala de cidades é complexa e necessita ser planejada para o atendimento de demandas em diferentes sistemas e níveis de escala. Como parte da solução para a redução da complexidade de análise e configuração da estrutura de avaliação de sustentabilidade urbana sugere-se a adoção da estratégia de perguntas mencionada por Zimek e Baumgartner (2024), tratada no presente estudo como o elemento estruturante questões-chave sobre sustentabilidade (CE-9-UA-60).

Para os autores a adoção da estratégia de perguntas reduz a complexidade metodológica e a necessidade de cálculos ou de extensa coleta de dados, além da vantagem de poder ser adaptada, possibilitando conhecer e incorporar expectativas, necessidades e percepções específicas das partes envolvidas na avaliação de sustentabilidade.

Sugere-se que as questões-chave sobre sustentabilidade sejam levantadas de forma aberta e participativa envolvendo representantes da comunidade científica, do poder público, da iniciativa privada, do terceiro setor e da sociedade (cidadãos), preferencialmente residentes

¹⁵ Para a correta utilização destes recursos no contexto da pesquisa científica recomenda-se uma leitura prévia das diretrizes para uso ético e responsável da inteligência artificial generativa elaboradas por Sampaio, Sabbatini e Limongi (2024).

na própria cidade e que vivam as suas diferentes realidades. Recomenda-se que a coleta seja feita sem nenhum tipo de restrição ou censura, para que possam ser reconhecidas todas as situações as quais podem ser avaliadas e priorizadas por meio de consensos.

Recomenda-se também que as questões-chave sobre sustentabilidade sejam devidamente registradas e utilizadas de forma aberta e transparente como um importante insumo para a configuração da estrutura, incluindo a definição de alguns dos seus elementos, situação que pode exigir conhecimentos específicos de especialistas ou de outros tipos de atores que integram os próprios sistemas, os quais poderão contribuir com a geração e a oferta de informações ou de indicadores.

No Quadro 20 são apresentados, para efeito de simulação, alguns exemplos de questões-chave sobre sustentabilidade que podem ser estabelecidas para cada sistema que integra a estrutura de avaliação integrativa de sustentabilidade urbana.

Podem ser definidas uma ou mais questões-chave por sistema de acordo com as necessidades locais, as quais poderão ser acompanhadas de dados sugeridos para a pesquisa e seleção de indicadores e de informações considerados necessários para a avaliação integrativa de sustentabilidade urbana.

Recomenda-se que as questões-chave sejam configuradas de forma ampla, contemplando de maneira direta ou indireta ganhos ambientais, econômicos e sociais simultâneos, para que se tornem compatíveis com a proposta de avaliação integrativa de sustentabilidade apresentada por Gibson (2006). Recomenda-se também que as questões-chave definidas sejam capazes de ultrapassar os limites do seu respectivo sistema de origem, gerando reflexos ou influências positivas para o conjunto de sistemas que integram a cidade.

Quadro 20 - Sugestão de questões-chave e dados para definição de indicadores e informações

Sistema	Questão-Chave sobre Sustentabilidade	Dados Sugeridos para Pesquisa de Indicadores e Informações
Sistema de Transporte e Mobilidade	Descarbonização da frota de veículos e maior utilização dos transportes coletivo, compartilhado e não motorizado em substituição ao transporte individual	Características da Frota de Veículos Consumo de Combustíveis Nível de Utilização dos Modais de Transporte Tempo Gasto em Deslocamentos no Trânsito Custo do Transporte no Orçamento Pessoal/Familiar Infraestrutura Viária Cobertura e Acessibilidade dos Modais de Transporte Qualidade do Transporte Coletivo Segurança
Sistema de Educação	Universalização da educação básica com a ampliação da qualidade do processo de ensino-aprendizagem e redução das evasões.	Cobertura de Atendimento Permanência e Fluxo Escolar Qualidade do Ensino-Aprendizagem Recursos Disponíveis
Sistema de Habitação e Urbanismo	Priorização de políticas públicas para a promoção do acesso e da qualidade habitacional.	Domicílios População Habitabilidade
Sistema de Coleta e Tratamento de Esgoto	Solução das conexões irregulares de esgoto que contaminam e comprometem a qualidade da água, da saúde e da conservação ambiental dos córregos e rios urbanos	Conexões na Rede de Esgoto Nível de Efetividade do Tratamento de Esgoto Doenças de Veiculação Hídrica Educação Ambiental

Sistema de Economia e Produção	Promoção do empreendedorismo e da pesquisa, desenvolvimento e inovação para o incremento da economia circular visando a geração de empregos com segurança social, o incremento da renda e a redução do trabalho informal.	Atividades Produtivas Informalidade Empregos Renda
Sistema de Governança e Gestão Pública	Efetivação da transparência e dos espaços de participação social nas decisões públicas para a promoção da gestão compartilhada e integrada da cidade.	Conselhos Municipais Transparência Fóruns e Conferências Municipais Consultas e Audiências Públicas Consórcios Públicos e Parcerias Público Privadas

Fonte: Autoria própria (2024).

Além das questões-chave sobre sustentabilidade sugere-se também a adoção da abordagem de pontos de alavancagem (CE-15-UA-122) apresentados por Meadows (1999, 2009), entendidos como pontos ou lugares de um sistema complexo onde pequenos ajustes podem gerar grandes mudanças.

Como exemplo aplicado ao sistema de transporte e mobilidade, a oferta de acesso gratuito à internet como parte da infraestrutura disponível para o serviço de transporte público poderia contribuir para elevar o número de usuários bem como favorecer o processo de inclusão digital da população menos favorecida, possibilitando a realização de atividades de estudo ou de trabalho durante o tempo de permanência dos usuários nas estações e deslocamentos, bem como o incremento da oferta e utilização de serviços públicos digitais.

Os pontos de alavancagem podem ser sinalizados na estrutura com marcadores, para indicar os locais onde os atores e especialistas locais acreditam que existam oportunidades para a implementação de pequenas melhorias que possam proporcionar maiores resultados, conforme ilustrado na Figura 41.

Figura 41 - Questões sobre sustentabilidade e pontos de alavancagem



Fonte: Autoria própria (2024).

A estrutura também contempla variáveis de monitoramento e fatores geradores de instabilidade, conforme caracterizado na Figura 42.

Figura 42 - Variáveis de monitoramento e fatores geradores de instabilidade



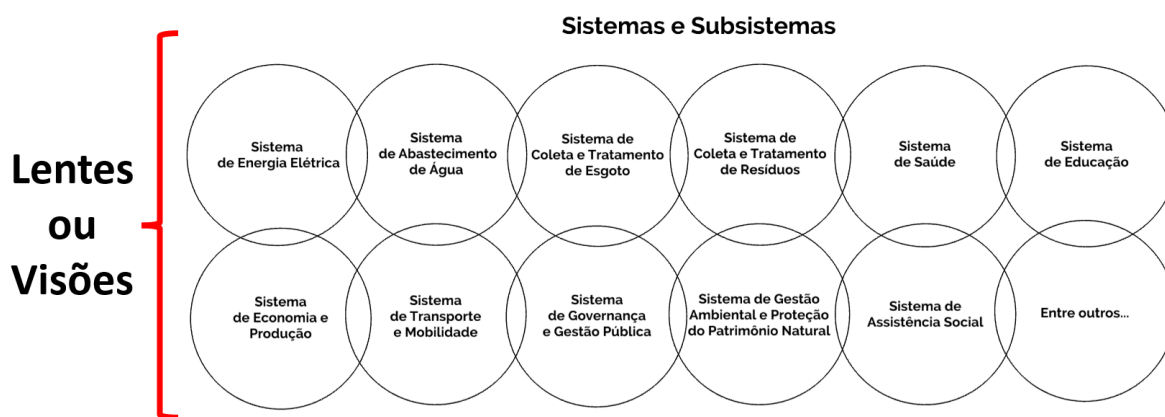
As variáveis de monitoramento foram inspiradas nos indicadores chave de desempenho (CE-31-UA-296) descritos por Gavalda, Gibbs e Eicker (2023) e indicadores de resultado (CE-31-UA-286) apresentados por Joss *et al.* (2015) e Huovila, Bosch e Airaksinen (2019). Foram incorporadas na proposta de estrutura conceitual com o propósito de permitir o monitoramento dos resultados gerados pela dinâmica de funcionamento do conjunto de sistemas e subsistemas que integram o ambiente urbano analisado, incluindo os fluxos de entrada e de saída relacionados ao metabolismo urbano.

A ideia de incorporação de fatores geradores de instabilidade surgiu a partir da experiência da crise sanitária vivida com o Covid-19 e dos indicadores de pressão (CE-31-UA-284) descritos por Mousinho (2001). A crise sanitária se revelou uma grande ameaça para a condição de sustentabilidade das cidades. Além das crises sanitárias, foram identificados como fatores geradores de instabilidade os eventos climáticos extremos, as crises de abastecimento, as crises econômicas e as crises políticas, que muitas vezes não se limitam às fronteiras do contexto local, representando poucas possibilidades de serem geridas apenas no contexto da cidade.

Como sugestão para a configuração dos sistemas e subsistemas que integram a estrutura recomenda-se a utilização da abordagem de lentes ou visões (CE-15-UA-116) inspirada nas

reflexões de Meadows (2009) sobre o pensamento sistêmico. Essa proposta visa permitir a livre configuração das informações que serão utilizadas para a avaliação integrativa de sustentabilidade urbana.

Figura 43 - Proposta de lentes ou visões para sistemas e subsistemas



Fonte: Autoria própria (2024).

Para Meadows (2009, p. 6, tradução própria):

A lente do pensamento sistêmico nos permite resgatar a nossa intuição sobre sistemas inteiros e aprimorar habilidades de entender partes, visualizar as interconexões, elaborar perguntas hipotéticas sobre possíveis comportamentos futuros e ser criativo e corajoso sobre o redesenho do sistema.

Meadows (2009, p. 6, tradução própria) considera que seria possível:

Ver algumas coisas por meio das lentes do olho humano, outras por meio das lentes de um microscópio, outras pelas lentes de um telescópio e outras ainda por meio das lentes da teoria dos sistemas. Tudo visto por meio de cada tipo de lente está realmente lá. Cada maneira de ver permite que nosso conhecimento do mundo maravilhoso em que vivemos se torne um pouco mais completo.

A proposta de lentes ou visões incorporada na proposta de estrutura conceitual visa possibilitar a criação de uma dinâmica de navegação nas informações disponíveis que permita ir do macro ao micro, da maior até a menor unidade de informação, oferecendo diversos graus ou níveis de detalhamento para cada elemento. Essa dinâmica de navegação está disponível para experimentação na proposta de estrutura desenvolvida no aplicativo Prezi, podendo ser aperfeiçoada por meio de outras ferramentas utilizadas para o desenvolvimento de sistemas de informação, a exemplo dos painéis interativos de dados.

Os elementos que integram os sistemas e subsistemas poderão ser caracterizados dentro das lentes ou visões a partir dos dados disponíveis, de forma quantitativa ou qualitativa, descritiva (textos) e/ou visual (gráficos, figuras, desenhos, fotografias, imagens de satélite, mapas georreferenciados) ou por meio de *links* para acesso direto a plataformas externas. As lentes também por oferecer dados de indicadores e de índices, a exemplo dos definidos pelas certificações internacionais analisadas por Huovila, Bosch e Airaksinen (2019).

Recomenda-se que as lentes ou visões dos sistemas que integram a estrutura sejam configuradas ou organizadas com base nas questões-chave sobre sustentabilidade, de modo que os indicadores e informações relacionados possam ser facilmente acessados. Para a configuração das lentes ou visões de subsistemas que integram os sistemas podem ser opcionalmente aplicadas categorias específicas para melhor distribuição ou organização das questões-chave sobre sustentabilidade, conforme os exemplos apresentados no Quadro 21.

Quadro 21 - Categorias específicas para a configuração de lentes ou visões de subsistemas

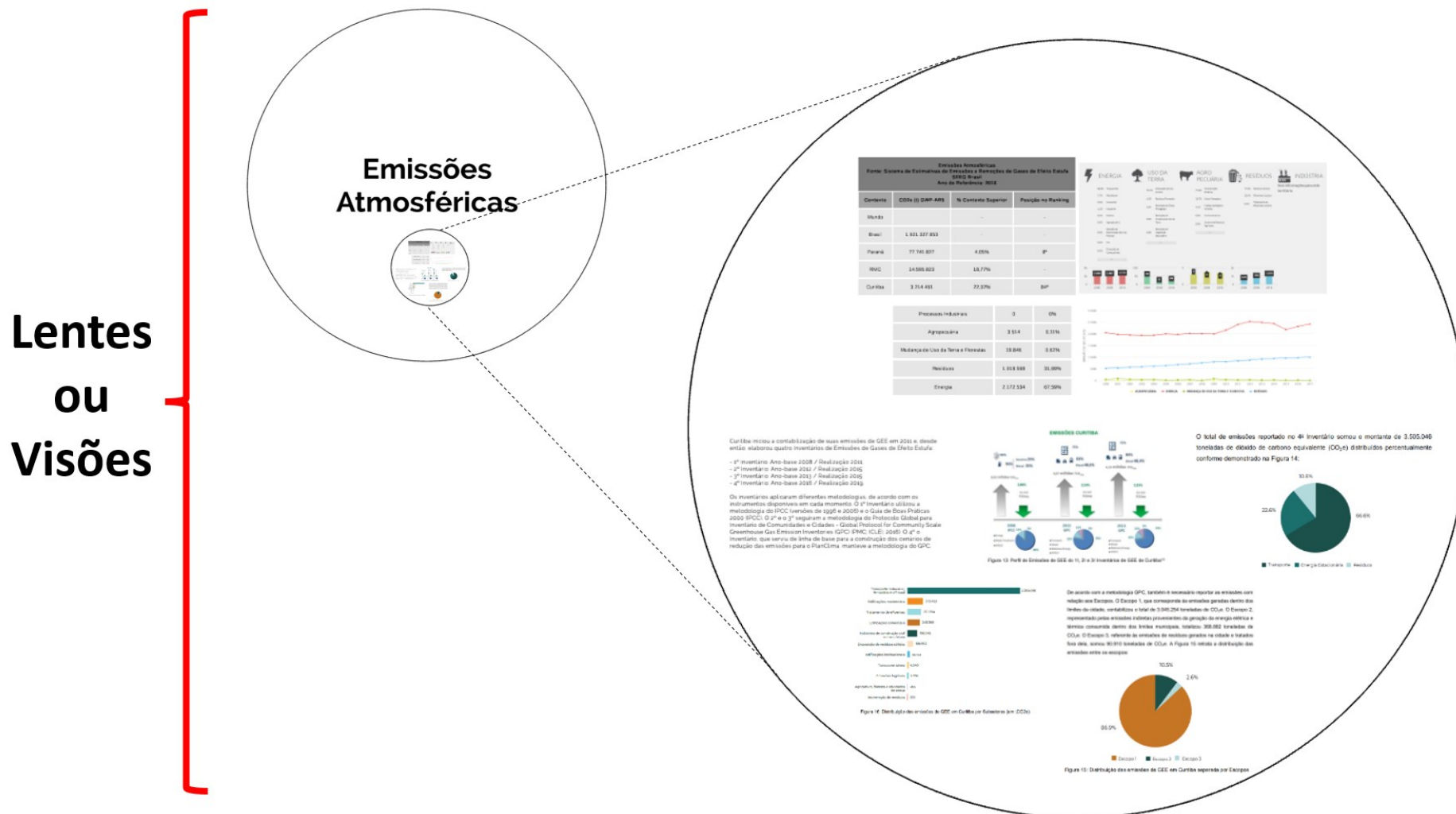
Sistema	Categorias Específicas
1. Sistema de Transporte e Mobilidade	Infraestrutura, Modais de Transporte, Tecnologias e Gestão
2. Sistema de Energia Elétrica	Geração, Transmissão, Distribuição e Consumo
3. Sistema de Saúde	Níveis de Atendimento: Atenção Primária, Atenção Secundária e Atenção Terciária
4. Sistema de Educação	Níveis e Modalidades de Ensino: Educação Básica - Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio Educação Superior – Graduação e Pós-Graduação (Lato Sensu e Stricto Sensu) Modalidades de Ensino: Educação de Jovens e Adultos, Educação Profissional e Tecnológica, Educação Especial, Educação Indígena e Quilombola
8. Sistema de Economia e Produção	Setor Primário, Setor Secundário e Setor Terciário
14. Sistema de Abastecimento de Água	Coleta, Tratamento, Armazenamento, Distribuição e Consumo

Fonte: Autoria própria (2024).

A possibilidade de livre configuração das lentes ou visões visa ampliar as possibilidades da avaliação integrativa de sustentabilidade urbana para além da complexidade de tratamento e uso de indicadores e índices tradicionais como aqueles retratados nas pesquisas de Silva (2017), Carbone (2019), Kauling (2020) e Simão, Salles e Fernandes (2024), especialmente quando estes não estiverem disponíveis em nível de cidade ou apresentarem limitações como a indisponibilidade de dados ou a impossibilidade de desagregação das informações.

Visa também tornar o processo de configuração da estrutura mais fácil, intuitivo e acessível, possibilitando que seja aplicado de diferentes formas, em diferentes situações, com ou sem o uso de recursos tecnológicos avançados, permitindo que um número maior de atores e especialistas locais possam participar do processo de construção da estrutura e usufruir dos conhecimentos e informações disponíveis conforme ilustrado na Figura 44.

Figura 44 - Configuração das lentes ou visões dos sistemas e subsistemas



Fonte: Autoria própria (2024).

O desenvolvimento de uma estrutura para a avaliação integrativa de sustentabilidade urbana que possibilite uma avaliação detalhada das cidades em diferentes níveis de escala ainda representa um grande desafio para a ciência. Iniciativas de organizações como as promovidas pelo IBGE para a oferta de informações e dados desagregados via portais e bases de dados, acompanhados da própria evolução das tecnologias de informação e desenvolvimento de novos métodos para tratamento e integração de grandes volumes de dados caminham nessa direção.

O reconhecimento deste desafio motivou o desenvolvimento do presente estudo e a busca de elementos estruturantes para a avaliação integrativa de sustentabilidade urbana visando a oferta de uma estrutura conceitual que possa gerar resultados para a sustentabilidade em nível de cidades no curto prazo e em larga escala. A proposta de estrutura conceitual resultante do estudo se apresenta como uma contribuição para tratamento de um tema de alta complexidade que envolve um grande volume de informações.

A estrutura conceitual gerada pelo presente estudo está disponível para ser utilizada em reflexões e iniciativas relacionadas ao desenvolvimento de métodos ou soluções tecnológicas para a avaliação integrativa de sustentabilidade urbana. Quando a cidade possuir um contexto rural, o mesmo poderá ser incorporado na estrutura dentro dos sistemas e da proposta de tratamento multicamadas, dividindo a camada local em rural e urbana, de modo que a dimensão rural possa ser contemplada pela avaliação. Sugere-se que esta incorporação considere as questões apresentadas por Kauling (2020) sobre ambientes urbanos e rurais e sobre o método adotado pelo Censo IBGE 2010 que acaba superestimando a população urbana no Brasil.

A não incorporação do contexto rural na estrutura foi proposital para demonstrar e valorizar a característica de flexibilidade de configuração que ela possui. A estrutura oferece a possibilidade de livre configuração das escalas espaciais; do ambiente com os seus sistemas e subsistemas; das variáveis de ambiente; dos indicadores/índices de sustentabilidade disponíveis; das variáveis de monitoramento; e dos fatores de instabilidade que irão compor a análise do território.

Como parte do processo de avaliação integrativa de sustentabilidade urbana, a estrutura apresenta a possibilidade de definição e questões-chave sobre sustentabilidade relacionadas ao contexto local; de livre configuração das lentes ou visões de indicadores; e de identificação de pontos de alavancagem que possibilitem a implementação de melhorias nos sistemas.

Ao ser concebida desta forma, a proposta de estrutura conceitual apresentada pode ser caracterizada com um sistema aberto que permite reconfigurações, ajustes, melhorias,

aperfeiçoamentos de forma livre e contínua, visando atender as particularidades dos contextos de cada território analisado.

Essa primeira versão da estrutura conceitual oferece os elementos estruturantes considerados necessários para a avaliação integrativa de sustentabilidade urbana. A estrutura conceitual pode ser utilizada para subsidiar análises integrativas de sustentabilidade urbana bem como para o desenvolvimento de métodos de avaliação e soluções tecnológicas que favoreçam a integração e oferta dos dados disponíveis.

5. CONCLUSÕES

A revisão integrativa de literatura permitiu a identificação de diversas iniciativas para a avaliação de sustentabilidade urbana aplicadas em diferentes escalas e contextos. As publicações revisadas revelaram que uma parte significativa destas iniciativas apresenta limitações em relação ao tratamento e à disponibilidade de dados. Algumas publicações sugeriram a necessidade de as avaliações de sustentabilidade serem realizadas de forma sistêmica ou holística.

Os estudos revisados mencionam que uma parte significativa das iniciativas existentes ainda são organizadas em torno da abordagem clássica de dimensões da sustentabilidade ou de categorias de análise, dificultando análises mais profundas que permitam verificar as interconexões existentes entre as variáveis analisadas e reconhecer os reais níveis de sustentabilidade das cidades. A literatura aponta que apesar de gerarem contribuições significativas para a promoção da sustentabilidade, a maioria das iniciativas ainda se demonstra insuficiente para produzir os resultados necessários ou desejados.

A experiência de proposição da estrutura conceitual para a avaliação integrativa de sustentabilidade urbana, objetivo definido para o desenvolvimento do presente estudo, permitiu o reconhecimento do nível de complexidade e de desafios ainda existentes para a mensuração dos impactos produzidos pelas atividades humanas a partir dos centros urbanos envolvendo as relações estabelecidas entre os capitais natural, social e construído.

Como forma de contribuir para o preenchimento desta lacuna de pesquisa, os resultados obtidos pelo estudo proporcionam o reconhecimento de diversos elementos estruturantes que necessitam ser considerados em avaliações integrativas de sustentabilidade urbana, dentre eles os fluxos de metabolismo urbano que contribuem para definir os níveis de produção e de consumo de recursos pelas cidades. Estes fluxos sugerem a necessidade de a avaliação de sustentabilidade urbana contemplar os diversos impactos gerados pelas cidades para além das fronteiras dos seus respectivos territórios, envolvendo contextos de outros territórios e em uma escala mais elevada, os limites planetários.

Os resultados obtidos pelo estudo se apresentam como evidências de que a sustentabilidade, e mais especificamente a sustentabilidade urbana, não podem mais ser vistas ou entendidas como um objetivo fim estabelecido a partir de uma relação de equilíbrio envolvendo as dimensões econômica, social e ambiental. Os resultados indicam que a sustentabilidade precisa ser compreendida como um objetivo meio ou como um processo para

que seja possível o atingimento de resultados efetivos em escala planetária. Também indicam que a sustentabilidade ainda carece da aplicação de saberes já produzidos; que é multidimensional, multiescala, multisetorial; que envolve diferentes realidades e territórios, incluindo os seus diferentes valores e culturas, os quais, em sua maior parte, ainda sofrem grandes influências das decisões estabelecidas na dimensão política.

Como alternativa para essa mudança de paradigma, a proposta de avaliação integrativa de sustentabilidade urbana apresentada, propõe a substituição das relações antagônicas existentes entre as dimensões por relações de reforço mútuo que sejam capazes de produzir, de forma simultânea, benefícios econômicos, sociais e ambientais

A pesquisa realizada confirma os entendimentos já estabelecidos pela comunidade científica e por organismos internacionais de que as cidades configuram uma unidade estratégica para o desenvolvimento de articulações e de iniciativas para a promoção da sustentabilidade. As cidades representam um importante elo entre as diferentes escalas de organização social que necessitam ser articuladas e envolvidas de forma recursiva para a produção efetiva da sustentabilidade, partindo da escala individual até o atingimento da escala planetária.

O estudo demonstra que o reconhecimento do importante papel que pode ser exercido pelas cidades em relação a promoção da sustentabilidade é relativamente recente e que ainda carece de arranjos políticos-institucionais e de políticas públicas em nível de estados-nação para que possa ser plenamente exercido. Demonstra também, por meio da proposta de estrutura conceitual apresentada, a possibilidade deste importante papel ser exercido a partir dos diferentes sistemas que integram uma cidade, potencializando a produção de sustentabilidade de forma compartilhada e distribuída a partir da possibilidade de envolvimento dos diferentes atores que integram ou estabelecem relações com cada sistema.

A aplicação da abordagem de sistemas, sugerida pela estrutura conceitual apresentada, oportuniza o aproveitamento de recursos humanos e materiais que já se encontram disponíveis em cada sistema, com destaque especial para os sistemas de informação já existentes que podem ser adaptados para a geração de indicadores e informações relevantes para a produção da sustentabilidade em nível local.

Esta possibilidade pode contribuir de forma significativa para ajudar a resolver algumas limitações para a avaliação de sustentabilidade identificadas ao longo da pesquisa como a baixa disponibilidade de dados primários, a dificuldade de produção e de oferta de indicadores ou a impossibilidade da desagregação de dados. Os avanços tecnológicos, a exemplo dos painéis

interativos de dados ou das plataformas digitais com a oferta de dados abertos, podem contribuir para o preenchimento e superação destas lacunas.

Os resultados obtidos por meio da revisão integrativa de literatura revelam a importância e os potenciais de contribuição do método para a pesquisa sobre sustentabilidade urbana. O método, aplicado de forma adaptada e experimental, permitiu caracterizar a ausência de uma maior integração entre as diferentes iniciativas de avaliação de sustentabilidade urbana em curso apesar de muitas delas poderem ser reconhecidas como complementares. Esta situação ocorre, em parte, pelo fato de as iniciativas serem desenvolvidas em campos distintos do conhecimento, serem promovidas por organizações que ainda operam de forma isolada ou desarticulada em relação a outras organizações ou justificadas pela ausência de políticas públicas que promovam a busca pela sustentabilidade a partir de iniciativas integradas.

A abordagem de sistemas e subsistemas pode contribuir, dentro de um contexto de governança compartilhada da sustentabilidade, para processos de implementação de políticas públicas que definam papéis e atribuam responsabilidades para cada uma das partes envolvidas com cada sistema, de forma a viabilizar a geração de indicadores e de informações que possibilitem avaliar os níveis de eficiência e de resultados gerados pelos diferentes sistemas que integram uma cidade.

A abordagem de sistemas também facilita comparações de desempenho entre as cidades, as quais podem ser realizadas em nível de sistemas envolvendo localidades que possuam características ou variáveis de ambiente similares. As comparações de desempenho entre cidades podem contribuir para a implementação de modelos de governança que promovam a busca contínua pela sustentabilidade bem como para o compartilhamento das melhores práticas desenvolvidas que podem gerar contribuições significativas para a promoção da sustentabilidade em cidades que possuam menor disponibilidade de recursos.

A estrutura conceitual também contempla a necessidade do estabelecimento de princípios de sustentabilidade e de uma proposta de visão norteadora que sejam capazes de considerar os valores dos diferentes atores que integram os territórios. A ausência deste cuidado pode gerar iniciativas de avaliação de sustentabilidade urbana pouco significativas ou que representam baixa capacidade de engajamento das partes envolvidas com o território.

O estabelecimento de princípios de sustentabilidade e da visão representam desafios inseridos nas dimensões política e cultural da sustentabilidade, normalmente não contempladas pelas estruturas de avaliação existentes. Estes desafios precisam ser superados por meio da

implementação de modelos de governança que priorizem a transparência e a participação social para que iniciativas de produção da sustentabilidade possam ser efetivamente implementadas.

Para atender parte desta demanda a estrutura conceitual desenvolvida apresenta como uma de suas características principais a condição de ser aberta e flexível para que possa ser adaptada em relação aos diferentes contextos de cidades. Essa possibilidade visa tornar a estrutura compatível com a realidade e as necessidades de qualquer tipo de cidade, seja ela um grande centro urbano ou uma pequena cidade interiorana.

A condição de abertura e de flexibilidade para configuração oferecida pela estrutura contempla a possibilidade de as partes diretamente envolvidas com a cidade formularem questões-chave sobre sustentabilidade como parte da estratégia para a redução da complexidade envolvida na seleção e tratamento de indicadores e de informações bem como para definição e priorização das iniciativas que serão desenvolvidas e priorizadas nos curto e médio prazos. A proposta de estrutura também oferece a possibilidade de utilização da abordagem de pontos de alavancagem para identificação de oportunidades para a implementação de melhorias nos sistemas que integram a cidade.

Ao oferecer a oportunidade para que qualquer cidadão possa debater e indicar as questões-chave sobre sustentabilidade ou identificar oportunidades de melhoria para a sua cidade, a estrutura desenvolvida se apresenta como uma alternativa para a redução das dependências e para a revisão do tratamento político muitas vezes dispensado ao tema, possibilitando a busca do estabelecimento de novas bases para a implementação de medidas de sustentabilidade mais efetivas.

Em um contexto geral a proposta de estrutura conceitual para a avaliação integrativa de sustentabilidade urbana se apresenta como uma contribuição para a promoção de reflexões e para a produção de avanços nas pesquisas relacionadas ao tema. O estudo gera contribuições, ainda, ao caracterizar os potenciais do método de revisão integrativa de leitura para a pesquisa sobre sustentabilidade urbana e do uso dos painéis interativos de dados para o desenvolvimento de pesquisas inter e transdisciplinares envolvendo temas complexos que envolvem um grande volume de publicações e que necessitam ser operacionalizadas de forma cada vez mais integrada.

Os resultados obtidos pelo estudo servem também para reforçar a proposta de que a sustentabilidade precisa ser pensada e praticada de forma cada vez mais distribuída, inclusiva e integrativa, envolvendo todas as esferas da vida em sociedade.

A estrutura conceitual apresentada segue o propósito de ser uma produção aberta, podendo ser comparada, criticada, compartilhada e ampliada com o objetivo de que possa ser permanentemente aperfeiçoada para atender diferentes necessidades em diferentes contextos de vida e da pesquisa científica. É também flexível, ao possibilitar a livre composição ou configuração dos elementos estruturantes que integram a solução.

5.1. Limitações e Considerações para Pesquisas Futuras

- Essa pesquisa foi realizada durante a pandemia do Covid-19, momento em que foi gerado um cenário de incertezas que afetou a dinâmica de vida em sociedade. Ao longo deste período o pesquisador enfrentou questões de ordem familiar e profissional que comprometeram o ritmo de produção e de resultados esperados ou desejados para a pesquisa, situações que exigiram um grande esforço de adaptação e de superação para que a pesquisa pudesse ser realizada e concluída.
- A realização da pesquisa foi operacionalizada por um único pesquisador com disponibilidade de tempo parcial para dedicação a pesquisa. Por se tratar de um tema complexo que envolve diversas áreas do conhecimento, recomenda-se que pesquisas futuras sobre o tema sejam realizadas em regime de dedicação exclusiva (tempo integral) ou que sejam realizadas dentro de um contexto de projeto que contemple a composição de uma equipe de pesquisa multidisciplinar.
- O método de revisão integrativa de literatura precisou ser adaptado ao longo da pesquisa para criar as condições necessárias para o tratamento de um tema complexo que envolve um grande volume de informações disponíveis produzidas a partir de diferentes áreas do conhecimento. Recomenda-se que pesquisas futuras relacionadas ao tema aprofundem o desenvolvimento e a aplicação do método para que possam ser produzidos resultados com maior rigor científico e teórico.
- O volume de publicações disponíveis relacionadas ao tema sustentabilidade urbana se apresentou como um grande desafio para o tratamento das informações geradas ao longo da pesquisa. Como alternativa para superação deste desafio foram desenvolvidos painéis interativos de dados que se demonstraram um recurso importante para a realização da revisão integrativa de literatura. Os painéis interativos de dados, atualizados via planilha eletrônica, criaram maior flexibilidade para o tratamento e organização dos dados da pesquisa. Recomenda-se que este recurso seja aplicado no início de pesquisas científicas como parte integrante da estratégia de revisão de literatura.

- Recursos de inteligência artificial podem ser utilizados em caráter experimental como uma alternativa para o não envolvimento de especialistas. Recomenda-se que estudos futuros sobre sustentabilidade urbana avaliem a possibilidade ou a viabilidade de envolvimento de especialistas em atividades voltadas para geração e validação de conhecimentos que possam contribuir para a realização da pesquisa.
- Como recomendação para futuros estudos sugere-se que a proposta de uso dos painéis de análise de dados possa ser aperfeiçoada de modo que possa contemplar o trabalho compartilhado e colaborativo entre pesquisadores que possuem interesse na pesquisa sobre sustentabilidade urbana. Espera-se que esse trabalho compartilhado de inteligência coletiva possa dar origem a propostas de taxonomia para o registro e classificação das publicações bem como criar as condições necessárias para o desenvolvimento de novas pesquisas de revisão integrativa, que possam ampliar o volume de informações disponíveis sobre o tema e viabilizar o envolvimento, a interação e a integração entre pesquisadores e grupos de pesquisas de diferentes partes do mundo.

REFERÊNCIAS

- ADINYIRA, E., OTENG-SEIFAH, S., & ADJEI-KUMI, T. (2007). A review of urban sustainability assessment methodologies. **International Conference on Whole Life Urban Sustainability and Its Assessment**, p. 1-8, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236144426_A_Review_of_Urban_Sustainability_Assessment_Methodologies. Acesso em: 02 fev. 2024.
- AMEEN, R. F. M; MOURSHED, M. Urban sustainability assessment framework development: The ranking and weighting of sustainability indicators using analytic hierarchy process. **Sustainable Cities and Society**, v. 44, p. 356-366, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.10.020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221067071830266X>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- ANGHELOIU, C.; TENNANT, M. Urban futures: systemic or system changing interventions? A literature review using Meadows' leverage points as analytical framework. **Cities**, v. 104, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102808>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275119313265>. Acesso em: 13 fev. 2022.
- ANTROP, M. Changing patterns in the urbanized countryside of Western Europe. **Landscape Ecology**, v. 15, p. 257–270, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008151109252>. <https://link-springer-com.ez48.periodicos.capes.gov.br/content/pdf/10.1023/A:1008151109252.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.
- ARAUJO, R. S.; FERNANDES, V.; RAUEN, W. B. Indicadores de sustentabilidade no contexto do design de produtos. **Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão**. Rio de Janeiro, RJ, v. 14, n. 2, p. 14–27, 2015. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rbpg/article/view/78425>. Acesso em: 12 nov. 2022.
- AZZULIN, M. B. A. **Influência da Industrialização na Territorialidade Urbana da Região Metropolitana de Curitiba**. 2020. 134 f. Dissertação. (Mestrado em Tecnologia e Sociedade), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020.
- BECK, U. **La sociedad del riesgo global**. 2ª. ed. Siglo XXI de España Editores S.A. (Madrid), 2006.
- BELLEN, H. M. V. **Indicadores de Sustentabilidade: Uma Análise Comparativa**. Editora FGV, Rio de Janeiro. 2005.
- BASIAGO A.D. The search for the sustainable city in 20th century urban planning. **Environmentalist**. v. 16, p. 135–155, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01325104>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01325104#citeas>. Acesso em: 05 mar. 2024.
- BERKES, F.; FOLKE, C. Science, sustainability and resource management. *In*: BERKES, F.; FOLKE, C. (orgs.). **Linking social and ecological systems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- BOTELHO, R. G.; OLIVEIRA, C. C. Literaturas branca e cinzenta: uma revisão conceitual. **Ciência da Informação**, v. 44, n. 3, p. 501-513. 2015. DOI: <https://doi.org/10.18225/ci.inf.v44i3.1804>. Disponível em: <https://revista.ibict.br/ciinf/article/view/1804/3251>. Acesso em: 15 mar. 2022.
- BOURDIEU, P. Las formas del capital. Capital Económico, capital cultural y capital social. *In*: BOURDIEU, P. **Poder, derecho y clases Sociales**. Desclée, Barcelona, 2001.

BRÜSEKE, F. J. O problema do desenvolvimento sustentável. **Papers no NAEA**, v. 1, n. 1, 1993. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/pnaea/article/view/12033>. Acesso em: 05 nov. 2019.

BREEM - BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHODOLOGY. **How BREEM works**. Disponível em: <https://breeam.com/about/how-breeam-works>. Acesso em: 15 fev. 2024.

CAMPBELL, S. Green Cities, Growing Cities, Just Cities? Urban Planning and the Contradictions of Sustainable Development. **Journal of the American Planning Association**, v. 62, n.3, p. 296–312, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1080/01944369608975696>. Disponível em: <https://my.vanderbilt.edu/greencities/files/2014/08/Campbell11.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2022.

CARBONE, A. S. **Indicadores de avaliação de capital natural e de oferta e demanda de serviços ecossistêmicos para a região metropolitana de Curitiba**. 2019. 313 f. Tese. (Doutorado em Saúde Pública), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

CARBONE, A. S.; COUTINHO, S. M. V.; FERNANDES, V.; PHILIPPI JR, A. Serviços ecossistêmicos no planejamento integrado do território metropolitano: oferta, demanda e pressões sobre a provisão de água na Região Metropolitana de Curitiba. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 55, n. 3, p. 381-400, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820200705>. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RB CIAMB/article/view/705?. Acesso em: 30 nov. 2022.

CARSON, R. **Silent Spring**. Houghton Mifflin. 1962.

CAVALCANTI, C. O.; LIMONT, M.; DZIEDZIC, M.; FERNANDES, V. Sustainability assessment methodology of urban mobility projects. **Land Use Policy**, v. 60, p. 334-342, 2017a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.11.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837716300886>. Acesso em: 06 mar. 2022.

CAVALCANTI, C. O.; LIMONT, M.; DZIEDZIC, M.; FERNANDES, V. Sustainability of urban mobility projects in the Curitiba metropolitan region. **Land Use Policy**, v. 60, p. 395-402, 2017b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.11.015>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837716300898>. Acesso em: 12 abr. 2022.

CASBEE - COMPREHENSIVE ASSESSMENT SYSTEM FOR BUILT ENVIRONMENT EFFICIENCY. **CASBEE brochures have been updated**. Disponível em: <https://www.ibecs.or.jp/CASBEE/english/>. Acesso em: 07 fev. 2024.

CHOMITZ, K. M. At Loggerheads? Agricultural Expansion, Poverty Reduction, and Environment in the Tropical Forests. **World Bank Policy Research Report**. 2007.

COHEN M. A systematic review of urban sustainability assessment literature. **Sustainability**, v. 9, n. 11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9112048>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/11/2048>. Acesso em: 15 fev. 2024.

COLBORN, T.; DUMANOSKI, D.; MYERS, J. P. **O futuro roubado**. 1ª ed. Porto Alegre: LP&M, 2002.

COLEMAN, J. **Foundations of Social Theory**. Harvard University Press. 1990.

COMOLLI, P. Sustainability and growth when manufactured capital and natural capital are not substitutable, **Ecological Economics**. v. 60, p. 157-167, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.11.018>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800905005288>. Acesso em: 3 abr. 2022.

CONKE, L. S.; FERREIRA, T. L. Urban metabolism: Measuring the city's contribution to sustainable development. **Environmental Pollution**, v. 202, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.03.027>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com.ez48.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0269749115001499?via%3Dihub>. Acesso em: 12 dez. 2023.

COSTANZA, R.; DALY, H. E. **Natural capital and sustainable development**. Conservation biology, 6.1, 1992.

COSTANZA, R., *et al.* **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. Nature 387.6630, 1997.

COSTANZA, R. *et al.* **The value of New Jersey's ecosystem services and natural capital**. Gund Institute for Ecological Economics, University of Vermont and New Jersey Department of Environmental Protection, Trenton, New Jersey 13, 2006.

COUTINHO, S. M. V.; MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR., A. Indicadores de sustentabilidade: uma abordagem prática *In*: Malheiros, T. F.; Philippi Jr., A. **Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2012.

CRISTIANO, S.; ZUCARO, A.; LIU, G; ULGIAT, S.; GONELLA, F. On the Systemic Features of Urban Systems. A Look at Material Flows and Cultural Dimensions to Address Post-Growth Resilience and Sustainability. **Frontiers in Sustainable Cities**, v. 2, 2020. DOI=10.3389/frsc.2020.00012. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsc.2020.00012/full>. Acesso em: 15 jan. 2022.

DAVIDSON, K. M. 2010. Reporting systems for sustainability: what are they measuring? **Social Indicators Research**, v. 100, p. 351–365, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11205-010-9634-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11205-010-9634-3>. Acesso em: 20 jan. 2022.

DAVIDSON, K. M., KELLETT, J., WILSON, L., PULLEN, S. Assessing urban sustainability from a social democratic perspective: a thematic approach. **Local Environment**, v. 17, n. 1, p. 57–73, 2012. <https://doi.org/10.1080/13549839.2011.631990>. Disponível em: <https://www.tandfonline.ez48.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1080/13549839.2011.631990>. Acesso em: 20 jan. 2022.

DAVIDSON-HUNT, I. J.; BERKES, F. Nature and society through the lens of resilience: toward a human-in-ecosystem perspective. *In*: BERKES, F.; COLDING, J.; FOLKE, C. (Eds.). **Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

DATASUS – DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO E INFORMÁTICA DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE (SUS). **Índice de Gini da renda domiciliar per capita segundo Município - Período: 1991, 2000 e 2010**. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/ibge/censo/cnv/ginibr.def>. Acesso em: 19 set. 2023.

DE OLIVEIRA, M. A trajetória do discurso ambiental em Curitiba (1960-2000). **Revista de Sociologia e Política**, n. 16, p. 97-106, 2001. DOI: <https://doi.org/10.5380/rsp.v16i0.3587>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rsp/article/view/3587>. Acesso em: 12 ago. 2021.

DEMATTEO, D; FESTINGER, D.; MARCZYK, G. **Essentials of research design and methodology**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2005.

DGBN - DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR NACHHALTIGES BAUEN. **Urban Districts**. Disponível em: <https://www.dgnb.de/en/certification/important-facts-about-dgnb-certification/certification-schemes/urban-districts>. Acesso em: 05 fev. 2024.

DÍAZ-ALBERTINI, J. Capital social, organizaciones de base y el Estado: recuperando los eslabones perdidos de la sociabilidad. *In*: ARRIAGADA, I.; ATRIA, R.; ROBINSON, L. J.;

SILES, M.; WHITEFORD, S. (eds.), **Capital social y reducción de la pobreza en América Latina y el Caribe: en busca de un nuevo paradigma**. Chile: Naciones Unidas. 2003.

DONAIRES, O. S.; CEZARINO, L. O.; CALDANA, A. C. F.; LIBONI, L. Sustainable development goals – an analysis of outcomes. **Kybernetes**, v. 48, n. 1, p. 183-207, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/K-10-2017-0401>. Disponível em: <https://www-emerald.ez48.periodicos.capes.gov.br/insight/content/doi/10.1108/K-10-2017-401/full/html>. Acesso em: 05 jan. 2024.

ESCOBAR, H. **IPCC: se nada for feito, colapso climático é iminente**. Jornal Da Universidade de São Paulo. 2021. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/ipcc-se-nada-for-feito-colapso-climatico-e-iminente/>. Acesso em: 10 out. 2023.

ESPEY, J; PARNELL, S; REVI, A. The transformative potential of a Global Urban Agenda and its lessons in a time of crisis. **NPJ Urban Sustain**, v. 3, n.15, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s42949-023-00087-z>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s42949-023-00087-z>. Acesso em: 01 fev. 2024.

FELEKI, E.; VLACHOKOSTAS, C., MOUSSIOPOULOS, N. Characterisation of sustainability in urban areas: An analysis of assessment tools with emphasis on European cities, **Sustainable Cities and Society**, v. 43, p. 563-577, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.08.025>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670718305560>. Acesso em: 09 jan. 2021.

FERNANDES, V. Relatório técnico/científico referente projeto: A territorialização da ciência como fator de desenvolvimento territorial sustentável: relações interdisciplinares. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. 2016.

FERNANDES, V.; PHILIPPI JR, A. Sustainability Sciences: Political and Epistemological Approaches. In: Robert Frodeman (ed.), **The Oxford Handbook of Interdisciplinarity**, 2 ed., Oxford Handbooks. 2017.

FERNANDES, V *et al.* History and Evolution of the Environmental Management System in Brazil. **Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña (HALAC)**, v. 11, p. 275-310, 2021. DOI: <https://doi.org/10.32991/2237-2717.2021v11i2.p275-310.v>. Disponível em: <https://www.halacsolcha.org/index.php/halac/article/view/525>. Acesso em: 15 mar. 2022.

FLORIDA, R. **Cities and the Creative Class**. New York: Routledge, 2005.

FRANCO, S. Sustainable development in cities: a review of frameworks and indexes. **TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment**, v. 14, n. 3, p. 515-519, 2021. DOI: <https://doi.org/10.6093/1970-9870/8312> 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.6093/1970-9870/8312>. Acesso em: 03 abr. 2024.

FUKUYAMA, F. Capital social y desarrollo: la agenda venidera. In: ATRIA, R.; SILES, M. (comp.). **Capital social y reducción de la pobreza: en busca de un nuevo paradigma**. CEPAL, 2003.

FURTADO, C. **O Mito do Desenvolvimento Econômico**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974.

GAERTNER, E. W. **Mapeamento da Produção Científica sobre a Região Metropolitana de Curitiba e o seu Alinhamento com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. 2020. 220 f. Tese. (Doutorado em Tecnologia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

GAERTNER, E. W.; KUSTER DE OLIVEIRA, R.; LIMONT, M.; FERNANDES, V. Alinhamento de Pesquisas Científicas com os ODS da Agenda 2030: um Recorte Territorial. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 10, p. 26-45, 2021. DOI: [10.21664/2238-8869.2021v10i2.p5568](https://doi.org/10.21664/2238-8869.2021v10i2.p5568). Disponível em: <https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/5568>. Acesso em: 18 jun. 2022.

GAVALDÀ, O; GIBBS, C; EICKER, U. A Review of Current Evaluation Urban Sustainability Indicator Frameworks and a Proposal for Improvement. **Sustainability**, v. 15, n. 21, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su152115425>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/21/15425>. Acesso em: 09 jan. 2024.

GEHL, J. **Cidades para pessoas**. São Paulo: Perspectiva, 2013.

GIBSON, R. B. **Sustainability Assessment: Criteria and Processes**. London: Routledge, 2005.

GIBSON, R. B. Beyond the pillars: sustainability assessment as a framework for effective integration of social, economic and ecological considerations in significant decision-making. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, v. 08, n. 3, p. 259-280, 2006a. DOI: <https://doi.org/10.1142/S1464333206002517>. Disponível em: <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S1464333206002517>. Acesso em: 22 fev. 2024.

GIBSON, R. B. Sustainability assessment: basic components of a practical approach. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 24, n. 3, p. 170–182, 2006b. DOI: <https://doi.org/10.3152/147154606781765147>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3152/147154606781765147>. Acesso em: 14 abr. 2024.

GIBSON R. B. Why sustainability assessment? *In*: BOND, A.; MORRISON-SAUNDERS, A.; HOWITT, R. **Sustainability Assessment: Pluralism, Practice and Progress**. 1ª. ed. Oxford: Routledge, 2013.

GIBSON, R. B. (ed.). **Sustainability Assessment: Applications and Opportunities**. Abingdon: Routledge, 2017.

GODOY, A. M. G. **Ecodesenvolvimento – Evolução Histórica**. 2007. Disponível em: <http://amaliagodoy.blogspot.com/>. Acesso em janeiro de 2019.

GOMES, P. R.; MALHEIROS, T. F.; FERNANDES, V.; SOBRAL, M. C. M. Environmental indicators in the sustainability discussion: a strategic analysis proposal for the sugarcane ethanol context. **Environmental Technology**, v. 37, p. 16-37, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/09593330.2015.1059490>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09593330.2015.1059490>. Acesso em: 22 mai. 2022.

GOMES, P. R.; FERNANDES, V.; MALHEIROS, T. F. Systems Analysis Framework for Selecting Sustainability Assessment Models. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 7, n. 3, p. 177-213, 2018. DOI: 10.21664/2238-8869.2018v7i3.p177-213. Disponível em: <https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/3000>. Acesso em: 25 out. 2022.

GOODWIN K.; WIEDMANN T.; CHEN G.; TEH S.H. Benchmarking urban performance against absolute measures of sustainability – A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 314, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621022381>. Acesso em: 30 mar. 2024.

GBCA - GREEN BUILDING COUNCIL OF AUSTRALIA. **Communities**. Disponível em: <https://new.gbca.org.au/green-star/rating-system/communities/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

GUTIERREZ, R. L.; FERNANDES, V.; RAUEN, W. B. Princípios protetor-recebedor e poluidor-pagador como instrumentos de incentivo à redução do consumo de água residencial no município de Curitiba (PR). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, p. 899-909, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017151387>. Disponível em: <https://pesquisa.bvsa.lud.org/portal/resource/pt/biblio-891591>. Acesso em: 15 jun. 2022.

HAMMOND, A. *et al.* **Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. Washington, D.C.: World Resources Institut, 1995.

HARDIN, G. **Tragedy of Commons**. Science, n.162, p.1243-48, 1968.

HERNÁNDEZ J. R. E.; MOGHADAM S. T.; SHARIFI A.; LOMBARDI P. Cities in the times of COVID-19: Trends, impacts, and challenges for urban sustainability and resilience. **Journal of Cleaner Production**, v. 432, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139735>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623038933>. Acesso em: 02 jul. 2024.

HIREMATH, R. B.; BALACHANDRA, P.; KUMAR, B.; BANSODE, S. S.; MURALI, J. Indicator-based urban sustainability - A review. **Energy for Sustainable Development**, v. 17, n. 6, p. 555-563, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2013.08.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082613000707>. Acesso em: 12 dez. 2022.

HOLLING, C. S.; SANDERSON, S. Dynamics of (dis)harmony in ecological and social systems. In: HANN, S. *et al.* (Eds.). **Rights to nature**. Washington, D.C.: Island Press, 1996.

HUANG, L.; WU, J.; YAN, L. Defining and measuring urban sustainability: a review of indicators. **Landscape Ecology**, v. 30, p. 1175–1193, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0208-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-015-0208-2>. Acesso em: 12 ago. 2022.

HUANG, S.; WONG, J.; CHEN, T. A framework of indicator system for measuring Taipei's urban sustainability. **Landscape and Urban Planning**, v. 42, n. 1, p. 15-27, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(98\)00054-1](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(98)00054-1). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204698000541>. Acesso em: 15 set. 2022.

HUOVILA A.; BOSCH P.; AIRAKSINEN M. Comparative analysis of standardized indicators for Smart sustainable cities: What indicators and standards to use and when? **Cities**, v. 89, p. 141-153, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.029>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275118309120>. Acesso em: 02 mar. 2024.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; FJP – Fundação João Pinheiro; PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/ranking>. Acesso em: 15 ago. 2023.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 37120:2018**. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/68498.html>. Acesso em: 05 fev. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Arranjos populacionais e concentrações urbanas no Brasil**. Coordenação de Geografia. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>. Acesso em: 25 out. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema Cidades@**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 mar. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama Censo 2022**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 14 jul. 2024.

ICS - INSTITUTO CIDADES SUSTENTÁVEIS. **IDSC – BR: índice de desenvolvimento sustentável das cidades – Brasil**. Disponível em: <https://idsc.cidadessustentaveis.org.br/>. Acesso em: 08 fev. 2024.

IPARDES - INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Cadernos Municipais**. Disponível em: <https://www.ipardes.pr.gov.br/Pagina/Cadernos-municipais>. Acesso em: 18 mar. 2023.

IPS – ÍNDICE DE PROGRESSO SOCIAL. **Índice de Progresso Social**. Disponível em: <https://ipsbrasil.org.br/explore/scorecard/PR/4106902>. Acesso em: 10 nov. 2024.

JANSSON, A. M., M. HAMMER, *et al.* **Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach to Sustainability**, Chicago: Island Press, 1994.

JAVANMARDI E.; LIU S.; XIE N. Exploring grey systems theory-based methods and applications in sustainability studies: A systematic review approach. **Sustainability**, v. 12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12114437>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/11/4437>. Acesso em: 03 fev. 2024.

JOSS, S. *et al.* 2015. **Tomorrow's City Today: Prospects for Standardising Sustainable Urban Development**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/278828319_Tomorrow's_City_Today_Prospects_for_Standardising_Sustainable_Urban_Development. Acesso em: 03 mar. 2022.

JOSS, S.; RYDIN, Y. Prospects for standardising sustainable urban development. *In*: BELL, S.; MORSE, S. **Routledge Handbook of Sustainability Indicators**. 1ª. ed. New York: Routledge, 2018.

KARVONEN, M-M. Natural versus manufactured capital: win–lose or win–win? A case study of the Finnish pulp and paper industry. **Ecological Economics**, v. 37, p. 71-85, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(00\)00265-2](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00265-2). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800900002652>. Acesso em: 12 set. 2022.

KAULING, M. F.; FERNANDES, V.; LIMONT, M.; DZIEDZIC, M. Evaluating sustainable territorial development with built capital indicators. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 1, p. 128-148, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820180437>. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/34. Acesso em: 21 mai. 2022.

KAULING, M. F. **Método de avaliação de desenvolvimento territorial sustentável em regiões metropolitanas**. 2020. 259 f. Tese. (Doutorado em Gestão Ambiental), Universidade Positivo, Curitiba, 2020.

KAUR, H; GARG, P. Urban Sustainability Assessment Tool for Hillside Planning, Design, and Development. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 149, n. 2, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1061/JUPDDM.UPENG-3590> Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/JUPDDM.UPENG-3590>. Acesso em: 05 fev. 2024.

KNIESS, C. T. *et al.* 50 anos de Estocolmo 72 e 30 Anos da Rio 92: Reflexões sobre o Brasil Contemporânea e os Desafios para um Futuro Sustentável. **História Ambiental Latinoamericana y Caribeña (HALAC)**, v. 12, n. 3, p. 406-437, 2022. DOI: <https://doi.org/10.32991/2237-2717.2022v12i3.p406-437>. Disponível em: <https://www.halacsolcha.org/index.php/halac/article/view/727>. Acesso em: 03 jul. 2023.

KÜHNER, T.; PINTO, C. V. S.; AMORIM, C. N. D. International urban agendas and sustainable integrated urban development in developing countries. **Cidades [Online]**, sp21, 2021. Disponível em: <http://journals.openedition.org/cidades/3475>. Acesso em: 15 mai. 2023.

LOM, M.; PRIBYL, O. Smart city model based on systems theory. **International Journal of Information Management**, v. 56, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102092>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268401219301811>. Acesso em: 13 fev. 2022.

- LOUETTE, A. (org). **Gestão do Conhecimento**: compêndio para a sustentabilidade: ferramentas de gestão de responsabilidade socioambiental. 1ª. ed. São Paulo: Antakarana Cultura Arte e Ciência, 2007.
- LOVELOCK, J. **A vingança de gaia**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2006.
- MACEDO, J. Planning a Sustainable City: The Making of Curitiba, Brazil. **Journal of Planning History**, v. 12, n. 4, p. 334-353, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1177/1538513213482093>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1538513213482093?journalCode=jpha>. Acesso em: 19 set. 2020.
- MAPBIOMAS. **Projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo do Brasil**. Disponível em: <http://mapbiomas.org/>. Acesso em: 14 jul. 2024.
- MARVUGLIA A.; HAVINGA L.; HEIDRICH O.; FONSECA J.; GAITANI N.; RECKIEN D. Advances and challenges in assessing urban sustainability: an advanced bibliometric review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 124, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109788>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120300848>). Acesso em: 05 jan. 2024.
- MAX-NEEF, M. *et al.* **Desarrollo a escala humana**: conceptos, aplicaciones y reflexiones. Montevideo: Nordan Comunidad, REDES. 1993.
- MEADOWS, D. **Envisioning a Sustainable World**. 1994. Disponível em: <https://donellameadows.org/archives/envisioning-a-sustainable-world/>. Acesso em: 25 set. 2020.
- MEADOWS, D. **Indicators and information systems for sustainable development. Hartland**: Sustainability Institute, 1998. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/106023/mod_resource/%0Bcontent/2/texto_6.pdf. Acesso em: 30 set. 2020.
- MEADOWS, D. **Leverage Points: Places to Intervene in a System**. 1999. Disponível em: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ztkvERmKuVIOsd-DfmKCIBYffEL0WyC0oi12GGenHgQ/edit?gid=0#gid=0>. Acesso em: 10 out. 2022.
- MEADOWS, D. **Thinking in systems: a primer**. London: Earthscan, 2009.
- MECCA B.; GABALLO M.; TODELLA E. Measuring and evaluating urban sustainability. **Valori e Valutazioni**, n. 32, p. 17, 2023. DOI: 10.48264/vvsiev-20233203. Disponível em: https://siev.org/wp-content/uploads/2023/05/03_MECCA-ET-AL.pdf. Acesso em: 20 mar. 2024.
- MERINO-SAUM, A.; HALLA, P.; SUPERTI, V.; BOESCH, A.; BINDER, C. R. Indicators for urban sustainability: Key lessons from a systematic analysis of 67 measurement initiatives **Ecological Indicators**, v. 119, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106879>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X20308177>. Acesso em: 08 jan. 2021.
- MICHALINA D.; MEDERLY P.; DIEFENBACHER H.; HELD B. Sustainable urban development: A review of urban sustainability indicator frameworks. **Sustainability**, v. 13, n. 16, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13169348>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/16/9348>. Acesso em: 15 jan. 2024.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Acordo de Paris**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>. Acesso em: 25 nov. 2019.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Agenda 21 Global**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html>. Acesso em: 15 jul. 2023.

MORI K.; CHRISTODOULOU A. Review of sustainability indices and indicators: Towards a new City Sustainability Index (CSI). **Environmental Impact Assessment Review**, v. 32, n. 1, p. 94-106, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.06.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925511000758>. Acesso em 03 mar. 2024.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

MOUSINHO, P. O. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: modelos internacionais e especificidades do Brasil**. Rio de Janeiro: UFRJ-ECO / CNPq-IBICT, 2001.

MUTISYA E.; YARIME M. Moving towards urban sustainability in Kenya: A framework for integration of environmental, economic, social and governance dimensions. **Sustainability Science**, v. 9, p. 205–215, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-013-0223-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-013-0223-7>. Acesso em: 21 fev. 2024.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Astronomy Picture of the Day**. Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap001127.html>. Acesso em: 16 nov. 2019.

NEUHOFF R.; SIMEONE L.; LAURSEN L.H. Forms of participatory futuring for urban sustainability: A systematic review. **Futures**, v. 154, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2023.103268>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016328723001726>. Acesso em 02. fev. 2024.

O'CONNOR, M. **Natural capital**. Environmental valuation in Europe. Policy Research Brief Number 3. Cambridge Research for the Environment, 2000.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis: Vozes, 2007.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. 1987. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2023.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Report of the United Nations Conference on Environment and Development**. 1992. Disponível em: <https://www.un.org/esa/dsd/agenda21/Agenda%2021.pdf>. Acesso 20 de jan. de 2022.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **State of the World's Cities 2010/2011-Cities for All: Bridging the Urban Divide**. 2010. Disponível em: <https://unhabitat.org/state-of-the-worlds-cities-20102011-cities-for-all-bridging-the-urban-divide>. Acesso em: 15 set. 2020.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **A ONU e o meio ambiente**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>. Acesso em: 17 nov. 2019a.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Plataforma de Conhecimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/rio20>. Acesso em: 17 nov. 2019b.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Nova agenda urbana**. Secretariado da Habitat III, 2019c.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Perspectivas de urbanização mundial: a revisão de 2018**. Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais, Divisão de População: Nova York, NY, EUA, 2019d.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **The 17 goals**. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>. Acesso em: 12 jan. 2021.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **SDG Cities Global Initiative**. Disponível em: <https://www.sdg-cities.org/about-us>. Acesso em: 02 fev. 2024.

OUR WORLD IN DATA. **Urbanization**. Disponível em: <https://ourworldindata.org/urbanization>. Acesso em: 15 nov. 2023.

OUR WORLD IN DATA. **Population 1950 – 2100**. Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/population-with-un-projections>. Acesso em: 15 out. 2024.

PALLATHADKA A.; CHANG H.; AJIBADE I. Urban sustainability implementation and indicators in the United States: A systematic review. **City and Environment Interactions**, v. 19, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2023.100108>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590252023000107>. Acesso em: 12 abr. 2024.

PARKIN, S; SOMMER, F.; UREN, S. Sustainable development: understanding the concept and practical challenge. In: **Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability**. v. 156, n. 1, p. 19-26, Thomas Telford Ltd, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1680/ensu.2003.156.1.19>. Disponível em: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/ensu.2003.156.1.19>. Acesso em: 15 ago, 2022.

PHILIPPI JR., A.; SOBRAL, M. C.; FERNANDES, V.; SAMPAIO, C. A. C. Desenvolvimento sustentável, interdisciplinaridade e Ciências Ambientais. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 10, n. 21, p. 509 - 533, 2013. DOI: 10.21713/2358-2332.2013.v10.423. Disponível em: <https://rbpg.capes.gov.br/rbpg/article/view/423>. Acesso em: 15 mai. 2021.

PINTÉR, L.; HARDI, P; MARTINUZZI, A; HALL, J. Bellagio STAMP: principles for sustainability assessment and measurement. In: BELL, S.; MORSE, S. **Routledge Handbook of Sustainability Indicators**. 1. ed. New York: Routledge, 2018.

POLANYI, K. **A Subsistência do Homem**: ensaios e correlatos. Rio de Janeiro: Contra Ponto, 2012.

PURVIS B.; MAO Y.; ROBINSON D. A multi-scale integrated assessment model to support urban Sustainability. **Sustainability Science**, v. 17, p. 151–169, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-021-01080-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-021-01080-0#citeas>. Acesso em: 07. abr. 2023.

PUTMAN, R. D.; LEONARDI, R.; NANETTI, R. Y. **Making Democracy Work**: Civic Traditions in Modern Italy, Princeton University Press, Princeton. 1993.

QUIROGA, R. M. **Indicadores de Sostenibilidad Ambiental y de Desarrollo Sostenible**: Estado del Arte y Perspectivas. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Serie Manuales, CEPAL, Organização das Nações Unidas, Chile. 2001.

RAWORTH, K. **A safe and just space for humanity. Can We Live Within the Doughnut? Oxfam Discussion Papers**. 2012. Disponível em: https://www-cdn.oxfam.org/s3fs-public/file_attachments/dp-a-safe-and-just-space-for-humanity-130212-en_5.pdf. Acesso em: 15 jun. 2020.

RICHARDSON, K. *et al.* Earth beyond six of nine planetary boundaries. **Science Advances**, v. 9, n. 37, 2023. DOI: 10.1126/sciadv.adh2458. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adh2458>. Acesso em: 15 mar. 2024.

ROCKSTRÖM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K. *et al.* A safe operating space for humanity. **Nature**, v. 461, p. 472–475, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1038/461472a>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/461472a#citeas>. Acesso em: 16 set. 2021.

ROMANO, R. G. *et al.* Impacto das Ciências Ambientais na Agenda 2030 da ONU: desafios e avanços a partir da experiência da formação de clusters temáticos. **Revista Brasileira De**

Ciências Ambientais, v.58, n. 1, p. 157–169, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947816072023>. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBciAMB/article/view/1607. Acesso em: 12 out. 2024.

RUAN, F. L.; YAN, L. Challenges facing indicators to become a universal language for sustainable urban development. **Sustainable Development**, v. 30, n. 1, p. 41-57, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/sd.2227>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/sd.2227>. Acesso em: 15 set. 2023.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SALA, S.; CIUFFO, B; NIJKAMP, P. A systemic framework for sustainability assessment. **Ecological Economics**, v. 119, p. 314-325, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.09.015>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800915003821>. Acesso em: 22 mai. 2024.

SALLES, D. M.; GIORDANI, A. C.; BIAGI, A.; AFFONSO, I. P.; FERNANDES, V. Social movements and the 2030 Agenda: the correlation between the progressist agendas and the Sustainable Development Goals. **Revista Brasileira De Ciências Ambientais**, v. 59. 2024. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947812054>. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBciAMB/article/view/2054. Acesso em: 12 out. 2024.

SALLES, F. R. **Capital social e desenvolvimento territorial sustentável: o uso da rede social Colab na Região Metropolitana de Curitiba**. 2017. 125 f. Dissertação. (Mestrado em Tecnologia e Sociedade), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

SALLES, F. R.; FERNANDES, V.; LIMONT, M. Capital social e sustentabilidade: uma relação intrínseca. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 42, p. 398-411, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5380/dma.v42i0.52270>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322071554_Capital_social_e_sustentabilidade_uma_relacao_intrinseca. Acesso em: 15 jun. 2020.

SALLES, F. R.; LIMONT, M.; CORTESE, T. T. P.; FERNANDES, V. Capital social numa rede social: Curitiba, uma cidade para os carros. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 57, n. 4, p. 519–530, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947812802022>. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBciAMB/article/view/1280. Acesso em: 12 out. 2024.

SAMPAIO, R.C.; SABBATINI, M.; LIMONGI, R. **Diretrizes para o uso ético e responsável da Inteligência Artificial Generativa: um guia prático para pesquisadores**. São Paulo: Editora Intercom, 2024.

SANTOS, E. L.; FRANZ, N. M.; SIMÃO, A. G.; TERNOSKI, S.; SILVA, C. L.; SANTOS, G. D. Cidades inteligentes e sustentáveis: percepções sobre a cidade de Curitiba/PR a partir dos planos plurianuais de 2014 a 2021. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 14, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.014.e20210299>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/zsxyLR4Lqc3hH794JcTRjPr/?lang=pt>. Acesso em: 15 dez. 2022.

SCRIECIU S.S.; ZIMMERMANN N.; CHALABI Z.; DAVIES M. Linking complexity economics and systems thinking, with illustrative discussions of urban sustainability. **Cambridge Journal of Economics**, v. 45, n. 4, p. 695–722, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1093/cje/beab017>. Disponível em: <https://academic.oup.com/cje/article/45/4/695/6300006>. Acesso em: 18. Jan. 2024.

SENAI-PR – SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Pegada Ecológica Curitiba**. Disponível em: https://www.footprintnetwork.org/images/uploads/Curitiba_report_PT.pdf?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 16 set. 2021.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Cadastro ambiental rural**. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/o-que-e-o-car>. Acesso em: 15 nov. 2019.

SHARIFI, A. Urban sustainability assessment: An overview and bibliometric analysis. **Ecological Indicators**, v. 121, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107102>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X20310414>. Acesso em: 12 fev. 2022.

SHEHABUDDEEN, N.; PROBERT, D.; PHAAL, R.; PLATTS, K. Representing and approaching complex management issues: Part 1-Role and definition. **Centre for Technology Management (CTM)**, n. 2000/03, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1923155>. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1923155. Acesso em: 30 mar. 2020.

SHEN L.; KYLLO J.M.; GUO X. An integrated model based on a hierarchical indices system for monitoring and evaluating urban sustainability. **Sustainability**, v. 5, n. 2, p. 524-559. DOI: <https://doi.org/10.3390/su5020524>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/5/2/524>. Acesso em: 17. jan. 2024.

SHEN, L.; OCHOA, J. J.; SHAH, M. N.; ZHANG, X. The application of urban sustainability indicators – A comparison between various practices. **Habitat International**, v. 35, n. 1, p. 17-29, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2010.03.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0197397510000263>. Acesso em: 09 jan. 2021.

SCHWANINGER, M. Organizing for sustainability: a cybernetic concept for sustainable renewal. **Kybernetes**, v. 44, n. 6/7, p. 935-954, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1108/K-01-2015-0008>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/k-01-2015-0008/full/html>. Acesso em: 05 jan. 2024.

SILVA, J. **Avaliação Integrada de Sustentabilidade Hídrica em Bacias Hidrográficas com Forte Pegada Urbana**. 2017. 255 f. Tese. (Doutorado em Gestão Ambiental), Universidade Positivo, Curitiba, 2017.

SILVA, J.; FERNANDES, V.; LIMONT, M.; DZIEDZIC, M.; ANDREOLI, C. V.; RAUEN, W. B. Water sustainability assessment from the perspective of sustainable development capitals: Conceptual model and index based on literature review. **Journal of Environmental Management**, v. 254, p. 109750-109751, 2020a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109750>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719314689>. Acesso em: 15 out. 2021.

SILVA, J.; FERNANDES, V.; LIMONT, M.; RAUEN, W. B. Sustainable development assessment from a capitals perspective: Analytical structure and indicator selection criteria. **Journal of Environmental Management**, v. 260, p. 110147, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110147>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720300840>. Acesso em: 12 nov. 2021.

SIMÃO, A. G. **Indústrias Químicas e o Meio Ambiente: Estudo das Percepções de Profissionais que atuam em Indústrias Químicas Instaladas em um Município Paranaense**. 2008. 310 f. Dissertação (Mestrado em Organizações e Desenvolvimento), FAE Centro Universitário, Curitiba, 2008.

SIMÃO, A. G.; SALLES, D. M.; FERNANDES, V. Plataformas digitais de indicadores dos ODS: origem, abrangência, tratamento de dados e transparência. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 20, n. 59, 2024. DOI: [10.3895/rt.v20n59.17828](https://doi.org/10.3895/rt.v20n59.17828). Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rt/article/view/17828>. Acesso em: 03 mar. 2024.

SOTT, M. K. Cidades inteligentes: uma análise crítica da evolução e base teórica. **Humanidades & Inovação**, v. 10, n. 24, p. 220-233. 2023. Disponível em:

<https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/9190>. Acesso em: 01 out. 2024.

SOTTO, D. *et al.* Sustentabilidade urbana: dimensões conceituais e instrumentos legais de implementação. **Estudos Avançados**, v. 33, n. 97, p. 61–80, set. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2019.3397.004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/zxSGtbCVxzKVSfZnGs3DWct/?lang=pt>. Acesso em: 15 jul. 2021.

SPILIOTOPOULOU M.; ROSELAND M. Urban sustainability: From theory influences to practical agendas. **Sustainability**, v. 12, n. 18, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12187245> 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/18/7245>. Acesso em: 05. fev. 2024.

THE ECONOMIST. **Luzes brilhantes, grandes cidades: urbanização e ascensão da megacidade**. 2015. Disponível em: <https://www.economist.com/node/21642053>. Acesso em: 26 mar. 2023.

TORRACO, R. J. Writing Integrative Literature Reviews: Guidelines and Examples. **Human Resource Development Review**. v. 4, n. 3, p. 251-367, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1177/1534484305278283>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.1177/1534484305278283>. Acesso em: 15 fev. 2020.

USBGC - U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED for neighborhood development**. Disponível em: <https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/neighborhood-development>. Acesso em: 17 fev. 2024.

VERMA, P.; RAGHUBANSHI, A. S. Urban sustainability indicators: Challenges and opportunities. **Ecological Indicators**, v. 93, p. 282-291, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X18303418>. Acesso em: 06. set. 2021.

WHITEMORE, R.; KNAFL, K. The integrative review: updated methodology. **JAN Leading Global Nursing Research**. v. 52, n. 5, p. 546-53, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x>. Acesso em 05 mai. 2022.

WIEDMANN, T; ALLEN, C. City footprints and SDGs provide untapped potential for assessing city sustainability. **Nature Communications**, v. 12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23968-2>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-021-23968-2#citeas>. Acesso em: 17 mar. 2023.

WORSTER, D. **Shrinking the Earth: the rise and decline of american abundance**. New York, Oxford University Press, 2016.

WU, J. Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. **Landscape and Urban Planning**, v. 125, p. 209-221, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.018>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204614000322>. Acesso em: 19 mai. 2021.

YANG W. C.; LEE Y. M.; HU J. L. Urban sustainability assessment of Taiwan based on data envelopment analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 61, p. 341-353, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.015>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116300326> 2016. Acesso em: 08 fev. 2024.

ZANLORENSSI, G. E.; GOMES L. **A população rural e urbana no mundo, segundo a ONU**. 2020. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/grafico/2020/12/14/a-populacao-rural-e-urbana-no-mundo-segundo-a-onu>. Acesso em: 12 abr. 2023.

ZHANG, X. Sustainable urbanization: a bi-dimensional matrix model. **Journal of Cleaner Production**, v. 134, p. 425-433, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.036>.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615011269>. Acesso em: 15 set. 2020.

ZHANG, Y. Urban metabolism: A review of research methodologies. **Environmental Pollution**, v. 178, p. 463-473, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.052>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749113001851001851?via%3Dihub>. Acesso em: 17 nov. 2021.

ZHANG, Y; YANG, Z; YU, X. Urban metabolism: a review of current knowledge and directions for future study. **Environmental Science & Technology**, v. 49, n. 19, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03060>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.5b03060>. Acesso em: 15 nov. 2021.

ZIMEK, M.; BAUMGARTNER, R. J. Systemic sustainability assessment: Analyzing environmental and social impacts of actions on sustainable development. **Cleaner Production Letters**, v. 7, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2024.100064>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666791624000101>. Acesso em: 08 ago. 2024.

ZOU, X.; ZHAO, R. Shifting paradigm of urban sustainability: Major sustainable city development trends in the East Asian context. **Journal of International Development**, v. 35, n. 2, p. 296-311, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/jid.3688>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jid.3688>. Acesso em: 15 set. 2024.

**APÊNDICE A – FIGURAS DA PROPOSTA DE ESTRUTURA CONCEITUAL PARA
A AVALIAÇÃO INTEGRATIVA DE SUSTENTABILIDADE URBANA**

FIGURA 32 - PROPOSTA DE ESTRUTURA CONCEITUAL PARA A AVALIAÇÃO INTEGRATIVA DE SUSTENTABILIDADE URBANA

Estrutura Conceitual para a Avaliação Integrativa de Sustentabilidade Urbana

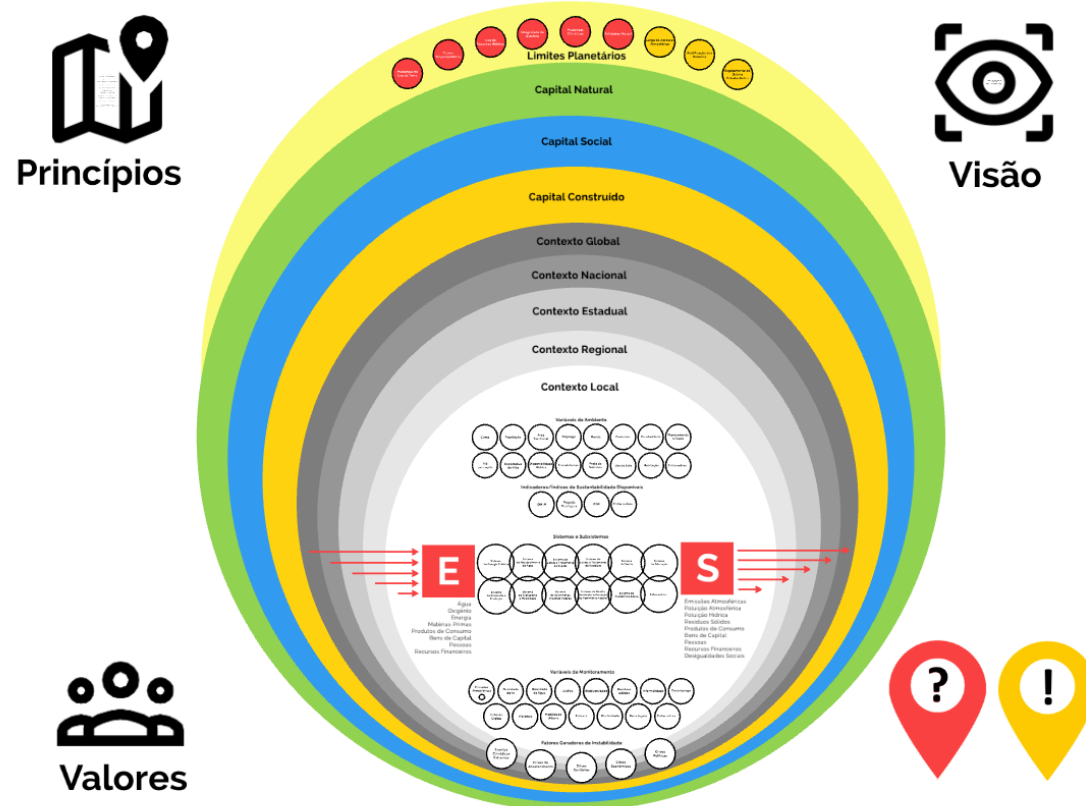


FIGURA 33 - INCORPORAÇÃO DA ABORDAGEM DOS CAPITAIS NATURAL, SOCIAL E CONSTRUÍDO

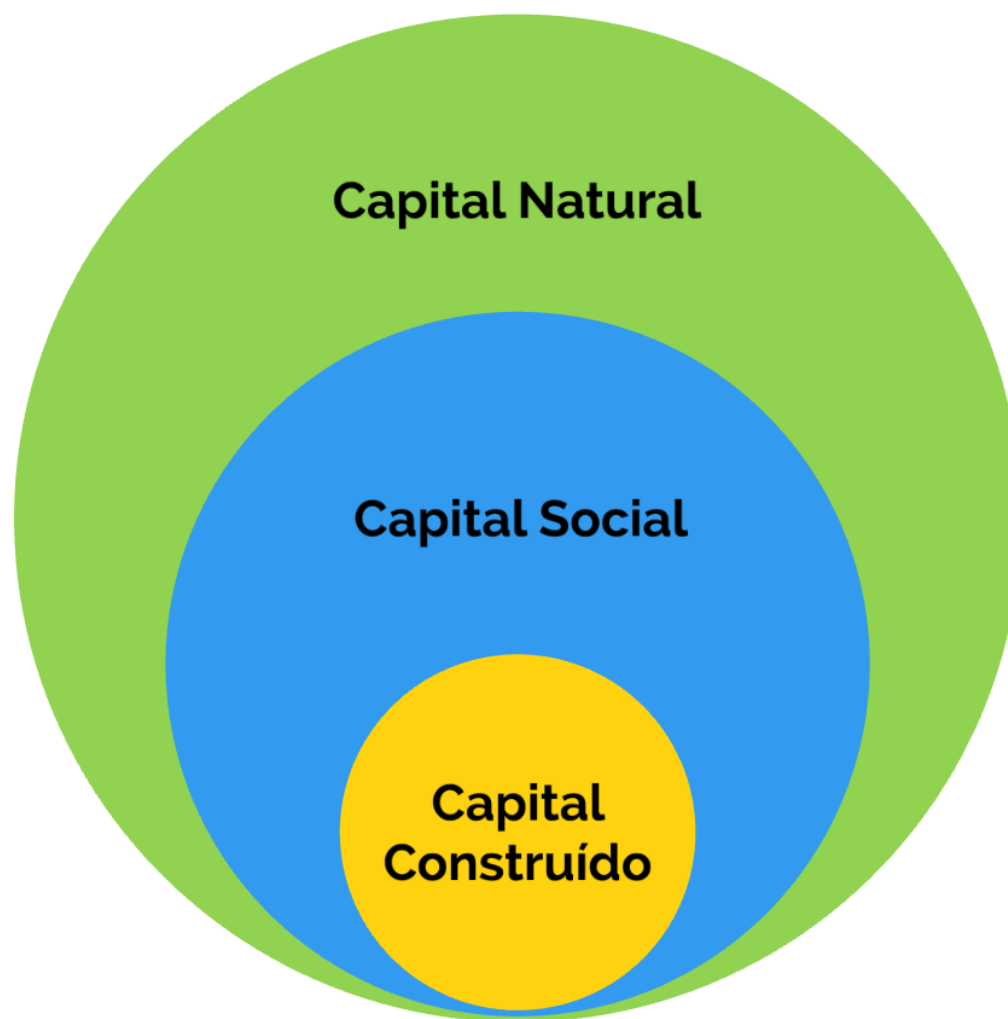


FIGURA 34 - INCORPORAÇÃO DA PROPOSTA DE VISÃO NA ESTRUTURA

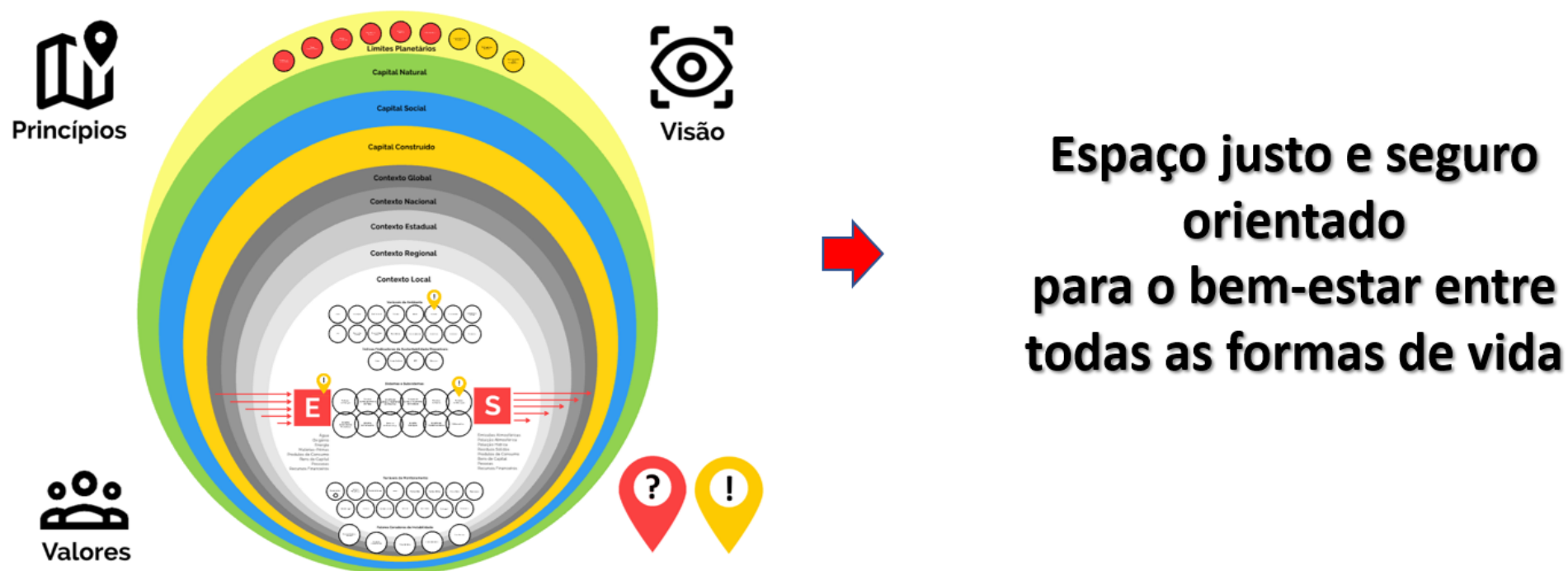


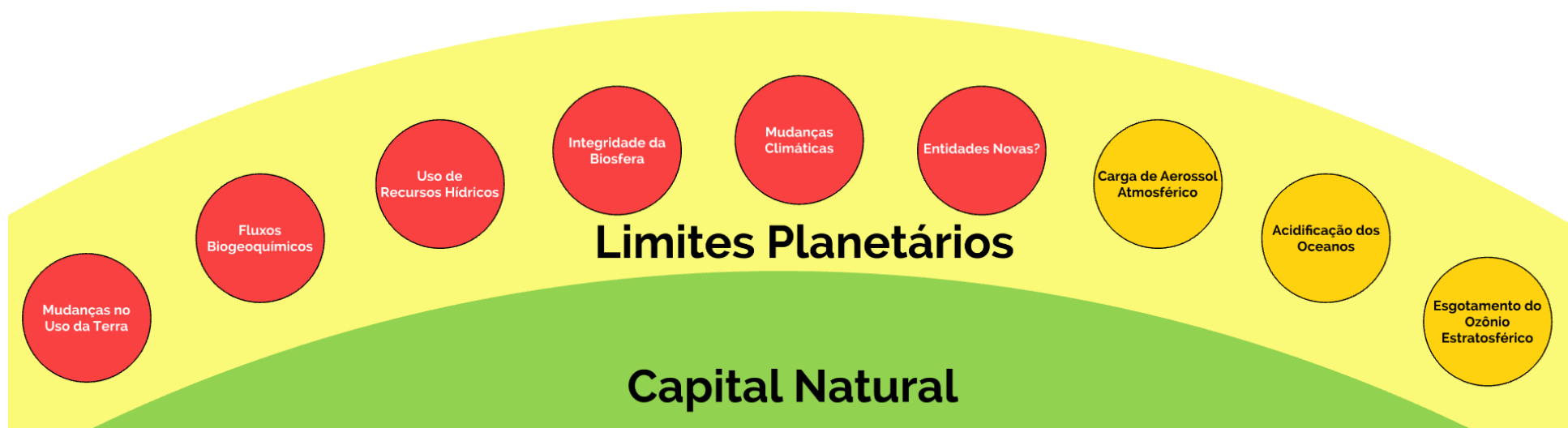
FIGURA 35 - INCORPORAÇÃO DOS LIMITES PLANETÁRIOS NA ESTRUTURA

FIGURA 36 - INCORPORAÇÃO DA ABORDAGEM MULTIESCALA



FIGURA 37 - VARIÁVEIS DE AMBIENTE

FIGURA 38 - INDICADORES/ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE DISPONÍVEIS

Indicadores/Índices de Sustentabilidade Disponíveis

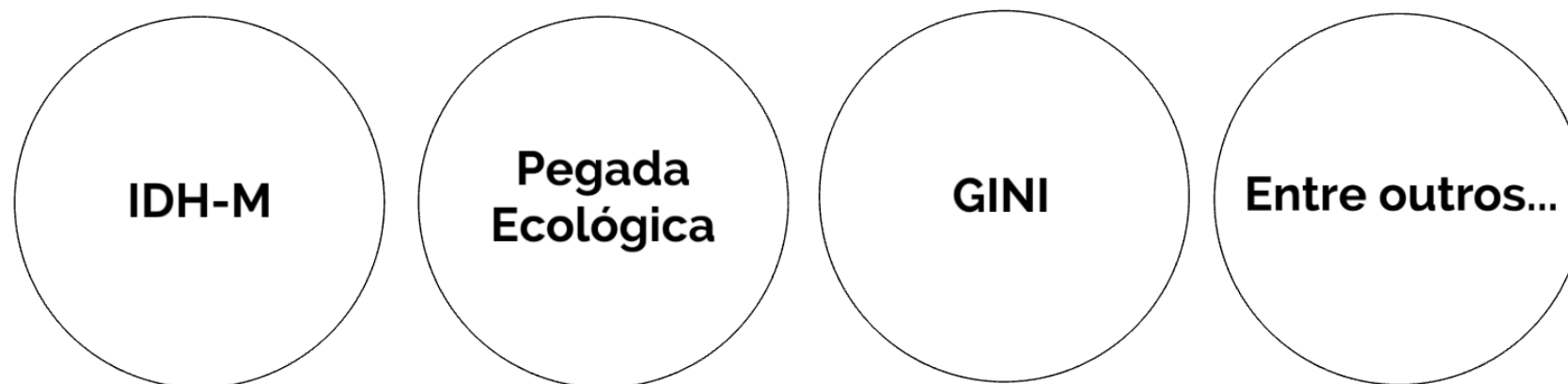


FIGURA 39 - INCORPORAÇÃO DA ABORDAGEM DE METABOLISMO URBANO

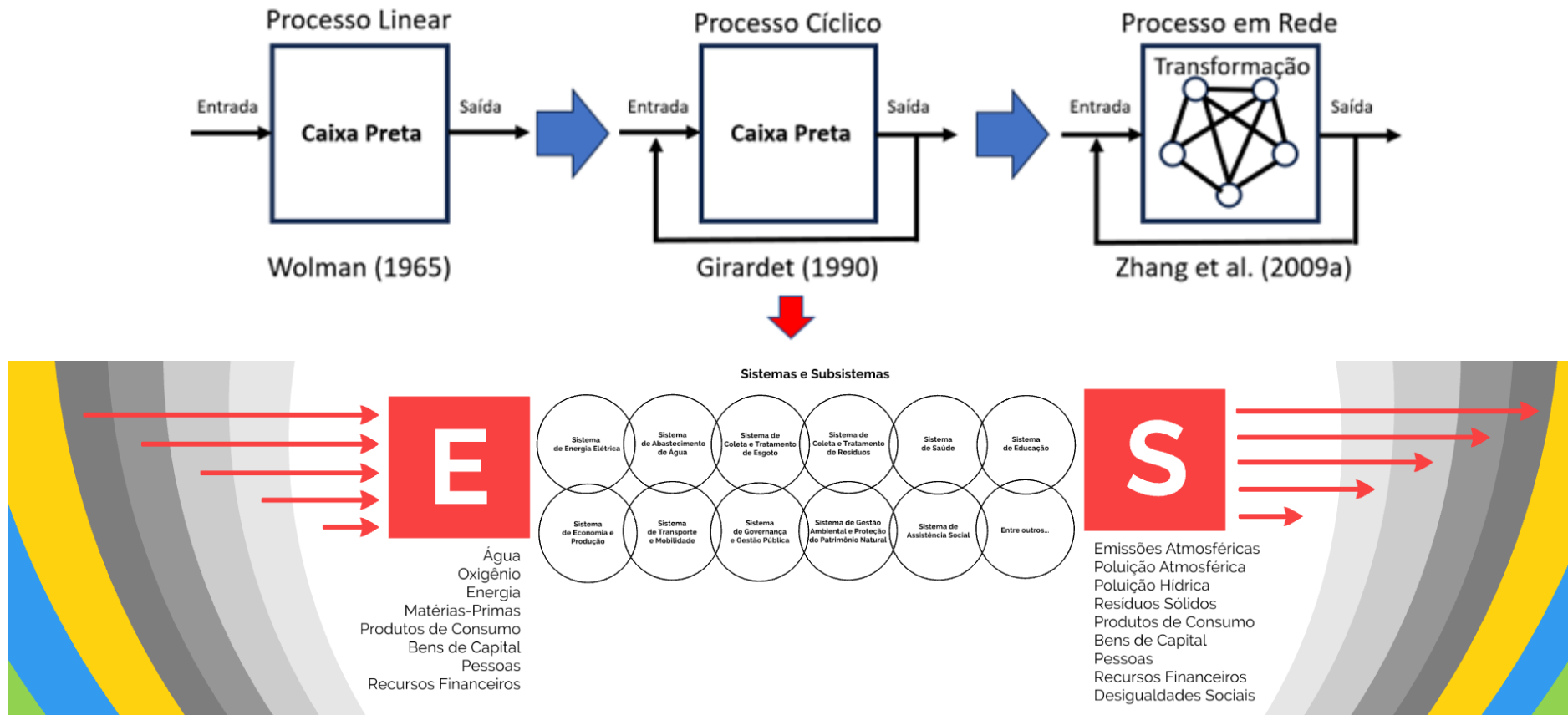


FIGURA 40 - INCORPORAÇÃO DA ABORDAGEM DE AMBIENTE, SISTEMA E SUBSISTEMAS

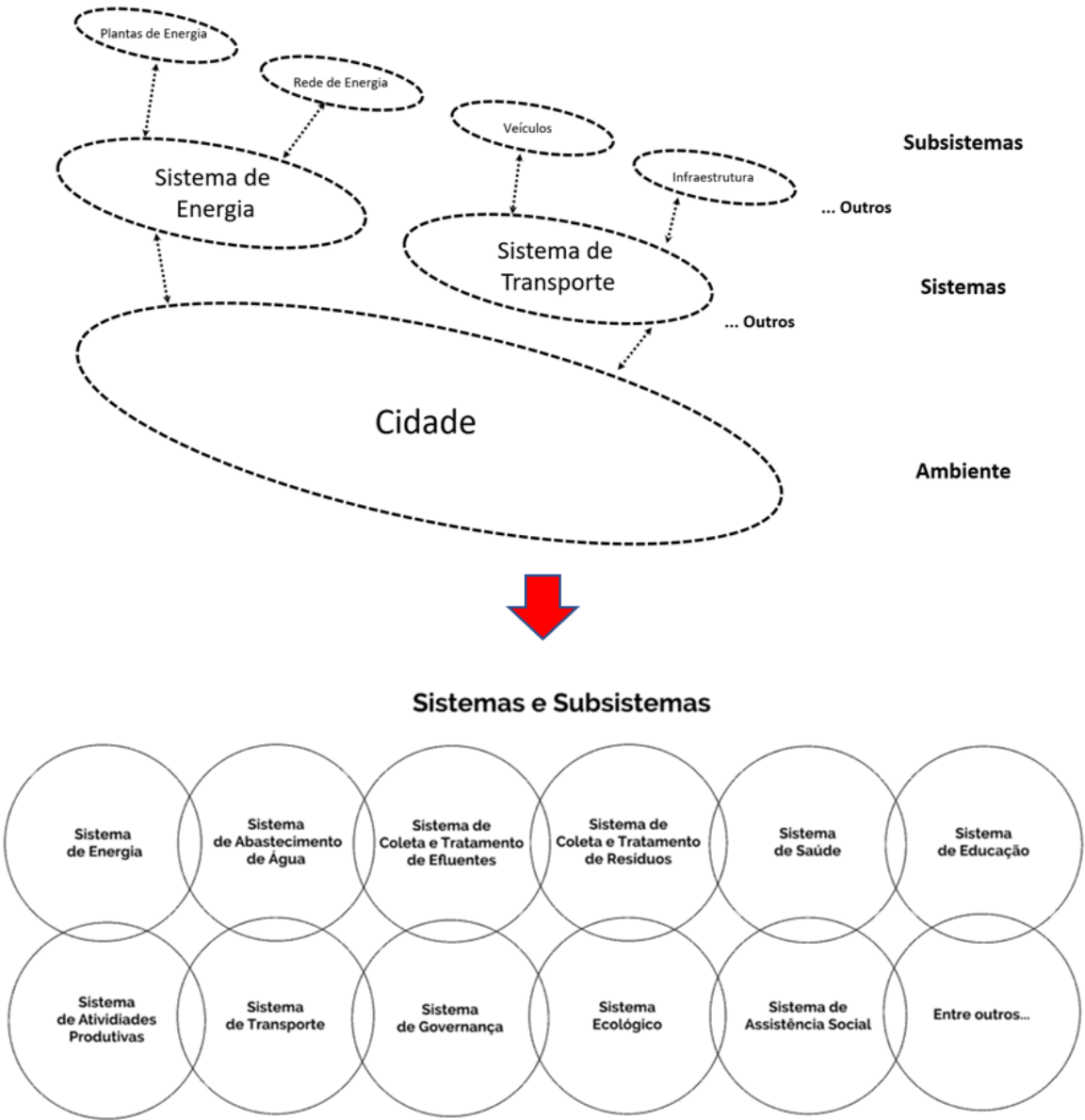


FIGURA 41 - QUESTÕES SOBRE SUSTENTABILIDADE E PONTOS DE ALAVANCAGEM

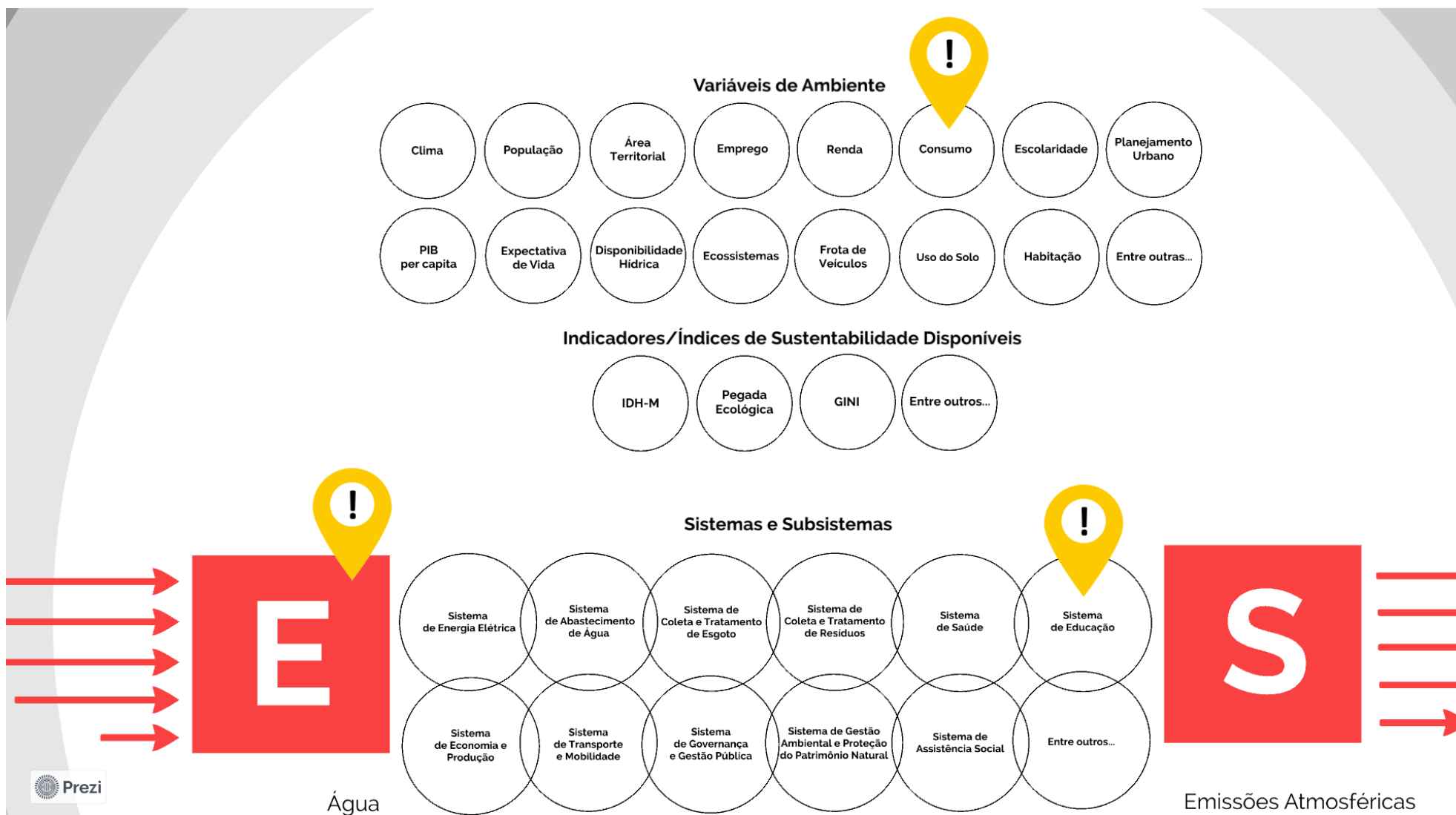


FIGURA 42 - VARIÁVEIS DE MONITORAMENTO E FATORES GERADORES DE INSTABILIDADE

FIGURA 43 - PROPOSTA DE LENTES OU VISÕES PARA SISTEMAS E SUBSISTEMAS

