

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Arquitetura**  
**Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio**  
**Sustentável**

João Vitor Souza Teixeira

**PROPOSTA DE INDICADORES PARA *SMART CITIES* SUSTENTÁVEIS**

Belo Horizonte

2022

João Vitor Souza Teixeira

**PROPOSTA DE INDICADORES PARA *SMART CITIES* SUSTENTÁVEIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável.

Orientadora: Profa. Dra. Renata Maria Abrantes Baracho Porto

Belo Horizonte

2022

## FICHA CATALOGRÁFICA

T266p

Teixeira, João Vitor Souza.

Proposta de indicadores para smart cities sustentáveis [recurso eletrônico] / João Vitor Souza Teixeira. - 2022.

1 recurso online (p. 78: il.).

Orientadora: Renata Maria Abrantes Baracho Porto

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Planejamento urbano - Teses. 2. Conforto humano - Teses. 3. Cidades e vilas - Inovações tecnológicas - Teses. I. Porto, Renata Maria Abrantes Baracho Porto. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. VI. Título.

CDD 711.4



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AMBIENTE CONSTRUÍDO E PATRIMÔNIO SUSTENTÁVEL

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**"Proposta de indicadores para Smart Cities Sustentáveis"**

**JOÃO VITOR SOUZA TEIXEIRA**

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia **vinte e quatro de maio de dois mil e vinte e dois**, pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

**Prof. Dr. Dagobert Soergel**

University at Buffalo (Estados Unidos)

**Me. Gustavo Henrique Penno Macena**

Federação das Industrias do Estado de Minas Gerais - FIEMG

**Prof. Dr. Max Cirino de Mattos**

Skema Business School

**Profa. Dra. Renata Maria Abrantes Baracho Porto** - Orientadora

PPG-ACPS/UFMG

Belo Horizonte, 24 de maio de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Dagobert Soergel, Usuário Externo**, em 10/06/2022, às 17:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Max Cirino de Mattos, Usuário Externo**, em 10/06/2022, às 23:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



**Usuário Externo**, em 23/11/2023, às 14:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renata Maria Abrantes Baracho Porto, Professora do Magistério Superior**, em 11/12/2023, às 15:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1513954** e o código CRC **9CCDFA9F**.

*Dedico este trabalho a todos os profissionais da área de  
Sustentabilidade que não se cansam de tentar provar  
para o mundo a importância deste tema.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me trazido até aqui, me capacitado e me dado forças para vencer cada barreira da minha jornada acadêmica e profissional.

Aos meus familiares por serem a razão de vencer as minhas lutas e o propósito para comemorar as minhas vitórias. Em especial minha mãe e minha irmã, com quem sempre debato minhas ideias.

Aos meus amigos que sempre me apoiam e acreditam em mim, por mais loucas que sejam as minhas ideias.

À academia, em especial à Universidade Federal de Minas Gerais e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela oportunidade de expandir meus conhecimentos e a minha mente e por todos os recursos fornecidos.

À minha orientadora Renata Baracho, por compartilhar seu vasto conhecimento do tema e pelos constantes desafios que me apresenta, sempre acreditando no meu potencial de vencê-los.

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana seja apenas outra alma humana”

Carl G. Jung

## RESUMO

A crescente busca de pessoas por moradia nas cidades tem trazido uma variedade de problemas em áreas como a saúde, segurança, meio ambiente, recursos e infraestrutura. Frente a estes problemas, as governanças das cidades têm utilizado ferramentas para se tornarem inteligentes, pautadas no conceito mundialmente adotado de “*Smart City*”. Diante da falta de métricas identificadas na literatura, para qualificar uma cidade como “smart” e o distanciamento das metodologias “*smart*” da qualidade de vida da população, o presente estudo analisa indicadores de “*Smart City*” e de sustentabilidade e propõe um modelo funcional de indicadores para uma cidade inteligente e sustentável, visando a melhoria da qualidade de vida de seus habitantes como principal fator. Para tanto, é utilizado o método de *Action Design Research* dividido em três etapas. A primeira é uma revisão sistematizada de literatura para definição de um conceito de *Smart City*. A segunda etapa consiste da realização de uma análise através do compilado de indicadores propostos por especialistas da área e órgãos, separando-os por temas e determinando a relevância dos mesmos a partir da frequência de incidência do tema nos modelos. Foi desenvolvido um modelo que propõe, para cada tema, indicadores de *Smart City*, sustentabilidade e qualidade de vida. Na terceira etapa foi realizada uma comparação entre os indicadores propostos e as iniciativas de trinta e cinco cidades inteligentes ao redor do mundo para buscar uma validação do modelo. A quarta e última etapa é descrita como uma proposta de evolução da pesquisa.

Palavras-chave: cidade inteligente; sustentabilidade; qualidade de vida urbana; indicadores; *Action Design Research*; *Smart City*.



## **ABSTRACT**

Due to increasing search for shelter in cities by the population, several problems arise in areas like health, safety, environment, resources and infrastructure. In light of these problems, cities' governments have been using tools to become smart, within the worldwide accepted concept of Smart City. The lack of metrics, identified in literature, to qualify a city as smart, as well as smart methodologies' distancing from population's quality of life, this study intends to analyze Smart City and sustainability indicators, in order to propose a functional indicators proposal for a smart sustainable city, in which improvement of citizens' life quality is the main factor. To do that, Action Design Research method was used, divided into three steps. The first was a systematic literature review to define a concept for Smart City. Second step was an analysis through the indicators proposals' gathered from specialists and organs, separating them by themes and determining their relevance through the frequency in which they appear in each model. The created proposal then, contains for each theme, indicators of Smart City, Sustainability and Quality of Life. In the third step, a comparison between the indicators and Smart City initiatives from thirty five cities around the world was performed to validate the model. The fourth and last step of the study is described as a proposal to evolve the research.

**Keywords:** smart city; sustainability; indicators; Action Design Research.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<a href="#"><u>Tabela 1 - Proposta de Indicadores GIFFINGER</u></a>	26
<a href="#"><u>Tabela 2 - Proposta de indicadores COHEN</u></a>	29
<a href="#"><u>Tabela 3 - Proposta de Indicadores ALEXOPOULOS</u></a>	33
<a href="#"><u>Tabela 4 - Proposta de Indicadores da ISO 37120:2017</u></a>	40
<a href="#"><u>Tabela 5 - Proposta de Indicadores de Qualidade de Vida</u></a>	49
<a href="#"><u>Tabela 6 - Prioridade dos temas</u></a>	52
<a href="#"><u>Tabela 7 - Análise de pontos positivos e negativos</u></a>	53
<a href="#"><u>Tabela 8 - Divisão do indicador <i>Smart City</i> Sustentável</u></a>	55
<a href="#"><u>Tabela 9 - Ocorrência de tema por proposta de indicador</u></a>	56
<a href="#"><u>Tabela 10 - Distribuição do nº de indicadores por tema</u></a>	57
<a href="#"><u>Tabela 11 - Resumo da Proposta de Indicadores de <i>Smart City</i> Sustentável</u></a>	58
<a href="#"><u>Tabela 12 - Resultado do levantamento de iniciativas das <i>Smart Cities</i></u></a>	59
<a href="#"><u>Figura 1 - Método de ADR</u></a>	15
<a href="#"><u>Figura 2 - Método da ADR aplicado ao estudo</u></a>	17
<a href="#"><u>Figura 3 - Aplicação da ADR e etapas</u></a>	18
<a href="#"><u>Figura 4 - Apresentação do IQVU no site da PBH</u></a>	48

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ADR Action Design Research
- BH Belo Horizonte
- BIM Building Information Model (Modelo de Construção de Informação)
- CO –Óxido de Carbono
- GCIF Global City Indicators Facility (Centro de Indicadores da Cidade Global)
- IDH Índice de Desenvolvimento Humano
- IOT Internet of Things (Internet das Coisas)
- IQVU Índice de Qualidade de Vida Urbana
- ISO International Standardization Organization (Organização Internacional de Padronização)
- KOS Knowledge Organization System (Sistema de Organização de Conhecimento)
- ONU Organização das Nações Unidas
- PBH Prefeitura de Belo Horizonte
- PUC Pontifícia Universidade Católica
- SMPL Secretaria Municipal de Planejamento
- TC Technical Committee (Comitê Técnico)
- TIC Tecnologias de Informação e Comunicação
- UFMG Universidade Federal de Minas Gerais

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
2.1. Geral.....	15
2.2. Específicos .....	15
<b>3. DESIGN METODOLÓGICO DO ESTUDO</b> .....	<b>16</b>
<b>4. ETAPA 1: DIAGNÓSTICO</b> .....	<b>19</b>
4.1. Smart City .....	19
4.1.1. Indicadores de Smart Cities .....	25
4.1.1.1. Modelo Ruddolf Giffinger.....	26
4.1.1.2. Modelo Boyd Cohen.....	29
4.1.1.3. Modelo Charalampos Alexopoulos.....	33
4.2. Sustentabilidade.....	37
4.2.1. Indicadores de Sustentabilidade .....	39
4.3. Smart City e Sustentabilidade .....	44
4.4. Qualidade de Vida Urbana .....	47
4.4.1. Índice de Qualidade de Vida Urbana (IQVU) .....	48
<b>5. ETAPA 2: DESIGN</b> .....	<b>52</b>
5.1. Análise dos Indicadores.....	52
5.2. Classificação e Proposta de Indicadores de Smart City Sustentável.....	56
<b>6. ETAPA 3: IMPLEMENTAÇÃO</b> .....	<b>61</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>67</b>
<b>ANEXO A - Matriz de indicadores de Smart City Sustentável</b> .....	<b>70</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, cerca de 55% (cinquenta e cinco por cento) da população mundial vive em áreas urbanas ou urbanizadas e, estima-se que em 2050, este número passe para quase 70% (ONU, 2019). Isto significa que as cidades deverão se preparar para receber esta parcela da população, em termos de necessidades básicas como moradia, saúde, segurança, educação e meio ambiente, a fim de garantir a qualidade de vida de seus cidadãos.

Com esta migração iminente, problemas sociais surgem em detrimento das atividades humanas que serão desenvolvidas, como por exemplo, a alteração do *layout* natural para acomodação da população migrante, as emissões atmosféricas dos automóveis e seus impactos, e outros, conforme corrobora Figueiredo (2018, p.11):

O aumento na frota mundial de automóveis, prevista para duplicar a expansão do território urbano de 260 a 420 milhões de hectares e a previsão de que a maior causa ambiental de mortalidade seja a poluição do ar são apenas alguns exemplos que apontam para a falência dos atuais paradigmas de crescimento urbano, incompatíveis com a sobrevivência de nossa espécie e do planeta.

A poluição do ar, da água e do solo, a falta de espaço físico para acomodação dos cidadãos, a desigualdade socioeconômica, aumento da criminalidade, exaustão de recursos naturais e tantos outros fatores socioambientais inerentes ao fenômeno supracitado serão uma realidade limitante para as cidades.

Frente a este cenário, as cidades e seus tomadores de decisão deverão encontrar formas inovadoras de organizar os seus recursos, a fim de minimizar ou mitigar estes impactos e manter a qualidade de vida dos habitantes. Concordante com esta fala:

Com o aumento da população urbana, os governos municipais devem gerenciar um número crescente de problemas técnicos, sociais, físicos e organizacionais que surgem das congregações complexas de pessoas em áreas espacialmente limitadas. A rápida urbanização cria uma urgência imperativa para as cidades encontrarem formas mais inteligentes para gerenciar os desafios que as acompanham – ex. congestionamentos de trânsito, poluição do ar, alta na taxa de crimes, dificuldades no

gerenciamento de resíduos, desperdício no consumo de energia e etc. (ALAWADHI *et al.*, 2012, p.40). Tradução nossa.<sup>1</sup>

Para lidar com esta problemática, especialistas tem apostado nos conceitos de *Smart Life*, *Smart Building* e *Smart City*, que podem ser traduzidos para o português como vida inteligente, prédios inteligentes e cidades inteligentes, respectivamente, conforme citado por Soergel, Baracho e Mullarkey (2019). A seguir será apresentada uma abordagem sobre a terminologia.

O primeiro aparato a receber a terminologia *Smart* surgiu na primeira década do século XXI, que viria a ser um dispositivo capaz de coletar, processar e transmitir dados de forma exponencialmente alta, ao que mais tarde seria dado o nome de *Smartphone*. Estes aparatos têm ainda um grande diferencial: estar ligados à internet. Ademais, podem produzir dados georreferenciados e que contém informações sobre seu usuário e seu meio, assim como aparelhos gps, *tablets* e semelhantes, o que, em conjunto, permitem ao usuário estar conectado interativamente com o ambiente ao seu redor (FIGUEIREDO, 2018, p.40 e 51).

Os aparelhos inteligentes, então, subsidiam um estilo de vida democrático, conectado e informatizado. Ainda segundo Figueiredo:

[...] Mais ainda que portátil, é um aparelho que o usuário deseja interagir de maneira constante onde quer que vá. Sua penetração tem sido massiva mesmo em países do sul global – o Brasil, por exemplo, termina 2017 tendo ultrapassado a marca de um smartphone ativo por habitante. (FIGUEIREDO, 2018, p.51).

O conjunto da utilização destes aparatos que promovem interconectividade para seus usuários, permite com que os mesmos vivam uma “vida inteligente”. O conceito de *Smart Life* se dá através do emprego de soluções tecnológicas e digitais que vão facilitar o cotidiano da sociedade e o planejamento de vida das pessoas. Exemplos desta temática seriam escolher o alimento que se quer dentro da geladeira sem ter que abri-la, gerenciar informações de planejamento de alimentação com dietas e exercícios físicos e até permitir a solicitação de uma encomenda que seja entregue

---

<sup>1</sup> With the rise in urban populations, city governments are required to manage an escalating number of technical, social, physical, and organizational issues arising from complex congregations of people in spatially limited areas. Rapid urbanization creates an urgency and imperative for cities to find smarter ways to manage the accompanying challenges-e.g., traffic congestion, air pollution, high crime rate, difficulty in waste management, wasteful energy consumption, and so on.

em horário otimizado de acordo com o trânsito (BARACHO, *et. al.*, 2020 p.2). (tradução nossa).

Estas alternativas, entretanto, não podem ser empregadas isoladamente, uma vez que o sistema de informações deve conversar com outros atores para ser eficaz. Portanto, o próprio prédio onde o usuário de *Smart Life* reside, pode ser também utilizador de tecnologias “inteligentes”. Assim, surge o conceito de *Smart Building*, definido por Baracho *et.al.* como:

Construir um prédio inteligente é aplicar tecnologia informacional e sistemas inteligentes para alcançar eficiência, conforto aos usuários e sustentabilidade nas fases de projeto, construção e operação do ciclo de vida do edifício. (BARACHO *et al.*, 2019, p.2). (tradução nossa).<sup>2</sup>

Desta forma, pode-se inferir que a vida inteligente está diretamente ligada à habitação do usuário, e que, quanto maior esta correlação, mais eficientes são as tecnologias informacionais. Como, por exemplo, quando um usuário organiza sua demanda por compra de comida, conforme supracitado, um *Smart Building* poderia unir os pedidos de todos os seus usuários enviando para uma mesma loja, economizando recursos e otimizando a entrega (BARACHO *et.al.*, 2020, p.3).

Todas estas alternativas convergem de forma a gerar um cenário mais amplo e complexo que, agregando a inteligência desde o usuário, à sua edificação e à cidade onde está alocado, forma o conceito de *Smart City*. Esse conceito é abordado nesta dissertação.

Quando se estuda a fundo as *Smart Cities*, porém, pode-se deparar com alguns relatos de moradores e usuários que questionam se essas tecnologias realmente estão agregando à sua qualidade de vida. Como é o caso dos moradores de Songdo, Coréia do Sul, que julgaram as cidades como “cidades fantasmas”, devido ao aumento do valor imobiliário e da baixa ocupação. Ou ainda o caso de Masdar, nos Emirados Árabes, uma cidade modelo criada desde sua concepção para ser inteligente, mas que acabou atraindo apenas sedes de grandes empresas (FIGUEIREDO, 2018).

---

<sup>2</sup> To construct a smart building is to apply information technology and intelligent systems to achieve efficiency, comfort to users and sustainability in the project, construction and operation phases of the building lifecycle.

Esta dicotomia é um dos norteadores da presente pesquisa, juntamente com a relação entre as *Smart Cities* e a Sustentabilidade, fator crucial para as cidades equilibrarem o uso de tecnologia com seus recursos financeiros, naturais e humanos, os quais vão impactar diretamente no seu sucesso a longo prazo.

O presente estudo apresenta a relação entre as *Smart Cities* com a Sustentabilidade e a Qualidade de Vida Urbana, propondo um modelo de indicadores que contemple os três fatores. A validação do modelo se dá por meio da comparação do mesmo com iniciativas de trinta e cinco *Smart Cities* ao redor do mundo. O método utilizado será o *Action Design Research*, que propõe entregas distribuídas em etapas, que se organizam em ciclos, visando responder à um questionamento por etapa. Os questionamentos deste estudo incluem:

Qual o conceito de *Smart City*? Os indicadores de *Smart Cities*, disponíveis na literatura, contemplam a Sustentabilidade e a Qualidade de Vida? A proposta de indicadores está relacionada com a realidade? Por fim, como a presente pesquisa pode evoluir?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Propor um sistema de indicadores de *Smart City* contemplando Sustentabilidade e Qualidade de Vida e compará-los com as iniciativas de *Smart Cities* no mundo.

### **2.2. Específicos**

- Discorrer sobre o conceito de *Smart City*;
- Discorrer sobre o conceito de Sustentabilidade;
- Discorrer sobre o conceito de Qualidade de Vida Urbana;
- Realizar um levantamento sobre indicadores utilizados em cidades e classificá-los em temas e níveis de prioridade;
- Desenvolver uma proposta de indicador de *Smart City* Sustentável;
- Comparar o modelo proposto com iniciativas em *Smart Cities* no mundo;



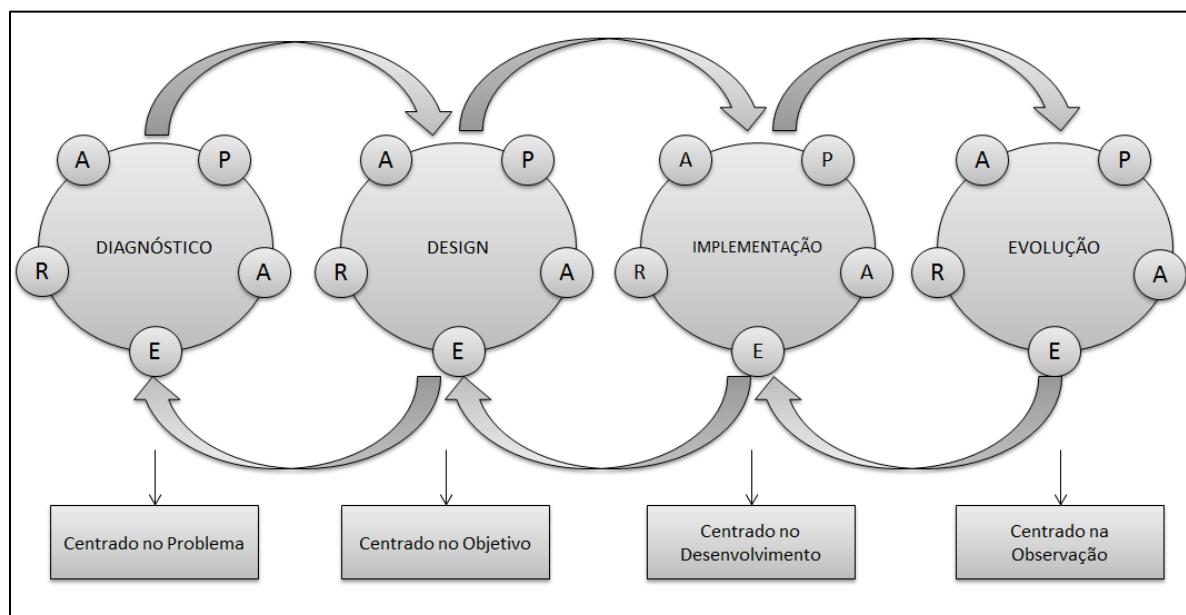
### 3. DESIGN METODOLÓGICO DO ESTUDO

O presente estudo segue o método de *Action Design Research* (ADR). O método consiste em realizar um modelo processual estruturado que combina o *Design Science* com *Action Research*. Dentro do modelo, utiliza-se de quatro etapas para formular entregas que perpassam:

- 1) O diagnóstico: consiste na análise da relevância do tema e da questão de pesquisa. Foca no problema em si;
- 2) O design: consiste na concepção do artefato inovador para resolver o problema. Foca no objetivo do estudo;
- 3) A implementação: consiste na aplicação do artefato desenvolvido na etapa anterior, sua validação ou avaliação. Foca no desenvolvimento do artefato;
- 4) A evolução: consiste em compreender como o artefato irá se modificar frente às constantes mudanças de cenário para resolver o problema estudado. Foca na observação dos cenários;

Dentro de cada etapa, são realizados um ou mais ciclos, que possuem também os seus elementos básicos, que são: formulação do problema (P), criação do artefato (A), avaliação do artefato (E), reflexão sobre o processo realizado (R) e aprendizagem (L) (MULLARKEY e HEVNER, 2019). A figura 1 exemplifica o método.

Figura 1 - Método de ADR



Fonte: traduzido de Mullarkey e Hevner, 2019.

Foi realizado um ciclo dentro de cada etapa, sendo que a quarta etapa, a Evolução, ficou como sugestão para aprofundamento da pesquisa.

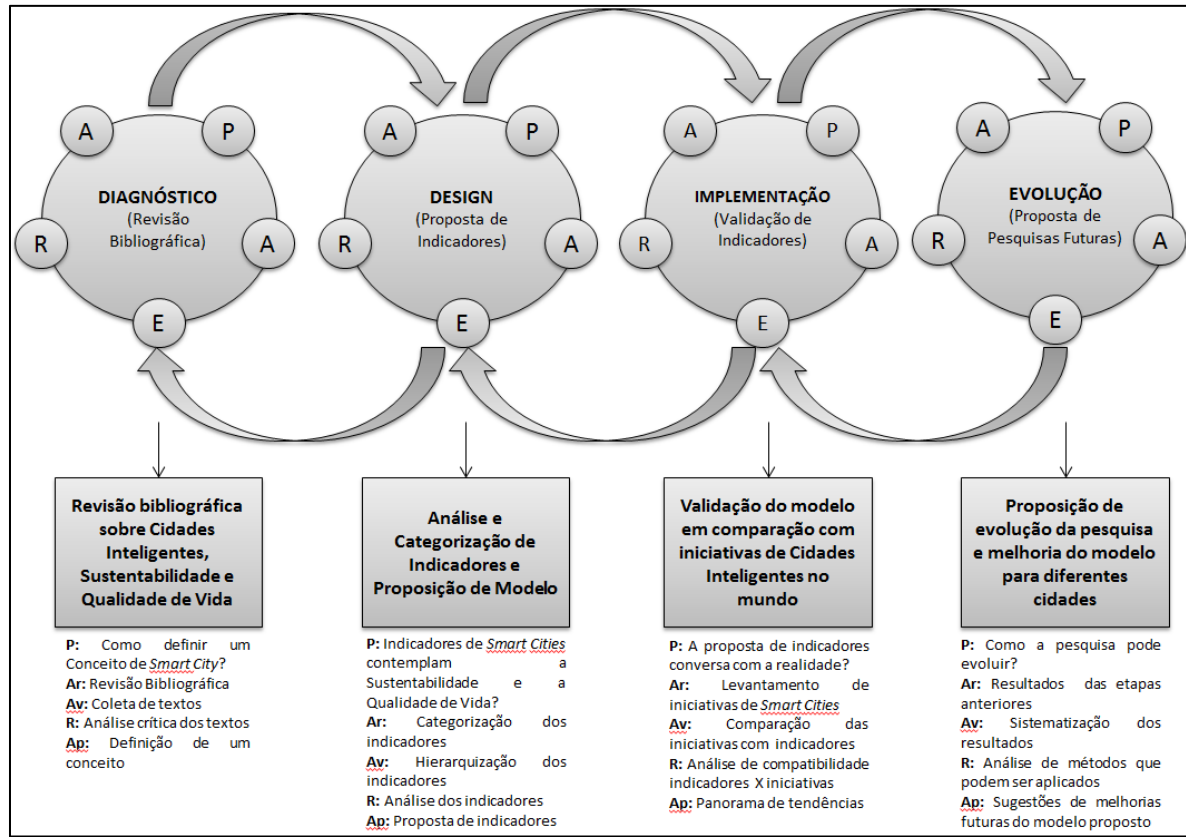
A etapa de Diagnóstico teve como produto a criação de um conceito de *Smart City*, e objetivou responder ao seguinte questionamento: Como definir um conceito de *Smart City*? Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática de bibliografia e uma análise crítica destes textos.

A etapa de *Design* teve como objetivo a criação de uma proposta de indicadores, levando em consideração a sustentabilidade e a qualidade de vida, aliadas ao conceito de *Smart Cities*. Nesta etapa, o questionamento foi: Indicadores de *Smart Cities* contemplam a Sustentabilidade e a Qualidade de Vida? E foi utilizado um método de análise, categorização e hierarquização dos indicadores.

A etapa de Implementação teve como produto um cenário de tendências das iniciativas *smart* das cidades. Foi realizado um levantamento de trinta e cinco *Smart Cities* ao redor do mundo e suas iniciativas e as mesmas foram comparadas com os temas da proposta de indicador criada na etapa anterior. O objetivo desta etapa foi de validar a proposta criada e o questionamento a ser respondido foi: A proposta de indicadores conversa com a realidade?

A quarta e última etapa, Evolução, está refletida nas Considerações Finais deste estudo e subsidiará o avanço do mesmo. A figura 2 exemplificam as etapas desenvolvidas.

Figura 2 - Método da ADR aplicado ao estudo

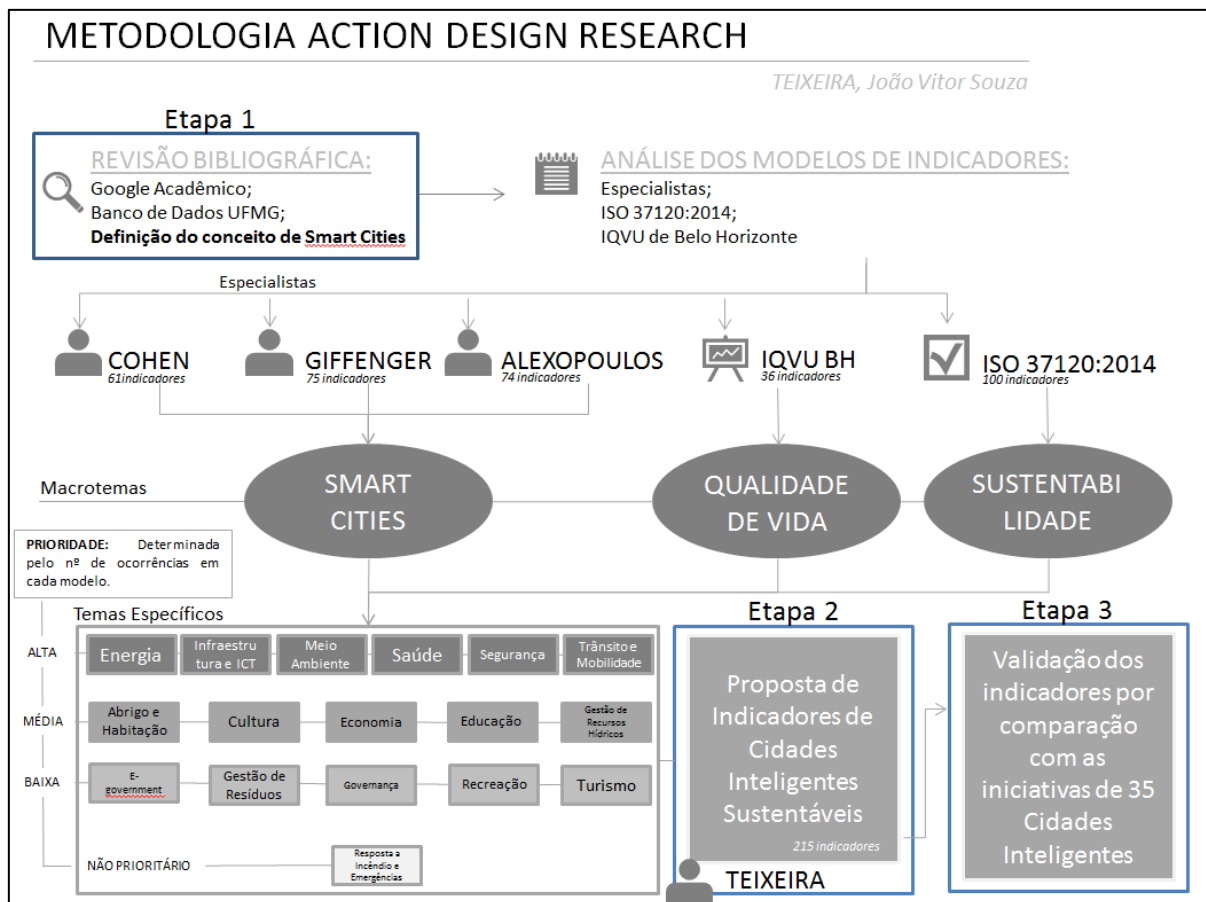


Fonte: adaptado pelo autor com base em Mullarkey e Hevner, 2019.

Onde (P) é o problema, (Ar) é o artefato, (Av) é a avaliação, (R) é a reflexão e (Ap) representa o aprendizado.

A figura 3, a seguir, exemplifica todas as etapas da pesquisa com as principais entregas, referenciadas como etapas um, dois e três. Nela é possível ver um resumo do que foi realizado na pesquisa, sendo a etapa 1 a de revisão sistemática de literatura, entregando um diagnóstico sobre os conceitos de Smart City, Sustentabilidade e Qualidade de Vida, trazendo ainda como entrega a definição de Smart City Sustentável. A etapa dois, referenciada na figura, mostra as cinco propostas de indicadores analisadas, sendo três de especialistas, uma ISO e um índice municipal da cidade de Belo Horizonte. Como entrega, fica a classificação e hierarquização dos modelos, levando a uma proposta elaborada pelo autor. A etapa três da figura consiste na validação dos indicadores através da comparação com as Smart Cities do mundo.

Figura 3 - Aplicação da ADR e etapas



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

A seguir, cada uma destas etapas serão detalhadas em capítulos.

## 4. ETAPA 1: DIAGNÓSTICO

Esta etapa consiste da revisão narrativa de literatura (RNL). A pesquisa foi realizada no Google Acadêmico e no portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), utilizando as seguintes palavras-chave: cidades inteligentes, *Smart Cities*, sustentabilidade e qualidade de vida urbana. Dentre os resultados obtidos, foram selecionados sessenta e cinco artigos. Esta coletânea serviu para construir o referencial teórico que será apresentado a seguir.

### 4.1. Smart City

O conceito de *Smart City* tem sua origem por volta dos anos 90, sendo estudado e

disseminado ao longo dos anos por diversos especialistas (ZHAO, *et. al.*, 2021). Entre 2009 e 2015, a publicação de artigos científicos sobre o tema foi mais que dobrada, segundo Ojo *et. al.*, (2015). Apesar deste grande volume e da popularidade do tema, não existe ainda um conceito que seja amplamente adotado, sendo ainda um desafio para os especialistas encontrarem um denominador comum. Pode-se, porém, compreender que muitos atribuem características similares ao conceito. Para melhor compreender este panorama, serão trazidos a seguir, alguns conceitos para discussão.

Em um estudo intitulado “*Smart Cities in Europe*”, Caragliu *et. al.* (2010), traz o conceito de uma cidade que une o capital social e humano com ferramentas de tecnologia da informação e comunicação e infraestrutura com objetivo de crescimento econômico, trazendo ainda aumento da qualidade de vida e gestão eficiente dos recursos.

Batty *et al.* (2012, p.1), a caracteriza como: “uma cidade onde o TIC é fundido com infraestruturas tradicionais, coordenada e integrada usando novas tecnologias digitais”. (tradução nossa).<sup>3</sup>

Para Zanella, Bui e Castellani (2014):

O objetivo final de uma Smart City é fazer um melhor uso dos recursos públicos, aumentando a qualidade dos serviços oferecidos aos cidadãos, enquanto reduz-se os custos operacionais da administração pública. (ZANELLA, BUI E CASTELLANI, 2014, p.2).

Esses conceitos, porém, correspondem ao que Trencher (2019) chama como *Smart City 1.0* o que abarca uma época em que as cidades se concentravam em ações técnicas, tecnológicas e econômicas. Essas ações eram voltadas para a disseminação da tecnologia digital. O conceito de *Smart City 2.0*, porém, traz uma visão mais abrangente e inclusiva, focando mais na sustentabilidade, qualidade de vida e aspectos antropológicos das mesmas. Conceitos que surgiram mais recentes corroboram essa mudança.

---

<sup>3</sup> A city in which ICT is merged with traditional infrastructures, coordinated and integrated using new digital Technologies.

Para Baracho *et al.* (2019, p.2), as *Smart Cities* “usam informação e tecnologia física, combinados com internet das coisas (IOT), para otimizar a infraestrutura e tornar a cidade mais eficiente e apta para viver”. (tradução nossa).<sup>4</sup>

Zhao *et. al.* (2021) trazem à tona essas mudanças em uma revisão sobre o estado da arte em *Smart Cities*. Lá, citam a pesquisa de Yigitcanlar *et. al.* (2019) que conduziu uma análise de trinta e oito estudos, concluindo que uma cidade não pode ser realmente inteligente sem ser sustentável.

Nicola e Villani (2021, p.1) conceituam como: “um complexo sistema cyber-social-técnico onde seres humanos, artefatos cibernéticos e sistemas técnicos interagem juntos com o propósito de atingir uma meta relacionada à qualidade de vida em áreas urbanas.”

Para fins deste estudo, fica traçado o conceito de *Smart Cities* Sustentáveis que “surgem como uma solução para acompanhar os avanços tecnológicos, a transformação digital e para resolver problemas sociais, econômicos e ambientais, trazidos pela crescente ocupação das áreas urbanas e urbanizadas” (Teixeira, Baracho e Soergel, 2022, p.1).

A pesquisa mostra um vasto campo com definições encontradas para o termo *Smart Cities* e o recorte definido serve de base para identificar alguns aspectos principais destas cidades. Algo que é comum em todas as definições é o propósito de uma *Smart City* de melhorar a vida de seus habitantes.

Este aspecto deve ser o primordial na busca pelo desenvolvimento e por tornar as cidades mais inteligentes, porém, na busca por integrar, automatizar e deixar cada vez mais eficientes os processos intrínsecos a uma *Smart City*, o fator humano pode ser deixado de lado, de forma ao objetivo primordial da ferramenta não ser alcançado. Este cenário pode ser observado, por exemplo, na construção da cidade de Songdo, próximo a Seul, na Coreia do Sul. O empreendimento custou 40 bilhões

---

<sup>4</sup> Smart cities use information and physical technology, combined with Internet of Things, to optimize the city infrastructure and make the city more efficient and more livable.

de dólares e conta com 40% de área verde, sistemas de tráfico automatizados, habitações com painéis digitais de consumo de água e energia e coleta de lixo por sistema pneumático. Todas estas características, porém, se traduziram em imóveis com preços altos e baixa taxa de ocupação. A cidade passou a ter ruas vazias (FIGUEIREDO, 2018, p.30).

Quando o fator humano é deixado de lado, através da negligência do urbanismo ou de outros fatores diretamente ligados à qualidade de vida – que não necessariamente se traduzem em benefícios trazidos pela automação, informação e tecnologia – o conceito da cidade inteligente passa a perder o sentido. Comunga deste pensamento Figueiredo:

[...] Já o City fica cada vez mais relegado ao segundo plano à medida a discussão sobre a cidade, inicial e tradicionalmente de essência urbanística, se desloca para a seara da engenharia de sistemas e se afasta das questões propriamente urbanas. (FIGUEIREDO, 2018, p.30).

O outro aspecto que é comum a todas as definições de *Smart City* é o uso das (TIC). Segundo Komninos *et al.* (2012) Dentro de uma cidade inteligente é “onde forças mercadológicas e planejamento estratégico se unem para construir redes de banda larga, sistemas urbanos operacionais, sistemas embutidos e *software*, todos os quais mudam o funcionamento e a vida nas cidades.” (tradução nossa).<sup>5</sup>

Baracho *et al.* (2019), baseia em sistema de organização das informações interligadas, *Knowledge Organization System* (KOS), conforme Soergel (2009), ou Sistema de Organização de Conhecimento, que consiste em uma forma de organizar o complexo sistema de informações que deve ser empreendido em uma *Smart City*, bem como a interoperabilidade entre os sistemas. Para que a cidade tenha o direito de utilizar o termo “*Smart*” ou “Inteligente”, na tradução, é preciso que seus sistemas carreguem a capacidade de coletar, organizar e compartilhar dados, criando um ecossistema de informações que conecta a vida, os prédios e a cidade inteligente (BARACHO *et al.*, 2020).

---

<sup>5</sup> [...] wherein Market forces and strategic planning come together to build broadband networks, urban operational systems, embedded systems, and software, all of which change the functioning and life in cities.

Para dar vazão ao sistema supracitado, as cidades podem lançar mão de uma gama de ferramentas de tecnologia da informação. Estas tecnologias serão abordadas a seguir.

Para sustentar o sistema de conhecimento supracitado, é preciso utilizar de alguma ferramenta que permita a comunicação entre os dispositivos de uso doméstico com equipamentos externos pertencentes às habitações e às cidades inteligentes. Um conceito aplicado é a “Internet das Coisas”. Segundo Zanella, *et al.*:

A Internet das Coisas é um paradigma de comunicação recente que vislumbra um futuro próximo, onde os objetos da vida cotidiana serão equipados com micro controles, transceptores de comunicação digital e pilhas de protocolos adequadas que permitirá a comunicação entre eles próprios e seus usuários, se tornando uma parte integral da Internet. (ZANELLA, *et al.*, 2014, p.22). (tradução nossa).<sup>6</sup>

Este sistema pode ser utilizado em aparelhos domésticos, que por sua vez podem comunicar com veículos, câmeras de segurança, sensores de monitoramento e etc. As aplicações podem abranger automação residencial, sistema de saúde, gerenciamento de trânsito entre outros (ZANELLA, *et al.*, 2019).

Pode-se inferir, portanto, que a internet das coisas seria uma forma de transmitir, coletar e conectar todos dados possíveis de serem extraídos dos mais diversos dispositivos/sistemas de uma *Smart City*.

Para compreender melhor como funciona esta ferramenta, vale estudar um *case* de uma cidade que empregou um Sistema Urbano de Internet das Coisas (*Urban System of IOT*), como é o caso da cidade de Padova, na Itália. Um dos sistemas implantados com sucesso em Padova foi um esquema de monitoramento de parâmetros ambientais, através de sensores implantados nos postes de iluminação pública. Esses sensores têm a capacidade de coletar dados de umidade, temperatura, vibrações, nível de CO<sub>2</sub>, ruído e intensidade da luz. A “Internet das Coisas” aplicada a estes sensores permite a coleta de uma grande quantidade de

---

<sup>6</sup> The Internet of Things is a recent communication paradigm that envisions a near future, in which the objects of everyday life will be equipped with microcontrollers, transceivers for digital communication, and suitable protocol stacks that will make them able to communicate with one another and with the users, becoming an integral part of the Internet.



dados que, por sua vez, apresentam uma vasta gama de oportunidades. Com este monitoramento ambiental, a administração do município pode, por exemplo, focar as suas ações de prevenção ao meio ambiente e mitigação dos impactos ambientais e na saúde de seus cidadãos, em áreas específicas, tendo uma espécie de indicador em tempo real para tomar estas decisões, assim podendo economizar recursos (ZANELLA, *et al.*,2019).

Este é apenas um exemplo de como a internet das coisas pode funcionar. O mesmo sistema utilizado nos postes de luz poderia ser aplicado a diversos outros dispositivos urbanos e domiciliares coletando os mais variados cenários de dados. Uma quantidade tão grande de dados extraídos faz necessária a utilização de alguma ferramenta que possa compilá-los, processá-los e transformá-los em informação útil para seus usuários.

Tem-se a tecnologia *big data* que se apresenta como aliada das demais, atuando de forma a gerenciar a grande quantidade de dados gerados dentro de uma Smart City. Foi descrita por Ferlin e Rezende como:

O termo Big Data começou a ser usado no final da década de 90, indicando a enorme quantidade de dados que estão sendo gerados todos os dias pelos diversos sistemas e equipamentos. De modo geral, pode-se dizer que Big Data é, essencialmente, tudo que é capturado ou gravado digitalmente pelas modernas TICs, tais como IoT (Internet of Things) (Combaneyre, 2015), redes de sensores, objetos e dispositivos "inteligentes", a internet e mídias sociais. (FERLIN E REZENDE, 2019, p.179).

Para atingir seu propósito, o *Big Data* precisa contar com alguns fatores indispensáveis, descritos por Deloitte (2015) *apud*. Ferlin e Rezende (2019) como “três V’s”, sendo eles: volume, velocidade e variedade. Isso significa que esta ferramenta deve ser capaz de abarcar e armazenar a grande quantidade de dados que é gerada pelos dispositivos urbanos e domiciliares. A velocidade remete à coleta de dados em tempo real, em um alto fluxo de recebimento, que precisa ser processado prontamente, enquanto a variedade diz respeito às várias formas em que estes dados podem ser coletados, como por exemplo, áudio, texto e outros.

Chen *et al.* (2014) *apud*. Ferlin e Rezende (2019) ainda completaram os três V’s com outros três, sendo eles, veracidade, ligado à necessidade de se poder confiar na

integridade dos dados coletados, variabilidade, uma vez que as tecnologias de processamento estão em constante mudança e valor, que remete a como estes dados são avaliados perante a sua vantagem competitiva frente aos negócios.

Para processar essa grande quantidade de dados, faz-se necessária a utilização de uma ferramenta de armazenamento. Uma metodologia de processamento de dados altamente utilizada é a computação em “nuvem”, ou “*Cloud Computing*” que consiste em centros preparados para receber, processar e armazenar os dados.

Com o potencial de viabilizar a transformação em massa de dados em informação, esta ferramenta pode ser utilizada amplamente na tomada de decisões pelas governanças das *Smart Cities*, como elucida Hasem *et al.*:

A análise de *Big data* pode ter um papel importante em possibilitar uma governança inteligente (Meijer&Bolivar, 2015;Willke, 2007). A organização ou agências com interesses comuns podem facilmente serem identificadas via análise de dados que podem levar a colaboração entre elas. Esta colaboração pode levar os países rumo ao desenvolvimento. Além disto, análises de *big data* podem ajudar os governos em estabelecer e implementar políticas satisfatórias pois elas já estão familiarizadas com as necessidades das pessoas em termos de saúde, auxílio social, educação e etc. Ademais, a taxa de desemprego pode ser reduzida através da análise de *big data* de diferentes institutos educacionais. (HASEM, *et al.*, 2016, p.748). (tradução nossa).<sup>7</sup>

Na fala de Hasem, estão presentes alguns exemplos de como esta ferramenta pode atuar em prol da melhoria da saúde, educação e empregabilidade dos moradores de uma Cidade Inteligente, fatores que estão ligados diretamente à qualidade de vida dos moradores. Além disto outros fatores, como este, podem ser empregados, tais como a melhoria dos recursos financeiros e naturais, aliando o conceito Smart à Sustentabilidade das cidades.

#### **4.1.1. Indicadores de *Smart Cities***

Pelo fato de não existir um conceito padronizado de *Smart City*, também inexistem um

---

<sup>7</sup> Big data analytics can play an important role in enabling smart governance (Meijer&Bolivar, 2015;Willke, 2007). The organization or agencies with common interests can easily be identified via data analysis that can lead toward collaboration among them. This collaboration can lead countries toward development. Moreover, big data analytics can help governments establish and implement satisfactory policies because they are already familiar with the needs of the people in terms of health, social care, education, and so on. In addition, the ratio of unemployment can also be reduced by analyzing the big data of different educational institutes.

indicador global que determine o quanto uma cidade é “*Smart*” (BENAMROU, 2016). Portanto, especialistas e pesquisadores de todo o mundo analisam medidas já adotadas por cidades intituladas “*Smart Cities*” e tentam traçar indicadores efetivos frente à complexidade do tema.

A seguir serão explorados três modelos de indicadores de *Smart City*, os quais posteriormente servirão como base para a proposta fim do presente estudo.

#### 4.1.1.1. Modelo Ruddolf Giffinger

O modelo de indicador proposto por Ruddolf Giffinger, em 2007, foi desenvolvido na Universidade de Vienna através de uma análise das cidades de médio porte da Europa. O método utilizado é conhecido como *Benchmarking*, ou seja, ele utilizou de ações implementadas em cidades que notoriamente funcionavam para determinar os principais temas do seu indicador (BENAMROU, 2016).

A forma de traçar as métricas utiliza a premissa da padronização, ou seja, todos os valores são quantitativos e se encaixam em um parâmetro que vai de zero a um. Em seguida para ter o resultado de uma cidade é realizada uma média aritmética.

Os dados compilados foram coletados de diferentes bancos de dados, sendo os locais *Urban Audit* e *Espon 1.4.3 project* (local e regional), os regionais *Espon 1.2.1 project*, *Espon 1.2.1 project*, *Eurostat Database* e os nacionais *Various Eurobarometer special surveys* e *Sutdy on creative industries in Europe*.

Na tabela 1 são listados os temas, subtemas e indicadores propostos por Giffinger (BENAMROU, 2016).

Tabela 1 - Proposta de Indicadores GIFFINGER

TEMA	SUBTEMA	INDICADOR
		Gastos em Pesquisa e Desenvolvimento em % do GPD
	Espírito Inovador	Taxa de emprego em setores de conhecimento intensivo
		Patentes por habitante

<b>ECONOMIA INTELIGENTE</b>	Empreendedorismo	Taxa de auto-emprego Novos negócios registrados	
	Imagem econômica e marcas registradas	Importância enquanto centro de tomada de decisões	
	Produtividade	GDP por pessoa empregada	
	Flexibilidade do mercado de trabalho	Taxa de desemprego Proporção de empregos de meio-horário	
		Incorporação Internacional	Empresas com sede na cidade e que tenham ações na bolsa nacional Transporte aéreo de passageiros Transporte aéreo de mercadorias
	Habilidade de transformação	-	
<b>MOBILIDADE INTELIGENTE</b>	Acessibilidade local	Rede de transporte público por habitante Satisfação com o acesso ao transporte público Satisfação com a qualidade do transporte público	
		Acessibilidade internacional	Acessibilidade internacional
		Acessibilidade da infraestrutura ICT	Computadores em domicílios Acesso a internet de banda larga em domicílios Compartilhamento de mobilidade verde (tráfego individual não motorizado)
	Transporte sustentável, inovador e seguro	Segurança no trânsito Uso de carros econômicos	
<b>MEIO AMBIENTE INTELIGENTE</b>	Atratividade de condições naturais	Horas de luz do sol Espaço verde compartilhado Smog de verão (Ozônio)	
		Poluição	Material particulado Doenças crônicas respiratórias fatais por habitante
		Proteção Ambiental	Esforço dos indivíduos em proteger a natureza Opinião na proteção da natureza
	Gerenciamento sustentável de recursos	Uso eficiente de água (uso por GDP) Uso eficiente de energia elétrica (uso por GDP)	
		Nível de qualificação	Importância enquanto centro de conhecimento (centros de pesquisa e universidades de ponta) População qualificada no nível 5-6 do ISCED

<b>PESSOAS INTELIGENTES</b>	Afinidade com aprendizado vitalício	Habilidades em língua estrangeira
		Empréstimos de livro por habitante
		Participação em aprendizado vitalício em %
		Participação em cursos de línguas
	Pluralidade social e étnica	Parcela de estrangeiros
		Parcela de nascidos no exterior
	Flexibilidade	Porcentagem em ganhar um novo emprego
	Criatividade	Parcela de pessoas trabalhando em indústrias criativas
	Cosmopolitanismo e mente aberta	Parcela de votantes nas eleições (Europeias)
		Ambiente amigável para imigração (atitude para com a imigração)
Participação na vida pública	Conhecimento sobre a (União Europeia)	
	Parcela de votantes nas eleições municipais	
<b>VIDA INTELIGENTE</b>	Instalações culturais	Participação em trabalho voluntário
		Comparecimento aos cinemas por habitante
		Visitas a museus por habitante
	Condições de saúde	Comparecimento ao teatro por habitante
		Expectativa de vida
		Camas de hospital por habitante
		Médicos por habitante
	Segurança do indivíduo	Satisfação com a qualidade do sistema de saúde
		Taxa de criminalidade
		Taxa de morte por assalto
	Qualidade das acomodações	Satisfação com a segurança pessoal
		Parcela de casas que atendem aos requisitos mínimos
		Média de área habitável por habitante
	Instalações educacionais	Satisfação pessoal com a situação de habitação
		Estudantes por habitante
		Satisfação com o acesso ao sistema educacional
	Atratividade turística	Satisfação com a qualidade do sistema
		Importância enquanto local turístico
		Pernoites por ano e por habitante
	Coesão social	Percepção do risco pessoal de pobreza

	Coesão social	
<b>GOVERNANÇA INTELIGENTE</b>		Taxa de pobreza
	Participação na tomada de decisões	Representantes públicos por habitante
		Atividade política dos habitantes
		Importância da política para os habitantes
		Parcela de representantes mulheres na cidade
	Serviços públicos e sociais	Expansão do sistema de pagamento em perspectiva (PPS) do município por residente
		Parcela de crianças na creche
		Satisfação com a qualidade das escolas
	Governança transparente	Satisfação com a transparência da burocracia
		Satisfação com a luta contra corrupção
	Estratégias e perspectivas políticas	-

Fonte: BENAMROU, 2016.

#### 4.1.1.2. Modelo Boyd Cohen

O modelo de indicadores proposto por Cohen é mais abrangente por ter analisado cidades não só da Europa, mas também das Américas e Ásia (BENAMROU, 2016).

Para o cálculo dos parâmetros, foi utilizada uma fórmula capaz de nivelar todos os resultados, independente de sua natureza (ex. porcentagem, toneladas, etc). Cada tema proposto pode receber o máximo de 15 pontos e quando comparadas diferentes cidades à luz de seu indicador, elas são ranqueadas por cada tema, ou seja, quanto mais temas tiverem pontuação próxima de 15, melhor se saem no ranking (BENAMROU, 2016).

Os bancos de dados utilizados, fornecidos pelas próprias cidades que se auto intitulam Smart e que estão interessadas em Benchmarking. As fontes são: *Siemens Green City Index*, *Innovation Cities Index*, *Global Metro Monitor 2012*, *Mercer's 2012 Quality of Living Survey Results* e *IDC rankings of Smart Cities in Spain*. Ademais, *Digital Governance in municipalities' worldwide study*, *The Brookings Institute and EU Startups*, *Membership in C40 Climate Leadership Group*, *City Data Sets-Data Catalogs*, *Membership in Local Governments for Sustainability*, *Carbon Disclosure*

*Projects for Cities, Worldwide E-Governance Report* (BENAMROU, 2016). A tabela 2 elucida a proposta de indicadores do modelo COHEN.

Tabela 2 - Proposta de indicadores COHEN

TEMA	SUBTEMA	INDICADOR	DESCRIÇÃO	
MEIO AMBIENTE	Edificações inteligentes		Nº de edifícios na cidade com selos LEED ou BREAM	
		Prédios com certificação sustentável	% de edificações comercializadas com medidores inteligentes	
			% de edificações comercializadas com sistemas automatizados	
		Casas inteligentes	% de casas multi e uni-familiares com medidores inteligentes	
	Energia		% de energia derivada de fontes renováveis	
			Total de energia utilizada nas residências per capita	
			% da rede municipal de distribuição que atende os requisitos de smart grid	
	Gerenciamento de recursos	Pegada de carbono	Emissão de GEE em ton/capta	
		Qualidade do ar	Concentração de partículas finas no ar de 2.5 (ug/m <sup>3</sup> )	
		Geração de resíduos		% do resíduo sólido da cidade que é reciclada
				Total do resíduo sólido do município coletado/capta (kg)
		Consumo de água	% de prédios edificações comerciais com medidores de água inteligentes	
			Total de consumo de água/capta (l/dia)	
	Planejamento Urbano Inteligente	Planejamento de resiliência climática	A cidade tem um plano ou estratégia?	
Densidade		Densidade populacional		
Espaço verde/capta		Áreas verdes/100.000 m <sup>2</sup>		

<b>MOBILIDADE</b>	Transporte eficiente	Transporte com energia limpa	km de ciclovias por 100.000 m <sup>2</sup>
			Nº de bicicletas compartilhadas/capita
			Nº de veículos compartilhados/capita
			Nº de estações de recarga veicular dentro da cidade
			Nº anual de viagens de transporte público/capita
	Acesso multi-modal	Transporte público	% de viagens em transporte não motorizado do total
			Sistema integrado de cobrança para transporte público
	Infraestrutura de tecnologia	Cartões inteligentes	% do total de renda para o transporte público obtido via cartão inteligente
			Presença de preço baseado em demanda (ex. preço de congestionamento)
		Acesso a informação em tempo real	% de luzes de trânsito conectadas a sistema de gerenciamento de tráfego em tempo real
% de serviços de trânsito que oferecem informação em tempo real ao público			
Serviços online	Procedimentos online	% de serviços públicos acessíveis via telefone ou website	
		Pagamento eletrônico de benefícios	Existência de pagamentos eletrônicos de benefícios
		Cobertura Wifi	Nº de hotspots de wifi por km <sup>2</sup>
		Cobertura de Banda	% de usuários residenciais e comerciais com velocidade de download de no mín. 2 Mbit/s



<b>GOVERNANÇA</b>	Infraestrutura	Larga	% de usuários residenciais e comerciais com velocidade de download de no mín. 1 gigabit/s
		Cobertura sensorial	Nº de infraestruturas com sensor instalado
		Operações de saúde+segurança integradas	Nº de serviços integrados em um centro de operações com dados em tempo real
	Governo aberto	Dados abertos	Uso de dados abertos
		Apps abertos	Nº de apps disponíveis baseados nos dados abertos
		Privacidade	Existência de política de privacidade municipal para proteção da confidencialidade de dados do indivíduo
<b>ECONOMIA</b>	Inovação e Empreendedorismo	Novas startups	Nº de novas oportunidades para startups/ano
		Pesquisa e Desenvolvimento	% do GDP investido em pesquisa e desenvolvimento no setor privado
		Níveis de emprego	% de pessoas em emprego integral
	Produtividade	Inovação	Índice de cidade inovadora
		GRP/capita	Produto regional bruto/capita
	Conexão local e global	Exportações	% do GRP baseado nas tecnologias de exportação
		Eventos internacionais sediados	Nº de comparecimentos em congressos e feiras internacionais
<b>DESSOAS</b>	Inclusão	Domicílios conectados à internet	% de domicílios conectados à internet
		Penetração de smartphones	% de residentes com acesso a smartphones
		Engajamento cívico	Participação eleitoral na última eleição municipal
	Educação	Educação secundária	% de estudantes que completaram o ensino médio

<b>PESSOAS</b>	Educação	Graduados na universidade	Nº de diplomas de graduação/ 100.000 habitantes
	Criatividade	Imigrantes estrangeiros	% da população nascida em país estrangeiro
		Laboratório de vida urbana	Nº de laboratórios de vida ENOLL registrados
		Empregos da indústria criativa	% da força laboral engajada em indústrias criativas
	Cultura e bem estar	Condições de vida	% de habitantes com alguma deficiência de acomodação
		Índice Gini	Coeficiente de desigualdade Gini
		Ranking de qualidade de vida	Ranking Mercer no mais recente levantamento de qualidade de vida
		Investimento em cultura	% do orçamento municipal investido em cultura
		Crime	Taxa de crimes violentos/ 100.000 habitantes
	Segurança	Prevenção inteligente ao crime	Nº de tecnologias usadas para assistir à prevenção do crime
		Saúde	Histórico de saúde do indivíduo
			Expectativa de vida

Fonte: BENAMROU, 2016.

#### 4.1.1.3. Modelo Charalampos Alexopoulos

O modelo proposto por Charalampos Alexopoulos utilizou um método de análise das iniciativas adotadas pelas cidades auto intituladas “inteligentes” ao redor do mundo. O método se baseou na análise de artigos publicados, dados estatais e comerciais e legislações. Os bancos de dados foram extraídos dos domínios (Google Scholar, Scopus, SpringerLink, Science Direct, IEEEExplore, ACM Digital Library), usando as palavras-chave “*Smart Cities*”, “*Smart Cities Actions*”, “*Smart Cities Implementation*”, “*Smart Cities Developments*” e “*Smart Cities Taxonomy*”. Ademais, foram ainda pesquisados sites municipais e de empresas voltadas para a implantação de cidades inteligentes (ALEXOPOULOS *et al.*, 2019).

Com a participação de sete especialistas em *Smart Cities*, eles desenvolveram um *framework* em dois níveis, sendo o primeiro a determinação de um conceito de *Smart City* através da análise de vários autores publicados, bem como a identificação dos temas prioritários para o indicador. O segundo nível foi a análise de uma taxonomia – ou técnica de classificação - que contemplava a pesquisa de ações adotadas por quarenta e duas cidades estudadas (ALEXOPOULOS *et al.*, 2019). A tabela 3 mostra a estrutura dos indicadores propostos pelos autores.

Tabela 3 - Proposta de Indicadores ALEXOPOULOS

TEMA	INDICADOR
INFRAESTRUTURA E ICT	Implementação de wifi grátis em locais e prédios públicos
	Implementação de rede de fibra ótica
	Infraestrutura de Centrais de coleta e armazenamento de dados para sensores de IOT
	<i>Upgrade de hardware e software</i> para Departamentos Municipais com <i>Backoffices</i> altamente eficientes
	Departamentos municipais com sistemas de gerenciamento de trâmites de documentos eletrônicos
	Quiosques de informações para cidadãos e visitantes
	Instalação de painéis eletrônicos com informações em tempo real (ex. temperatura, notícias, etc.).
	Fibra para redes domésticas
MEIO AMBIENTE	Instalação de sensores de medição de radiação eletromagnéticos
	Instalação de sensores de medição de ruído
	Instalação de sensores de medição da qualidade do ar
	Instalação de sensores de medição de pluviometria
	Instalação de sensores de medição de micropartículas na atmosfera
	Instalação de sensores de medição de iluminação
	Instalações sismográficas
	Instalação de sensores de medição de Rádion
	Instalações para otimização do gerenciamento de tráfego em tempo real utilizando aplicações especializadas
	Uso de sistemas inteligentes para movimento seguro nas faixas de pedestre

<b>TRÂNSITO E MOBILIDADE</b>	Pontos de ônibus inteligentes (ex. marcação de chegada de ônibus online)
	Instalação de sensores em meios de transporte ou rodovias para monitoramento do trânsito
	Placas informativas inteligentes de condições de trânsito
	Sensores de estacionamento para orientar os motoristas sobre disponibilidade de vagas
	Aplicativos para traçar rotas de ciclistas e realizar reports
	Gerenciamento de frota de veículos
	Sistema automatizado para bicicletas públicas
<b>SAÚDE</b>	Implementação de sistema de tele monitoramento do sistema de saúde para apoio a grupos vulneráveis (ex. PCD, Alzheimer, etc.).
	Implementação de sistemas de tele medicamentos nos cidadãos para mensuração de indicadores-chave (ex. pressão, glicose, etc.) e históricos incorporando conselhos dos médicos dos hospitais e clínicas.
	Implementação de aplicativos para monitoramento remoto de pacientes em áreas rurais isoladas
	Estabelecimento de Centro de Saúde Municipal
<b>GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E RECURSOS HÍDRICOS</b>	Sistema <i>online</i> de monitoramento da qualidade da água potável
	Sistema <i>online</i> de monitoramento de possíveis vazamentos na rede de distribuição de água
	Sistema <i>online</i> de monitoramento para detecção imediata de possíveis vazamentos de água em canais fechados ou tanques de irrigação
	Ações de encorajamento e informação de cidadãos via tele-educação sobre reciclagem
	Sistema de monitoramento e gerenciamento <i>online</i> de bombas e estações de exploração de água
	Sistema de gerenciamento ponta-a-ponta de irrigação com controle de barragens, bombas e controle do fluxo de água nos canais de distribuição.
	Sistema <i>online</i> de gerenciamento de <i>containers</i> de resíduos (com sensores de ocupação) e gerenciamento de frota de coleta de resíduos (GPS)
	Sistema de suporte a tomada de decisões acerca de gerenciamento sustentável de água

	<p>Aplicativos de vigilância para unidades (de processamento) e tratamento de esgoto</p> <p>Coleta online de dados de hidrômetros</p>
<p><b>ENERGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL</b></p>	<p>Instalação fotovoltaica para prédios municipais</p> <p>Construção de fazendas eólicas</p> <p>Economia de energia em prédios públicos através da otimização das envoltórias com fachadas isoladas e intervenção integrada com sistemas de resfriamento-aquecimento. Sistema de gerenciamento de energia</p> <p>Economia de energia na iluminação das vias e espaços públicos do município (ex. substituição de lâmpadas convencionais por LED com sistema remoto de controle). Iluminação inteligente.</p> <p>Ações de tele-educação pra os cidadãos acerca de economia de energia</p> <p>Mensuração do consumo de combustível nos veículos de transporte municipais visando a redução do consumo através do redirecionamento para rotas mais apropriadas (gerenciamento de frota)</p> <p>Medidores inteligentes de consumo de energia</p> <p>Sistemas fotovoltaicos em áreas públicas</p> <p>Sistemas inteligentes de tomadas</p>
<p><b>TURISMO E CULTURA</b></p>	<p><i>Design</i> e criação de infraestrutura cultural e sistema de gerenciamento de agentes com relatórios detalhados e promoção via site do município</p> <p>Desenvolvimento de guia eletrônico de turismo local</p> <p>Desenvolvimento de aplicativos de conteúdo turístico para celulares</p> <p>Proteção, promoção e melhoria de museus, galerias, monumentos, cavernas, sites históricos e arqueológicos através de tours virtuais</p> <p>Digitalização de conteúdo de museus para criar uma pegada cultural digital</p> <p>Museu digital para exposições naturais e culturais do município (mesmo se localizadas em outro lugar)</p>
	<p>Ações promovendo o empreendedorismo no <i>site</i> do município</p> <p>Ações de reforço, promoção e venda de produtos locais pelo site do município</p>

<b>ECONOMIA E DESENVOLVIMENTO</b>	Ações de contratações via <i>site</i> municipal
	Ações inovadoras de suporte à agricultura de alta tecnologia (ex. agricultura de precisão em campos do município)
	Promoção de atividades tecnológicas de inovação via <i>site</i> municipal
	Serviços de consulta interativa para jovens empreendedores em plataforma <i>web</i> do município
	Plataforma de competição <i>crowdsourcing</i>
<b>SEGURANÇA</b>	Sistema de alerta rápido e resposta a incêndios
	Ações e planos de proteção de cidadãos em emergências (ex. enchente, terremoto)
	Providências de guarda de prédios e instalações públicas
	Monitoramento das condições climáticas (previsão do tempo) para fins de agricultura
<b>E-GOVERNMENT</b>	Aplicativo de voto eletrônico ( <i>e-voting</i> ) para questões municipais
	Aplicativo para consulta eletrônica em decisões e planos importantes (planos de negócios, projetos técnicos, etc.).
	Coleta de assinaturas eletrônicas para questões importantes para os cidadãos
	Conversão de serviços públicos para online visando acessibilidade a todos os cidadãos via <i>site</i> municipal
	Desenvolvimento de aplicativos para solicitações e reclamações dos cidadãos
	Sistema de monitoramento <i>online</i> de quórum de reuniões do município
	Acesso livre a dados abertos para uso de outras agências públicas ou indivíduos
	Aplicativos GIS para construções de prédios urbanos (áreas adequadas para construção, uso do solo e etc.).
Cenário de Provisão da implementação de Serviços Governamentais online	

Fonte: ALEXOPOULOS *et al.*, 2019.

## 4.2. Sustentabilidade

O primeiro conceito mundialmente adotado para Sustentabilidade foi trazido pelo Relatório de Brundtland, em 1987, pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Neste documento, a Sustentabilidade foi elucidada como um equilíbrio entre a sociedade, a economia e o meio ambiente (BRUNDTLAND, 1987). Altamente aceito ao longo dos anos e utilizado por empresas, países e governos, o mesmo auxilia no desenvolvimento de metas para alcançar o Desenvolvimento Sustentável.

Posteriormente, no ano de 2000, a ONU decidiu disseminar metas mais bem estruturadas, levando os maiores líderes mundiais até Nova Iorque para assinar a Declaração do Milênio das Nações Unidas, que os deixou responsáveis por adotar uma parceria para acabar com a extrema pobreza, além de outros grandes problemas mundiais até o ano de 2015. Os oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio eram: acabar com a fome e a miséria; oferecer educação básica de qualidade para todos; promover a igualdade entre os sexos e a autonomia das mulheres; reduzir a mortalidade infantil; melhorar a saúde das gestantes; combater a AIDS; malária e outras doenças; garantir qualidade de vida e respeito ao meio ambiente e estabelecer parcerias para o desenvolvimento (ONU, 2015).

Em 2015, porém, esses objetivos não foram alcançados, levando à Organização a promover uma nova Conferência para a renovação da parceria. Na ocasião, novas metas foram traçadas no que foi chamado como Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Nesta agenda, 17 novos objetivos foram alinhados: erradicação da pobreza; fome zero e agricultura sustentável; saúde e bem-estar; educação de qualidade; igualdade de gênero; água potável e saneamento; energia limpa e acessível; trabalho decente e crescimento econômico; indústria, inovação e infraestrutura; redução das desigualdades; cidades e comunidades sustentáveis; consumo e produção responsáveis; ação contra a mudança global do clima; vida na água; vida terrestre; paz, justiça e instituições eficazes e parcerias e meios de implementação (ONU, 2021).

Outra instituição que abordou a Sustentabilidade foi a Organização Internacional de Padronização (ISO), quando, em 2014, lançou o documento de número 37.120 intitulado como “Desenvolvimento Sustentável de Comunidades”. Este documento será abordado com maior profundidade a seguir.

#### 4.2.1. Indicadores de Sustentabilidade

A fim de sanar a dicotomia supracitada do impacto positivo/negativo das Cidades Inteligentes na manutenção da qualidade de vida dos seus habitantes, faz-se necessária a análise de alguns indicadores de Sustentabilidade e Qualidade de Vida.

Apesar da temática de sustentabilidade ser mais abrangente, envolvendo o crescimento econômico, a saúde e o meio ambiente, por exemplo, os indicadores de sustentabilidade também devem priorizar a qualidade de vida da comunidade sob análise, conforme corrobora a fala de Coutinho, Malheiros e Padilha:

Um indicador de sustentabilidade deve refletir a eficiência, suficiência, equidade e qualidade de vida de uma determinada sociedade, não bastando apenas medidas de crescimento econômico, de modo a garantir o acesso à boa qualidade de vida às futuras gerações. (COUTINHO, MALHEIROS E PADILHA, 2009, p.10).

Os primeiros indicadores de Desenvolvimento Sustentável surgiram através de uma pesquisa ampla de especialistas da área acerca de ações sobre o tema que estavam em andamento ao redor do mundo. Esta pesquisa se deu na Fundação de Estudos Rockefeller em Bellagio, na Itália, no ano de 1996. A iniciativa foi fundamentada nos estudos de Brunthland e Agenda 21, que manifestavam a importância de métricas para a medição do Desenvolvimento Sustentável. Surgiram assim os princípios de Bellagio, que seriam diretrizes para a criação de indicadores de sustentabilidade. Este princípio lista que esses indicadores devem ter uma visão direcionada e objetivos claros, além de perspectiva holística, alguns elementos essenciais, como equidade, pobreza, direitos humanos e outros. Deve ainda ser observado seu escopo e terem um foco prático. Não obstante, os princípios de Bellagio ainda contemplam a comunicação efetiva, a participação das diversas áreas da sociedade e a delimitação das responsabilidades de cada e ainda uma avaliação constante para determinação de tendências (FERREIRA, 2011).

Concordante com a importância de indicadores de sustentabilidade que tenham como premissa a qualidade de vida dos cidadãos, Ferreira propõe:



(...) a criação de indicadores de sustentabilidade que possibilitem a avaliação simultânea da qualidade de vida (englobando o fator felicidade), o desempenho econômico (substituindo o PIB, por uma medida de renda domiciliar disponível) e a resiliência do ecossistema. (FERREIRA, 2011, p.31).

Serão analisados a seguir dois importantes indicadores, sendo o primeiro de Sustentabilidade, proposto pela Organização Internacional de Padronização (ISO) e o segundo de Índice de Qualidade de Vida Urbana específico do município de Belo Horizonte, MG, objeto de estudo de caso do presente artigo.

#### **4.2.2. International Standardization Organization 37120:2014 e 2017**

A ISO 37120:2014 foi desenvolvida através de uma iniciativa que reuniu nove cidades parceiras, localizadas no Brasil, Canadá, Colômbia e EUA, cujos dados coletados serviram como base para a estruturação do indicador (TABELA 4). O principal responsável pelo processamento dos dados foi o Centro de Indicadores da Cidade Global (*Global City Indicators Facility*) – GCIF, parte integrante da Universidade de Toronto, no Canadá (COUTO, 2018).

Foi criada, então, a rede GCIF, que conta com mais de 200 cidades compartilhando seus indicadores e conhecimentos, identificando oportunidades de melhoria e aprendizado. Criou-se, pela ISO, o Comitê Técnico – TC 268, que foi responsável pelo desenvolvimento do método de padronização dos indicadores (COUTO, 2018).

Três anos depois, em 2017, foi desenvolvida a ISO 37120 na versão traduzida e adaptada para o Brasil, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (SINICESP, 2017 *apud*. COUTO, 2018). A tabela 4 lista os indicadores da ISO 37120:2017.

Tabela 4 - Proposta de Indicadores da ISO 37120:2017

TEMA	INDICADOR
ECONOMIA	Taxa de desemprego da cidade
	Valor avaliado das propriedades comerciais e industriais como porcentagem do total de todas as propriedades
	Porcentagem da população da cidade vivendo na pobreza

<b>ECONOMIA</b>	Porcentagem de pessoas empregadas em tempo integral
	Taxa de desemprego dos jovens
	Número de negócios por 100.000 habitantes
	Número de novas patentes registradas por 100.000 habitantes por ano
<b>EDUCAÇÃO</b>	Porcentagem de população feminina em idade escolar matriculada em escolas
	Porcentagem de estudantes completando a educação primária: taxa de sobrevivência
	Porcentagem de estudantes completando a educação secundária: taxa de sobrevivência
	Razão entre estudantes de educação primária/professor
	Porcentagem de população masculina em idade escolar matriculada em escolas
	Porcentagem de população em idade escolar matriculada em escolas
	Número de indivíduos com ensino superior por 100.000 habitantes
<b>ENERGIA</b>	Uso de energia elétrica residencial per capita (kWh/ano)
	Porcentagem de habitantes da cidade com fornecimento regular de energia elétrica
	Consumo de energia de edifícios públicos por ano (kWh/m <sup>2</sup> )
	Percentual de energia total derivada de fontes renováveis, como parte do consumo total de energia da cidade.
	Total de uso de energia elétrica per capita (kWh/ano)
	Média de interrupções de eletricidade por usuário por ano
	Média de duração de interrupções de eletricidade (em horas)
<b>MEIO AMBIENTE</b>	Concentração de material particulado fino (PM2.5)
	Concentração de material particulado (PM10)
	Emissão de gases de efeito estufa medido em toneladas per capita
	Concentração de NO <sub>2</sub> (dióxido de nitrogênio)
	Concentração de SO <sub>2</sub> (dióxido de enxofre)
	Poluição sonora
	Variação percentual em número de espécies nativas
<b>FINANÇAS</b>	Taxa de endividamento (expansão do serviço da dívida como uma porcentagem da receita própria do município)
	Despesas de capital como porcentagem de despesas totais
	Porcentagem da receita própria em função do total das receitas

	Porcentagem dos impostos recolhidos em função dos impostos cobrados
<b>RESPOSTAS A INCÊNDIO E EMERGÊNCIA</b>	Número de bombeiros por 100.000 habitantes
	Número de mortes por incêndio por 100.000 habitantes
	Número de mortes relacionadas a desastres naturais por 100.000 habitantes
	Número de voluntários e bombeiros de meio período por 100.000 habitantes
	Tempo de resposta para serviços de emergência a partir da ligação inicial
	Tempo de resposta do corpo de bombeiros a partir da ligação inicial
<b>GOVERNANÇA</b>	Porcentagem de participação dos eleitores nas últimas eleições municipais em função do total de eleitores aptos a votar
	Porcentagem de mulheres eleitas em função do número total de eleitos na gestão da cidade
	Percentual de mulheres empregadas no corpo de trabalho da governança municipal
	Número de condenações por corrupção e/ou suborno por oficiais municipais por 100.000 habitantes
	Representação dos cidadãos: Número de funcionários locais eleitos para cargos públicos por 100.000 habitantes
	Número de eleitores registrados como percentual dos eleitores com idade para votar
<b>SAÚDE</b>	Média de expectativa de vida
	Número de camas de hospitais por 100.000 habitantes
	Número de médicos por 100.000 habitantes
	Mortalidade de menores de idade por 100.000 nascidos vivos
	Número de profissionais de enfermagem e obstetrícia por 100.000 habitantes
	Número de profissionais de saúde mental por 100.000 habitantes
	Taxa de suicídio por 100.000 habitantes
<b>RECREAÇÃO</b>	Metros quadrados em espaços fechados de recreação per capita
	Metros quadrados em espaços abertos de recreação per capita
<b>SEGURANÇA</b>	Número de oficiais da polícia por 100.000 habitantes
	Número de homicídio por 100.000 habitantes
	Crimes contra propriedades por 100.000 habitantes

	Tempo de resposta da polícia a partir da ligação inicial
	Taxa de crimes violentos por 100.000 habitantes
<b>HABITAÇÃO</b>	Percentual da população vivendo em favelas
	Número de desabrigados por 100.000 habitantes
	Percentual de domicílios que existem sem documentação legal
<b>RESÍDUOS SÓLIDOS</b>	Percentual da população com coleta regular de resíduos sólidos residenciais
	Total de coleta de resíduos sólidos municipais per capita
	Percentual do resíduo sólido do município que é reciclado
	Percentual do resíduo sólido do município disposto em aterros sanitários
	Percentual do resíduo sólido do município destinado para incineração
	Percentual do resíduo sólido do município queimado a céu aberto
	Percentual do resíduo sólido do município disposto a céu aberto
	Percentual do resíduo sólido do município destinado a outros meios
	Geração de resíduo perigoso per capita
	Percentual de resíduo perigoso reciclado
<b>INOVAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO</b>	Número de conexões de internet por 100.000 habitantes
	Número de conexões celulares por 100.000 habitantes
	Número de conexões de telefonia fixa por 100.000 habitantes
<b>TRANSPORTE</b>	Quilômetros de sistema de transporte público de alta capacidade por 100.000 habitantes
	Quilômetros de sistema de transporte público de poucos passageiros por 100.000 habitantes
	Número anual de viagens de transporte público per capita
	Número de automóveis pessoais per capita
	Percentual de viajantes utilizando formas de viagem que não seja veículo pessoal
	Número de veículos motorizados de duas rodas per capita
	Quilômetros de ciclovias por 100.000 habitantes
	Fatalidades em transporte por 100.000 habitantes
	Conectividade aérea comercial (número de destinações aéreas comerciais sem paradas)
<b>PLANEJAMENTO URBANO</b>	Área verde (hectares) por 100.000 habitantes
	Número anual de árvores plantadas por 100.000 habitantes
	Área de abrigos informais como percentual da área total da cidade

	Razão de empregos/domicílio
<b>ESGOTO</b>	Percentual da população servida por coleta de esgoto
	Percentual do esgoto municipal não tratado
	Percentual do esgoto municipal que recebe tratamento primário
	Percentual do esgoto municipal que recebe tratamento secundário
	Percentual do esgoto municipal que recebe tratamento terciário
<b>ÁGUA E SANEAMENTO</b>	Percentual da população com serviço de abastecimento de água potável
	Percentual da população com acesso a serviços sustentáveis de mananciais otimizados
	Percentual da população com acesso a saneamento otimizado
	Consumo residencial total de água per capita (litros/dia)
	Consumo total de água per capita (litros/dia)
	Média anual de interrupção do serviço de água por domicílio
	Percentual de perda de água (água não contabilizada)

Fonte: ISO, 2017.

Quando analisados os indicadores de *Smart City* e os de sustentabilidade apresentados pelas ISOs, é possível identificar uma sinergia de temas, bem como uma complementação dos mesmos, o que trás importância para a norma na concepção das cidades inteligentes, conforme afirmam Sabri, *et al.*:

(...) a norma ISO 37120 como peça importante para o planejamento de cidades inteligentes (*Smart Cities*), visto que para a obtenção de diversas informações que compõem os indicadores é necessária a utilização de dados geoespaciais e outras tecnologias inteligentes. Outro ponto levantado pelos autores é o uso da inovação para integrar os dados geoespaciais aos dados de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) (SABRI *et al.*, 2015 *apud*. COUTO, 2018, p.25)

A seguir, o conceito de *Smart City* será relacionado com o de Sustentabilidade.

### 4.3. *Smart City* e Sustentabilidade

Um dos intuitos de se criar ou adaptar uma cidade para se tornar inteligente, é atingir a sua sustentabilidade. O termo sustentabilidade, neste caso, pode embarcar uma série de fatores que, em equilíbrio, culminam na melhoria da qualidade de vida

dos moradores, bem como na interação da mesma com o meio ambiente e na sua economia. Como elucidado por Baracho:

Cidade Inteligente abrange o conceito de Cidade Sustentável que se ergue pela união de desenvolvimento econômico alinhado com a conservação do meio ambiente. Utilização de recursos naturais, eficiência energética, hídrica, trabalhos, ar. Uso racional de materiais e tecnologias. O propósito de uma cidade sustentável inclui valores econômicos e sociais, erradicação da pobreza, fome zero, agricultura sustentável, saúde e bem estar, educação de qualidade, segurança hídrica e sanitária, energia limpa e acessível, trabalho, crescimento econômico, indústria, inovação, infraestrutura, redução das desigualdades. (BARACHO, 2019, p.2). (tradução nossa).<sup>8</sup>

Um exemplo de uma *Smart City* planejada para ser totalmente sustentável é a cidade de Masdar, nos Emirados Árabes. O projeto da cidade, elaborado por Foster&Partners em 2007, visava ser totalmente sustentável para uma população de cinquenta mil habitantes, além de ter zero emissões de carbono. Para tanto, a cidade foi projetada para a não utilização de carros individuais, que seria suprida por carros autônomos e transporte coletivos, não movidos a combustíveis fósseis. A compactação da cidade também visava permitir que as demandas da população fossem supridas sem a necessidade de veículos. As edificações foram projetadas para aproveitar o máximo da ventilação passiva e sombreamento, evitando o consumo de energia, que, por sua vez, deveria ser cem por cento provenientes de fontes renováveis. Hoje, alguns ajustes tiveram que ser realizados no projeto, por exemplo, com a introdução de carros elétricos individuais e a eliminação da meta de carbono zero do projeto, visando adequar a cidade à realidade da sua população (FIGUEIREDO, 2018).

Com todas estas características, era de se esperar que uma cidade assim fosse o exemplo de utilização das ferramentas *Smart* para a sustentabilidade, porém, existe aqui uma dicotomia. A cidade totalmente autossustentável Masdar se mostrou inabitável pela população que não possui alto poder aquisitivo, uma vez que o preço do seu metro quadrado ficou alto. Assim, acabou abrigando em sua maioria

---

<sup>8</sup>Smart City encompasses the concept of a Sustainable City that arises from the union of economic development aligned with the conservation of the environment. Utilization of natural resources, energy efficiency, water, works, air. Rational use of material and technologies. The purposes of a sustainable city include social and economic values, eradication of poverty, zero hunger, sustainable agriculture, health and well-being, quality education, safe water and sanitation, accessible and clean energy, work, economic growth, industry, innovation, infrastructure, reduction of inequalities.

cientistas, estudantes e funcionários de grandes empresas com operações instaladas lá, como a gigante Siemens, por exemplo (FIGUEIREDO, 2018).

Este cenário desperta para uma questão de qual o propósito de uma Cidade Inteligente ser totalmente sustentável se a mesma se torna inacessível para a população em massa? Ou ainda se todas as suas ferramentas não convergem para a qualidade de vida e bem estar da comunidade?

Sobre isto, Hasem *et al.* tem a dizer:

[...] Uma cidade inteligente sustentável pode usar o poder da internet das coisas e *big data* para melhorar seus serviços. O desafio nas cidades urbanas é reconhecer os benefícios de utilizar *big data* para melhorar a qualidade de vida dos seus cidadãos através da tomada de decisões otimizada bem como informação avançada e serviços ao cliente. (HASEM, 2016, p.755). (tradução nossa).<sup>9</sup>

Concordando com Hasem *et al.* (2016), portanto, conclui-se que a qualidade de vida dos habitantes de uma *Smart City* sustentável deve ser a prioridade, o que se apresenta como grande desafio. É possível coletar dados e informações, processá-los, compilá-los, integrá-los e automatizá-los para que o emprego de todas as tecnologias supracitadas possa impactar diretamente na melhoria dos indicadores de qualidade de vida.

É preciso compreender como são “medidas” estas ferramentas, ou seja, quais são as métricas empregadas para identificar os impactos na sustentabilidade das cidades e na vida humana de seus moradores. Pode-se então lançar mão dos indicadores, ferramentas disseminada mundialmente que podem medir o quão “Inteligente” ou “Sustentável” uma cidade é. Sobre indicadores, vale ressaltar:

Assim, um objetivo, ou ação, pode ser representado por meio de diversos tipos de dados. No entanto, de acordo com o nível de análise, essa representação por meio de uma grande quantidade de dados pouco ajuda no processo de tomada de decisão. Por este motivo, os indicadores têm a função de elementos de síntese, sendo considerados parâmetros representativos, concisos e fáceis de interpretar, usados para ilustrar as

---

<sup>9</sup> [...] A sustainable smart city can use the power of IoT and big data to improve its services. The challenge in urban cities is to recognize the benefits of using big data to improve the quality of life for its citizens through improved decision making as well as enhanced information and customer services (Engineering, 2015).

características principais do objeto de estudo (MOTTA, 1998; MAGALHÃES, 2004; NAHAS, 2006 *apud*. FERREIRA, 2011).

Conforme descrito nos objetivos, indicadores de *Smart Cities* e de Sustentabilidade são analisados, a fim de, posteriormente, propor um modelo funcional e que alie todos estes conceitos, visando prioritariamente a melhoria da qualidade de vida urbana.

#### **4.4. Qualidade de Vida Urbana**

Definir o conceito de qualidade de vida, abarca seguir com as mudanças e tendências da sociedade que ocorrem ao longo dos anos. Seu conceito envolve economia, sociedade, cultura e meio ambiente (YOUNG e LUSTOSA, 2003). Nos anos 60, indicadores sociais surgiram nos Estados Unidos para controlar a infelicidade da população (FRANK *et al.*, 2010).

Nos anos 70 esta discussão se entrelaçou com o urbanismo, na medida em que as cidades cresciam e o processo de urbanização aumentava, tornando os indicadores ambientais mais evidentes. Com os diversos problemas trazidos pela urbanização, surge o termo qualidade de vida, juntamente com o conforto ambiental. Os dois, no futuro, se uniriam para compor o conceito de Qualidade de Vida Urbana (FRANK *et al.*, 2010). Nos anos 90 este conceito começaria a ser medido com as primeiras propostas de indicadores, com o objetivo de identificar o impacto dos fatores supracitados na vida da população (BARACHO *et al.*, 2020).

Em 1990, as Nações Unidas se manifestaram sobre o tema, lançando o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), com indicadores sobre saúde, educação e poder aquisitivo, utilizando 104 países para obter informações. Este indicador ainda é utilizado mundialmente, servindo como base para os municípios e países que criaram seus próprios indicadores (BARACHO *et al.*, 2020).

A cidade de Belo Horizonte é um exemplo de um município que criou o seu próprio indicador de Qualidade de Vida, buscando um modelo que fosse mais customizado



que o Índice de Desenvolvimento Humano, por exemplo. A seguir, este indicador será descrito.

#### **4.4.1. Índice de Qualidade de Vida Urbana (IQVU)**

O Índice de Qualidade de Vida Urbana, desenvolvido pela Prefeitura de Belo Horizonte, é previsto em seu Plano Diretor, na Lei nº 7.165/1996, que determina que deveria ser criado um índice “regionalizado, destinado a monitorar e avaliar a qualidade de vida dos munícipes” (PBH, 2018, p.9).

Os responsáveis pela discussão que gerou o IQVU foram os pesquisadores da Pontifícia Universidade Católica de Minas Geras – PUC MINAS e técnicos e gestores da Secretaria Municipal de Planejamento – SMPL de Belo Horizonte. O objetivo da discussão era o desenvolvimento de ferramentas que trouxessem mais assertividade na tomada de decisões para distribuição das verbas municipais para o orçamento participativo (PBH, 2018).

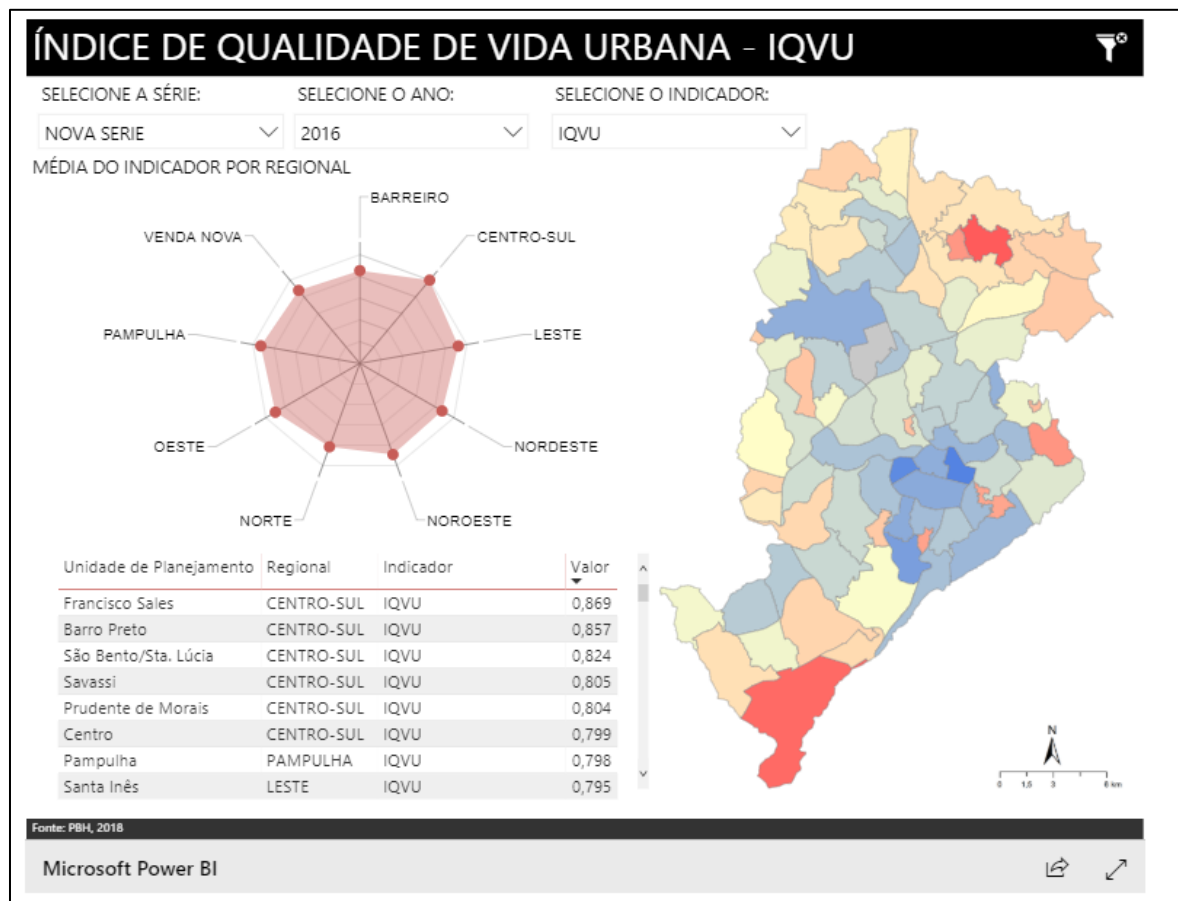
A proposta do IQVU deveria divergir dos demais índices estudados pelos autores, de modo a se diferenciar dos demais indicadores, que, formados por somatória de variáveis (ex. IDH), acabavam sendo genéricos, segundo os criadores do IQVU . Desta forma, os autores escolheram a produção de riqueza pela população como variável estruturante. A primeira proposta utilizava uma metodologia adaptada do Método de Delphi. Assim foi criado um índice com três características básicas:

I) ser capaz de mensurar a quantidade e a qualidade da oferta de bens e serviços públicos e privados no espaço intraurbano; II) ser composto por indicadores passíveis de atualização em um curto intervalo de tempo (anuais ou bienais); e III) ser calculado a partir de informações provenientes dos próprios órgãos municipais e dos prestadores de serviços públicos. Essas características fizeram o IQVU um índice robusto e, ao mesmo tempo, sem o inconveniente de outras metodologias de índices intraurbanos (altamente dependentes dos dados censitários), o que permitiu a contínua atualização do IQVU e, conseqüentemente, o seu uso como instrumento de monitoramento das intervenções urbanas promovidas pelas políticas públicas municipais (PBH, 2018, p.10).

A primeira versão foi concebida em 1994, porém sofreu alteração em 2006, devido ao crescente aumento da população e sua necessidade por serviços. Para manter o histórico, a versão “antiga” foi mantida e a “nova” acrescentada, sendo as duas

possíveis de serem acessadas via site da Prefeitura (PBH, 2018). A figura 4 ilustra como o IQVU é disposto no site de Belo Horizonte, utilizando a ferramenta de *Power BI*.

Figura 4 - Apresentação do IQVU no site da PBH



Fonte: BELO HORIZONTE, 2022.

Como pode ser observado, a ferramenta permite acesso tanto à série Histórica (1994 a 2006) quanto à nova série (a partir de 2006), de forma dinâmica. Os resultados são também apresentados por cada regional da cidade, que pode ser selecionada na lista suspensa, ao passo que o mapa destaca o posicionamento geográfico da mesma no município. É possível ainda selecionar o índice como um todo ou por um dos temas, caso queira-se identificar resultado específico de uma determinada área.

Como a proposta de dados abertos, ligado ao conceito de cidade inteligente, a prefeitura permite acesso ao banco de dados utilizado para o cálculo em

formato .csv e a um documento que descreve o histórico e o método de cálculo, o qual foi utilizado para compor o presente artigo.

A seguir são apresentados os indicadores que compõem o IQVU de Belo Horizonte (TABELA)

Tabela 5 - Proposta de Indicadores de Qualidade de Vida

TEMA	SUBTEMA	INDICADOR
<b>ABASTECIMENTO</b>	Equipamentos de Abastecimento	Número de hiper e supermercados/população x 1000
		número de mercearias e similares/população x 1000
<b>CULTURA</b>	Comércio e Serviços Culturais	Número de equipamentos culturais/população x 1000
		Área de livrarias e papelarias/população x 1000
		Número de locadoras/população x 1000
		Número de bancas de revistas/população x 1000
<b>EDUCAÇÃO</b>	Educação Infantil	Percentual de alunos matriculados na Educação Infantil
	Educação Fundamental	Percentual de alunos matriculados no Ensino Fundamental
		Índice de Aproveitamento no Ensino Fundamental (número de aprovados no Ensino Fundamental / número de matrícula final x 100)
	Ensino Médio	Percentual de alunos matriculados no Ensino Médio (número de alunos matriculados no Ensino Médio/população entre 15 e 18 anos x 100)
Índice de Aproveitamento no Ensino Médio (Número de aprovados no Ensino Médio/número de matrícula final x 100)		
<b>ESPORTES</b>	Espaços Públicos para recreação	Quadras, campos, academias a céu aberto, academias da cidade e outros equipamentos esportivos por 1000 habitantes (número de quadras, campos e pistas/população x 1000)
		Área residencial adequada por habitante (m <sup>2</sup> de área residencial construída sujeita a IPTU/habitante)

<b>HABITAÇÃO</b>	Habitação	Padrão de Acabamento (Nota do padrão médio de acabamento das moradias em relação à classificação do IPTU)
	Segurança Habitacional	Índice do Risco Geológico do Terreno (indicador fornecido já calculado)
<b>INFRAESTRUTURA URBANA</b>	Salubridade mental	Índice de Salubridade Ambiental (indicador fornecido já calculado)
	Energia Elétrica	Fornecimento de energia elétrica (número de economias residenciais com energia elétrica/número de domicílios x 100)
	Pavimentação	Possibilidade de acesso (extensão das vias pavimentadas / extensão de todas as vias x 100)
	Transporte Coletivo	Número de veículos por 1000 habitantes (número de veículos/população x 1000) Frequência das linhas por UP (maior valor - valor da UP)
<b>MEIO AMBIENTE</b>	Conforto Acústico	Tranquilidade sonora (Maior valor de ocorrências da PMMG de ruídos - valor da UP)
	Qualidade do Ar	Ausência de coletivos poluidores (número de veículos não autuados/total de vistoriados x 100)
	Área Verde	Área verde por habitante (área verde/população)
<b>SAÚDE</b>	Atenção à Saúde	Centros de Saúde por 1.000 habitantes (número de centros de saúde/população x 1000)
		Outros Equipamentos de Assistência Médica (número de outros equipamentos/população x 1000)
	Vigilância à Saúde	Equipamentos Odontológicos (número de equipamentos odontológicos/população x 1000) Ausência de Anos Potenciais de Vida Perdidos (maior valor - valor da UP)
<b>SERVIÇOS URBANOS</b>	Serviços Pessoais	Agências Bancárias (número de agências bancárias/população x 10000)
		Postos de Gasolina (número de postos de gasolina/população x 10000)
		Farmácias (número de farmácias/população x 10000)
		Correios (Número de correios/população x 10000)

	Serviços de Comunicação e Tecnologia	Espaços públicos para inclusão digital (número de pontos de acesso à internet/população x 10000) Telefones públicos (número de telefones públicos/população x 10000)
<b>SEGURANÇA URBANA</b>	Segurança Pessoal	Ausência de crimes contra a pessoa [(Valor máx. ocorrências homicídio tentado e consumado - valor UP) / população UP/1000]
	Segurança Patrimonial	Ausência de crimes contra o patrimônio [(Valor máx. ocorrências de roubo, furto e assalto - valor na UP) /população UP/1000]
	Segurança no Trânsito	Ausência de acidentes de trânsito [(Valor máx. ocorrências de acidentes no trânsito - valor na UP) / população UP/1000]

Fonte: BELO HORIZONTE, 2022.

O IQVU de Belo Horizonte apresenta relevância para a realidade do município. Portanto, faz-se necessária uma análise de como elencar estes fatores do IQVU com os fatores propostos em *Smart Cities*.

Para aprimorar a análise destes indicadores, no intuito de permitir a customização do modelo proposto, pode-se lançar mão de ferramentas de prospecção e previsão de cenários. Essas ferramentas permitem a tomada de decisões mais assertiva e a criação de cenários norteadores.

## 5. ETAPA 2: DESIGN

Após levantar os indicadores supracitados, foi preciso realizar uma análise minuciosa sobre cada um deles. Essa análise serviu de base para a criação de uma proposta pelo autor que fosse satisfatória, unindo todos os pontos positivos e importantes dos modelos. Abaixo, será elucidado como essa proposta foi construída.

### 5.1. Análise dos Indicadores

Com o intuito de desenhar uma proposta eficiente de indicador de *Smart City* que leve em conta elementos da sustentabilidade das cidades e qualidade de vida de

seus moradores, foi realizada uma análise de todos os indicadores e taxonomias descritas nos tópicos acima, sendo eles: modelo Charalampos Alexopoulos, modelo Boyd Cohen, modelo Ruddolf Giffinger, ISO 37.120/2017 e Índice de Qualidade de Vida Urbana (IQVU).

A análise se deu através da leitura dos artigos publicados pelos autores e *links* associados os quais foram acessados através de pesquisa nos domínios de Google Acadêmico, Scielo e Base de dados da Universidade Federal de Minas Gerais. Nestes artigos, os autores descreveram as estruturas que propuseram para os indicadores, as quais foram analisadas.

No caso do IQVU de Belo Horizonte, foram acessados os dados abertos no site da prefeitura, bem como o documento com o descritivo da metodologia de cálculo dos indicadores (BELO HORIZONTE, 2021). Os dados abertos serviram para identificar que tipo de informações são coletadas para este cálculo, bem como a estrutura dos temas do indicador.

As estruturas foram dispostas em um sistema de classificação para identificar quais os temas mais recorrentes e os menos recorrentes utilizados pelos especialistas. Para que fosse possível este confronto, foi preciso adotar um sistema de “Tema”, “Subtema” e “Indicador” para padronizar as propostas. O tema é o assunto macro do indicador, enquanto o subtema (adotado para GIFFENGER, COHEN e IQVU) foi utilizado para organizar assuntos mais específicos. O “Indicador” é efetivamente o critério utilizado para medição.

Partindo do pressuposto de que quanto mais ocorrências um tema tem, maior a sua prioridade em relação à Cidade Inteligente e Sustentável, extrai-se de análise a seguinte ordem de prioridade (TABELA):

Tabela 6 - Prioridade dos temas

<b>TEMAS COM PRIORIDADE ALTA</b>	Energia, Infraestrutura e ICT, Meio Ambiente, Saúde, Segurança, Trânsito e Mobilidade.
<b>TEMAS COM PRIORIDADE MÉDIA</b>	Abrigo e Habitação, Cultura, Economia, Educação, Gestão de Recursos Hídricos.
<b>TEMAS COM PRIORIDADE BAIXA</b>	E-Government, Gestão de Resíduos, Governança, Recreação, Turismo.
<b>TEMA NÃO PRIORITÁRIO</b>	Resposta a Incêndios e Emergências.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Benamrou (2019), ISO (2014) e PBH (2006).

Para fins deste estudo, também foram identificados os pontos positivos e negativos de cada sistema de indicadores, mostrados na tabela 7.

Tabela 7 - Análise de pontos positivos e negativos

<b>INDICADOR ANALISADO</b>	<b>PONTOS POSITIVOS</b>	<b>PONTOS NEGATIVOS</b>
<b>ALEXOPOULOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indicador é muito congruente com a ideia de <i>Smart City</i>, levando em conta os principais conceitos de tecnologias que devem haver em uma cidade. Pode ser usado como norte para um município que deseja se tornar <i>smart</i>, agindo como Plano de Ação.</li> <li>- Contempla a maior parte dos temas e foco no conceito de E-Government, ou seja, trazer a governança municipal para a era digital.</li> <li>- Muito bem apresentado na ferramenta do <i>freemind</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quando comparado com os demais sistemas de indicadores pode deixar a desejar no que tange à preocupação com a qualidade de vida da população.</li> <li>- Não permite uma mensuração quantitativa dos indicadores, sendo binário (S/N).</li> </ul>

<b>GIFFENGER</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- É o indicador que possui o maior número de critérios.</li> <li>- Possui critérios relativamente fáceis de serem levantados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alguns critérios podem não ser aplicáveis à realidade do Brasil.</li> <li>- Alguns critérios podem não estar alinhados diretamente com a proposta de <i>Smart Cities</i> e/ou Sustentabilidade.</li> </ul>
<b>COHEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- É o indicador mais completo em termos de apresentação da forma de mensuração. Além de ser quantitativo e tangível, apresenta as fórmulas e unidades nas quais os mesmos devem ser mostrados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possui muitos critérios que podem se tornar dispensáveis para a caracterização de uma cidade sustentável.</li> <li>- Vários critérios podem ser difíceis de se mensurar na realidade atual dos sistemas de governança.</li> <li>- Alguns critérios são aplicáveis apenas à Europa.</li> </ul>
<b>ISO 37120:2017</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indicador foi criado por uma instituição oficial.</li> <li>- Focado na qualidade de vida e serviços municipais.</li> <li>- Fornece a fórmula para calcular os critérios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não leva em considerações parâmetros de <i>Smart Cities</i>.</li> <li>- Depende da aquisição do documento ISO.</li> <li>- Apresenta alguns critérios que podem ser difíceis de contabilizar.</li> </ul>
<b>IQVU BH</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indicador customizado para a cidade de Belo Horizonte, portanto, contempla todos os seus gargalos e dificuldades.</li> <li>- Totalmente focado na qualidade de vida.</li> <li>- Pode ser conciliado à ideia de cidade inteligente.</li> <li>- Todos os dados bem como o método de cálculo são disponibilizados no site do município.</li> <li>- Mutável e dinâmico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deixa de abordar temas importantes no conceito de <i>Smart City</i>.</li> <li>- Alguns fatores podem não ser aplicados a outros municípios.</li> <li>- Não pode ser utilizado como <i>ranking</i> entre duas ou mais cidades.</li> </ul>



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Benamrou (2019), ISO (2017) e PBH (2006).

Para facilitar o entendimento da análise realizada, foi elaborado um mapa mental utilizando a ferramenta mind42, no link <https://mind42.com/public/e0a83c81-7cbd-43ca-960b-3e2b5f78832a> o qual foi publicado e encontra-se disponível *online*.

Se trazidos para a realidade de uma cidade atual, os principais problemas e gargalos realmente incidem sobre os temas considerados prioritários por terem maior ocorrência nos indicadores analisados.

Conforme já discutido, os problemas com a iminente necessidade de mudança de matriz energética, a falta de resposta eficiente para Saúde e Segurança, os problemas atuais com o trânsito e o Meio Ambiente são temas para os quais todos os especialistas em *Smart Cities* tentam propor soluções.

Frente à análise realizada, considerando os pontos positivos e negativos das propostas de indicadores dos especialistas, da ISO 37120:2014 e o IQVU, bem como os níveis de prioridade adotados, é possível desenvolver uma classificação destes indicadores, a qual é elucidada a seguir.

## **5.2. Classificação e Proposta de Indicadores de *Smart City* Sustentável**

Para que o indicador seja o mais completo possível, ele foi dividido em três grandes categorias. A tabela 8 elucida:

Tabela 8 - Divisão do indicador *Smart City* Sustentável

<b>CATEGORIA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>Nº INDICADORES</b>
<b>SMART CITY</b>	São ligados às ferramentas de cidades inteligentes, voltados para otimização tecnológica, dados abertos, processamento de dados em massa e tecnologias de comunicação e informação.	68
<b>SUSTENTABILIDADE</b>	São voltados para a melhoria econômica, social e ambiental do município, de forma macro, impactando indiretamente na qualidade de vida dos cidadãos.	75
<b>QUALIDADE DE VIDA</b>	São voltados para o impacto direto na melhoria da qualidade de vida dos moradores do município.	72
<b>TOTAL DE INDICADORES</b>		215

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Uma vez divididos em macro temas, foi possível também realizar uma divisão entre subtemas. Foi criado então um padrão de convergência, identificando quantas vezes um subtema se repetia nas propostas estudadas. A tabela 9 exemplifica:

Tabela 9 - Ocorrência de tema por proposta de indicador

TEMA	OCORRÊNCIA DO TEMA POR PROPOSTA				
	ALEXOP.	COHEN	GIFFINGER	ISO	IQVU
CULTURA	X	X	X		X
ECONOMIA	X	X	X	X	
EDUCAÇÃO		X	X	X	X
<i>E-GOVERNMENT</i>	X	X			
ENERGIA	X	X	X	X	X
MEIO AMBIENTE	X	X	X	X	X
RESPOSTA A EMERGÊNCIAS				X	
GOVERNANÇA			X	X	
SAÚDE	X	X	X	X	X
INFRAESTRUTURA E TIC	X	X	X	X	X
RECREAÇÃO				X	X
SEGURANÇA	X	X	X	X	X
HABITAÇÃO		X	X	X	X
TURISMO	X		X		
TRÁFEGO E MOBILIDADE	X	X	X	X	X
GESTÃO DE RESÍDUOS	X	X			
GESTÃO DE ÁGUA	X	X	X	X	

Fonte: elaborado pelo autor (2021).

A tabela 10 apresenta como os temas foram distribuídos pelas suas respectivas prioridades.

Tabela 10 - Distribuição do nº de indicadores por tema

	TEMA	Nº INDICADORES			
		SMART CITY	SUSTENTABILIDADE	QUALIDADE DE VIDA	TOTAL
<b>PRI ORI DA DE ALT A</b>	Energia	4	3	4	11
	Infraestrutura e ICT	8	1	10	19
	Meio Ambiente	8	8	4	20
	Saúde	4	7	6	17
	Segurança	1	4	6	11
	Trânsito e Mobilidade	11	5	7	23
<b>PRI ORI DA DE MÉ DIA</b>	Abrigo e Habitação	3	4	6	13
	Cultura	2	4	3	9
	Economia	4	7	4	15
	Educação	2	7	6	15
	Gestão de Recursos Hídricos	6	7	4	17
<b>PRI ORI DA DE BAI XA</b>	e-Government	7	0	3	10
	Gestão de	2	6	2	10
	Governança	2	5	1	8
	Recreação	0	0	3	3
	Turismo	2	4	1	7
<b>NP</b>	Resposta a Incêndio e	2	3	2	7

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Foram incluídos ainda alguns indicadores não contemplados nos modelos analisados (que são mostrados no Anexo I) porém considerados indispensáveis pelo autor. Ao lado do indicador, consta uma letra que corresponde ao(s) autor(es) que o propôs, sendo: (A) para ALEXOPOULOS, (G) para GIFFENGER, (C) para COHEN, (I) para ISO 37120, (IQ) para IQVU e (T) para TEIXEIRA (acrescentados pelo autor), vide Anexo I. A tabela 11 exemplifica a proposta desenvolvida:

Tabela 11 - Resumo da Proposta de Indicadores de *Smart City* Sustentável

PRIORIDADE	TEMA	NÚMERO DE INDICADORES			
		Smart City	Sustentabilidade	Qualidade de Vida	TOTAL
<b>ALTA</b>	Energia	2(A), 1(C), 1(T)	2(A), 1(C+I)	1(C+I), 3(I)	11
	Infraestrutura e ICT	6(A), 2(C)	1(T)	3(T), 1(A), 1(G+I), 1(G), 1(C), 3(IQ)	19
	M e i o Ambiente	7(A), 1(T)	1(G), 1(G+I), 2(C+I), 4(I)	1(G), 1(I+IQ), 2(IQ)	20
	Saúde	3 ( A ) , 1(A+C)	1(G+C+I), 3(I), 2(IQ)	1(G+I), 1(G), 1(I), 3(T)	17
	Segurança	1(T)	1(A), 3(I)	1(A), 2(G), 1(C+I), 1(I), 1(IQ)	11
	Trânsito e Mobilidade	7 ( A ) , 1 ( A + C ) , 3(C)	3(T), 1(C), 1(I)	2(G), 1(C+I), 2(T), 1(I), 1(I+IQ)	23
<b>Média</b>	A b r i g o e Habitação	2(C), 1(T)	1(G+T), 1(G), 1(IQ), 1(C)	1 ( G ) , 3 ( I ) , 1(IQ), 1(T)	13
	Cultura	2(A)	1(C), 3(IQ)	3(G)	9
	Economia	4(A)	1 ( G + C ) , 1(G+I), 1(C)	4 ( G ) , 1(G+I), 2(I), 1(I+C)	15
	Educação	2(T)	1(C+I+IQ), 1(C+I), 1(I+Q), 4(I)	2(G), 4(T)	15
	Gestão de Recursos Hídricos	4(A), 1(C), 1(T)	1(C), 6(I)	4(I)	17
<b>Baixa</b>	e - <i>Government</i>	6 ( A ) , 1(A+C)	-	2(T), 1(C)	10
	Gestão de Resíduos	2(A)	2(C+I), 4(I)	1(I), 1(T)	10
	Governança	2(T)	1(G), 1(G+I), 3(I)	1(T)	8
	Recreação	-	-	1(IQ), 2(I)	3
	Turismo	2(A)	4(T)	1(T)	7

<b>Não Prioritário</b>	Resposta a 1(T), 1(A) 3(I) 2(I) 7 Incêndio e Emergências
------------------------	---

Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Foi criado ainda um mapa mental para facilitar o entendimento da estrutura, o qual foi publicado e está disponível *online* no sítio: <https://mind42.com/public/ffc18424-3698-4246-9d95-00a6acc8044f>.

## 6. ETAPA 3: IMPLEMENTAÇÃO

Para a terceira e última etapa deste estudo, foi realizada uma comparação dos 17 temas agrupados dos modelos de indicadores com as iniciativas das *Smart Cities* ao redor do mundo. Para tanto, foi realizada uma consulta em dois *rankings* de *Smart Cities*, sendo eles o “*Top 50 Smart City Governments*” e “*Connected Smart Cities*”. Deles, foram selecionadas 35 cidades que se destacavam em termos de engajamento e número de iniciativas. Não foi utilizado nenhum limite geográfico, populacional ou econômico. Para agrupar as iniciativas, foram consultados os *sites* oficiais destas cidades onde as mesmas expunham suas iniciativas. A tabela 12 elucida os resultados desta etapa, bem como alguns exemplos de iniciativas para cada tema:

Tabela 12 - Resultado do levantamento de iniciativas das *Smart Cities*

Indicador/Tema	% das cidades com iniciativas neste tema	Exemplo de iniciativa
<i>Energia</i>	74	Pavimento solar em praça pública para geração de energia (Barcelona)
<i>Infraestrutura e ICT</i>	85	Kit de detecção de objetos para identificar lixo nas ruas (Amsterdã)
<i>Meio Ambiente</i>	94	Modelos tridimensionais para identificar/prevenir ilhas de calor (Lisboa)
<i>Saúde</i>	76	Ambulâncias conectadas para compartilhar informações de saúde (Adelaide)

<i>Segurança</i>	59	Monitoramento em tempo real de possíveis acidentes de trânsito (Adelaide)
<i>Trânsito e Mobilidade</i>	88	Sistema digital de passes durante <i>lockdown</i> (Moscou)
<i>Abrigo e Habitação</i>	65	Novos prédios precisam adotar áreas verdes e energia limpa (Nova Iorque)
<i>Cultura</i>	74	Acesso gratuito pela internet de eventos culturais (Porto Alegre)
<i>Economia</i>	88	Georreferenciamento de estabelecimentos comerciais (Los Angeles)
<i>Educação</i>	79	Uso de TICs nas escolas para encorajar a criação de <i>startups</i> (Pequim)
<i>Gestão de Recursos Hídricos</i>	65	Três plantas de controle da poluição da água (Filadélfia)
<i>e-Government</i>	85	Dados abertos para pastas do governo (Copenhague)
<i>Gestão de Resíduos</i>	82	App que identifica a lata de lixo mais próxima (Nova Iorque)
<i>Recreação</i>	53	Informação em tempo real de locais disponíveis para recreação (Lisboa)
<i>Turismo</i>	50	Transferência de turistas por cabines no aeroporto (Londres)
<i>Resposta a Incêndio e Emergências</i>	44	Centro de operação de emergência (Milão)

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Através desta comparação, nota-se que meio ambiente foi o único tema que apareceu em mais de noventa por cento das cidades pesquisadas. Este tema tem sido muito abordado principalmente com as tendências mundiais e a forma como afeta o cotidiano das pessoas. As mudanças climáticas são um veículo interessante que traz a preocupação para “mais perto de casa” e acaba deixando este tema mais em voga. Além disto, outros fatores dentro do tema contribuem, como o mercado de carbono, a transição energética e combustível, a disposição de resíduos sólidos, as inundações e outros desastres ecológicos e, ainda, a escassez hídrica.

Os fatores de gestão de resíduos e recursos hídricos conversam diretamente com o tema de meio ambiente, e podem ter se “diluído” nas iniciativas intituladas como tal. Isto pode explicar o porquê de ambos não estarem entre os primeiros. O tema de resíduos ainda apresentou uma porcentagem alta, acima de oitenta por cento, o que não pode ser visto para a gestão dos recursos hídricos. Isto pode ser um fator preocupante visto que a água é o bem mais precioso do planeta e pode ser determinante no futuro da vida na Terra e nas atividades humanas, conforme abordado na etapa de diagnóstico.

Entre oitenta e noventa por cento, encontram-se os temas de infraestrutura e ICT, trânsito e mobilidade, economia, *e-government* e gestão de resíduos. Os dois primeiros, junto com meio ambiente, corroboram com a hierarquização que resultou da análise dos modelos propostos. Isso indica que a pesquisa encontra-se no caminho certo. O tema de energia, também ranqueado como alto pelo autor, encontra-se diretamente ligado com os demais, principalmente no tangente ao meio ambiente, sendo uma grande tendência das cidades iniciativas em energia verde e sustentável para o futuro.

Aqui, saúde e segurança aparecem com 76 e 59 por cento, respectivamente. Considera-se que a porcentagem para o tema de saúde é alta, porém não tão alta quanto os demais, mas pode ser argumentado que a maioria dos países do exterior já tem um esquema de saúde bem desenhado e talvez não seja uma prioridade para as cidades como é para o Brasil. O tema de segurança pode se encontrar na mesma situação, uma vez que, apesar de ser um fator determinante para os brasileiros e suas cidades, no exterior pode ser um fator já bem desenvolvido, principalmente quando analisamos a Europa Ocidental.

Outro fator importante de se considerar é que, nesta comparação, o tema de resposta a incêndio e emergências também se encontra em último lugar na intenção de iniciativas das *Smart Cities*, o que também aconteceu na comparação entre os modelos analisados. As cidades do Brasil tem um *gap* nesta área, o que pode não ser verdade para as cidades do exterior, cujos governos já estão “acostumados” a lidar com fenômenos desta natureza, principalmente de origem natural. Os Estados



Unidos, por exemplo, contam com um fundo apenas para a recuperação destes desastres. Isso não isenta, porém, as cidades brasileiras de buscarem mais iniciativas neste contexto.

Recreação e turismo também aparecem com “notas baixas” nesta comparação. Isto se traduz como um ponto de atenção, pois mostra que a maioria das cidades não priorizam estes temas quando pensam em serem inteligentes. Conforme discorrido nos tópicos de Sustentabilidade e Qualidade de Vida, este fator é de extrema importância para o cidadão e deve acompanhar as tendências das tecnologias tanto quanto os demais temas, se não mais. Durante a pandemia, foram observadas iniciativas interessantes que aliavam a tecnologia à estes temas, como por exemplo os eventos *online* que permitiam ao usuário navegar pelo evento sem sair de casa e não deixar de ter esta experiência. Este ponto também corrobora com alguns dos questionamentos trazidos neste estudo, que levanta a hipótese de que avançar em tecnologia não necessariamente indica avançar em qualidade de vida e pensar nas pessoas usuárias das cidades em questão. O mesmo pode ser falado por abrigo e habitação, educação e cultura, que também estão diretamente ligados à qualidade de vida, conforme já amplamente discutido neste estudo.

É possível, portanto, compreender que as cidades estão seguindo os mesmos padrões de priorização dos temas, com exceção a algumas particularidades, o que validou o estudo proposto.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente estudo contempla três etapas do método ADR de desenvolvimento de pesquisa. A quarta etapa, denominada como “evolução”, se torna uma perspectiva futura para aprimorar ainda mais a proposta de indicadores. Pretende-se desenvolver esta etapa em um programa de doutorado adicionando mais alguns ciclos de ADR.

Pretende-se repetir a etapa de Diagnóstico com três ciclos, realizando uma revisão de literatura aprofundada sobre os temas de *Smart Cities*, Sustentabilidade e

Qualidade de Vida Urbana como primeiro ciclo, em seguida abordando os aspectos de percepção dos temas por especialistas e encerrando o terceiro ciclo com a percepção dos moradores, assim traçando um cenário sobre os temas.

Pode-se considerar uma proposta de trabalhos futuros, a etapa de design como uma proposta de modelo conceitual de Sustentabilidade e Qualidade de Vida, aplicados às *Smart Cities* e a de implementação seria a utilização do Método de Delphi Modificado para validação do produto desenvolvido no presente estudo. A etapa de evolução se concentraria na apresentação da proposta de indicador reformulada em um mapa contendo informações sobre as *Smart Cities* do mundo e a comparação das mesmas com a proposta de indicadores, podendo ser retroalimentado de forma a se tornar uma ferramenta de gestão viva.

Pode-se afirmar que os indicadores propostos refletem uma preocupação que os municípios deveriam ter ao adotar ações “*Smart*”, convergindo com a agenda global da tendência sustentável e com a preocupação da melhoria da qualidade de vida dos moradores. O emprego de ferramentas tecnológicas e o ingresso nos *rankings* de *Smart Cities* não necessariamente refletem que esta cidade tem um padrão elevado de vida, como explorado amplamente ao longo deste artigo.

A matriz de indicadores propõe uma listagem de indicadores considerados por especialistas e pelo autor que são indispensáveis na construção de uma cidade inteligente e sustentável, porém não apresenta estudos a fundo de cálculos, simulações com casos reais ou fórmulas matemáticas. Sugere-se para trabalhos futuros, identificar quais fatores são englobados em cada indicador, bem como quais fórmulas matemáticas seriam ideais e factíveis para quantificá-los. Pretende-se utilizar o método de Análise Multicritério para evoluir neste aspecto.

É possível propor ainda uma estrutura de pesos, levando em conta a importância das categorias e dos temas, ou ainda a realidade e objetivo de cada cidade ao se sujeitar a uma análise de indicadores. Por exemplo, se o intuito da cidade é ser reconhecida como inteligente, a categoria “*Smart City*” poderia ter um peso maior. É fortemente sugerido, porém, que a categoria de qualidade de vida seja sempre a de

maior peso, visto que a sustentabilidade e a inteligência de uma cidade devem funcionar sempre para este fim.

O tema *Smart City* deve ser amplamente pesquisado, analisado e divulgado por estudiosos e profissionais da área, para chegar a um consenso que possa ser um conceito padronizado e compartilhado entre os países.

Ao passo de que os países se engajam em uma corrida de aquisição de conhecimento, recursos e visibilidade, é preciso parar para pensar nas pessoas e como a tecnologia impacta em suas vidas. Esta atitude é, além de essencial, humana. Como foi citado acima por um morador de uma *Smart City*, não podemos esquecer o lado “Cidade” e focar apenas no “Inteligente”.

## REFERÊNCIAS

- ALAWADHI, S. *et al.* *Building understanding of Smart City initiatives*. Washington, DC, LNCS 7443, 2012, p. 40–53.
- ALEXOPOULOS, C. *et al.*, *A Taxonomy of Smart Cities Initiatives*. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/333231733> Acesso em: 04 fev. 2020.
- BARACHO, R. M. A., *et al.*, *A Proposal for Developing a Comprehensive Ontology for Smart Cities/Smart Buildings/Smart Life*. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/332028167> Acesso em: 04 fev. 2020.
- BATTY, M. *et al.*, Smart Cities of the Future. *The European Physical Journal Special Topics.*, dez 2012, v. 214, p.481-518.
- BELO HORIZONTE. *Relatório geral sobre o cálculo do Índice de Qualidade de Vida Urbana de Belo Horizonte para 2016*; Belo Horizonte, 2018.
- BENAMROU, B., *et al.*, *Ranking models of Smart Cities*. Tangier, Marrocos, 2016, p.1-8.
- BIRKO, S.; DOVE, E. S.; ÖZDEMİR, V. A Delphi Technology Foresight Study: Mapping Social Construction of Scientific Evidence on Metagenomics Tests for Water Safety . **PLoS ONE**, ed. 10, n. 6, mai, 2015.
- CARAGLIU, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2009). Smart cities in Europe. *Proceedings of the 3rd Central European Conference on Regional Science*, Košice, 1-15. Acesso em: 01 mar. 2016. Disponível em: [http://www.intaaivn.org/images/cc/Urbanism/background%20documents/01\\_03\\_Nijkamp.pdf](http://www.intaaivn.org/images/cc/Urbanism/background%20documents/01_03_Nijkamp.pdf).
- CARDOSO, L. R. A.; ABIKO, A. K.; GONÇALVES, O. M. Prospective study to production chain in housing construction in Brazil. In: CIB WORLD BUILDING CONGRESS 2004, BUILDING FOR THE FUTURE. 2004, Toronto.
- COUTINHO, S., MALHEIROS, T., PADILHA, M. L. Processo participativo de criação de indicadores de desenvolvimento sustentável para o município de Ribeirão Pires, Brasil. *Revista Brasileira De Ciências Ambientais*, Ribeirão Pires, n. 13, ago. 2009. p. 30-50.
- COUTO, E. A. *Aplicação dos indicadores de desenvolvimento sustentável da norma ABNT NBR ISO 37120:2017 para a cidade do Rio de Janeiro e análise comparativa com cidades da América Latina*. 2018. 163 f. Dissertação (Curso de Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- DALKEY, N.; HELMER, O. An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Creative Education*, vol.3, n. 7, nov, 2012, pp.458- 467.

FERLIN, E. P.; REZENDE, D. A. Big data aplicado à cidade digital estratégica: estudo sobre o volume de dados das aplicações smart city. *Revista Gestão & Tecnologia*. Pedro Leopoldo, v. 19, n. 2, p. 175-194, abr./jun. 2019.

FERREIRA, F. L., *Análise de Indicadores Municipais de Sustentabilidade Ambiental Utilizados no Grande ABC*. 2011. 165f., Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Mestrado em Administração, Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, 2011.

FIGUEIREDO, G. M. P., *O Discurso e a Prática de Smart City: Perspectivas críticas e aproximações sistemáticas no contexto de metrópoles latino-americanas*. 2018, 80f., Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

HASHEM, I. A. T., *et.al.*, The Role of Big Data in Smart City, *International Journal of Information Management*, mai 2016, p.748-758. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/ijinfomgt](http://www.elsevier.com/locate/ijinfomgt)>. Acesso em: 05 fev. 2020.

KEENEY, S.; HASSON, F.; MCKENNA, H. The Delphi technique in nursing and health research. *Wiley Blackwell*. Oxford (UK), 2011.

KOMNINOS, Nicos, *et.al.*, Smart Cities as Innovation Ecosystems Sustained by The Future Internet. *HAL: Archives Ouvertes*, 2012, p.1-65.

KUDLAWICZ-FRANCO, C.; SENFF, C. O. QUANDT, C. O.; LANZA, B. Método Delphi para Criação de um Instrumento de Mensuração de Capacidades Dinâmicas em Serviços. *Investigação Qualitativa em Ciências Sociais*, v. 3, Paraná, 2017, pp.114-123.

MARQUES, J. B. V.; FREITAS, D. Método DELPHI: Caracterização e Potencialidades na Pesquisa em Educação. **PRO Posições**, v. 29, n. 2 (87), p. 389-415, mai/ago, 2018.

MASSAROLI, A.; MARTINI, J. G.; LINO, M. M.; SPENASSATO, D.; MASSAROLI, R. Método Delphi como Referencial Metodológico para a Pesquisa em Enfermagem. *Texto e Contexto – Enfermagem*. Florianópolis, v.26, n.4, jan, 2017, p.1-9.

NEIROTTI, P. *et. al.*, Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. *Cities: The International Journal of Urban Policy and Planning*, Torino, 2014, p.25-36.

MULLARKEY, M. T., & HEVNER, A. R. (2019). An elaborated action design research process model. *European Journal of Information Systems*, 28(1), 6–20.

NOSSO FUTURO COMUM (Relatório de Brundtland). Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro. Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1988.

OKOLI, C., SCHABRAM, K. (2010). A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research. In *Sprouts: Working Papers on Information Systems* (Vol. 10, Issue 26).

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU: *Mais de 70% da população mundial viverá nas cidades até 2050*. [2013]. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/onu-mais-de-70-da-populacao-mundial-vivera-em-cidades-ate-2050/>. Acesso em: 03 fev. 2020.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE: *Índice de Qualidade de Vida urbana*. [2020]. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/estatisticas-e-indicadores/indice-de-qualidade-de-vida-urbana>> Acesso em: 10 mar. 2020.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE: Relatório geral sobre o cálculo do Índice de Qualidade de Vida Urbana de Belo Horizonte para 2016; Belo Horizonte, 2018.

RIZZON, Fernanda, *et.al.*, Smart City: Um conceito em construção. *Revista Metropolitana de Sustentabilidade*, São Marcos, set/dez 2017, v. 7, nº 3.

S. SABRI, *et.al.*, “Alternative Planning and Land Administration for Future Smart Cities”, **IEEE Technology and Society Magazine**. Vol.36, No. 2, 2017, pp.33-73.

SOERGEL, D. ; BARACHO, R.M.A. ; MULLARKEY, M. T. . Toward a Comprehensive Smart Ecosystem Ontology ? Smart Cities, Smart Buildings, Smart Life. **Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics**, v. 18, p. 25-36, 2020. Disponível em: <https://www.iis.org/CDs2020/CD2020Spring/papers/ZA311EC.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.

SOERGEL, D. Knowledge Organization Systems. Overview. **Bates ELIS Soergel KOS Overview**. Disponível em: <https://www.dsoergel.com/UBLIS514DS-08.2a-1Reading4SoergelKOSOverview.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.

TEIXEIRA, J.V.S.; BARACHO, R.M.A.; SOERGEL, D. Smart Cities, Sustainability and Quality of Life A Comparison of Indexes and The Indicators They Include. **International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics**. Disponível em: <https://www.iis.org/CDs2022/CD2022Spring/papers/ZA796DT.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2022.

WILD, C.; TORGERSEN, H. Lessons from three European Delphi studies. **Foresight in Medicine**. Áustria, Set, 1999: 114-119.

WU, Yenchun Jim, CHEN, Jeng-Chun, “A Structured Method for Smart City Project Selection”, **International Journal of Information Management**. Vol. 56, No. 31, 2021, pp. 1-9.

ZHAO, F.; FASHOLA, O.I.; TOLULOPE, I.O.; IJEOMA, O.; “Smart City Research: a holistic and state-of-the-art literature review. **The International Journal of Urban Policy and Planning**. Vol. 126, 2022, pp.

ZANELLA, Andrea, *et.al.*, Internet of Things for Smart Cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 2014, v. 1, n. 1, p.22-32.

## ANEXO A - Matriz de indicadores de *Smart City* Sustentável

TEMA	ÂMBITO RELACIONADO		
	SMART CITY	SUSTENTABILIDADE	QUALIDADE DE VIDA
Energia	Implantação de sistemas inteligentes em prédios públicos (A)	Construção de fazendas eólicas (A)	Total de energia utilizada nas residências per capita (C, I)
	Medidores inteligentes de energia (A)	Instalação de placas fotovoltaicas em prédios públicos (A)	Porcentagem de população com serviço de eletricidade autorizado (I)
	% da rede municipal de distribuição que atende os requisitos de smart grid (C)	% de energia derivada de fontes renováveis (C,	Média de interrupções de eletricidade por usuário por ano (I)
	Dados abertos de consumo de energia (T)	-	Média de duração de interrupções de eletricidade (em horas) (I)
Infraestrutura e ICT	Implementação de wifi grátis em locais e prédios públicos (A)	% de empregos ligados à área de ICT e Infraestrutura (T)	Quantidade de kBs recebidos nos aparelhos dos usuários/minuto em acesso ao wifi público (T)
	Implementação de rede de fibra ótica (A)	-	% da população com acesso a fibra ótica (T)
	Infraestrutura de Centrais de coleta e armazenamento de dados para sensores de IOT (A)	-	Quiosques de informações para cidadãos e visitantes (A)
	Upgrade de hardware e software para Departamentos Municipais com Backoffices altamente eficientes (A)	-	Eficiência dos painéis eletrônicos nas informações oferecidas ao usuário (T)
	Digitalização de documentos públicos (A)	-	% de domicílios com acesso a internet (G, I)
	Instalação de painéis eletrônicos com informações em tempo real (ex. temperatura, notícias, etc.) (A)	-	% de domicílios que contém computador (G)
	Nº de infraestruturas com sensor instalado (C)	-	Quantidade de kBs recebidos nos aparelhos dos usuários/minuto em acesso à rede doméstica (C)

P  
R  
I  
O  
R  
I  
D  
A  
D  
E  
A  
L  
T  
A

		Nº de serviços integrados em um centro de operações com dados em tempo real (C)	-	Correios (Número de correios/população x 10000) (IQ)
		-	-	Espaços públicos para inclusão digital (número de pontos de acesso à internet/população x 10000) (IQ)
		-	-	Telefones públicos (número de telefones públicos/população x 10000) (IQ)
<b>P R I O R I D A D E A L T A</b>	<b>TEM A</b>	<b>ÂMBITO RELACIONADO</b>		
		<b>SMART CITY</b>	<b>SUSTENTABILIDADE</b>	<b>QUALIDADE DE VIDA</b>
	<b>Meio Ambiente</b>	Instalação de sensores de medição de radiação eletromagnéticos (A)	Incidência de Smog de verão (Ozônio) (G)	Doenças crônicas respiratórias fatais por habitante (G)
		Instalação de sensores de medição de ruído (A)	Incidência de Material particulado (G, I)	Incidência de Poluição sonora (I, IQ)
		Instalação de sensores de medição da qualidade do ar (A)	Incidência de Material particulado fino (C, I)	Ausência de coletivos poluidores (número de veículos não autuados/total de vistoriados x 100) (IQ)
		Instalação de sensores de medição de pluviometria (A)	Emissão de GEE em ton/capta (C, I)	Área verde por habitante (área verde/população) (IQ)
		Instalação de sensores de medição de micropartículas na atmosfera (A)	Concentração de NO <sup>2</sup> (dióxido de nitrogênio) (I)	-
		Instalações sismográficas (A)	Concentração de SO <sup>2</sup> (dióxido de enxofre) (I)	-
		Instalação de sensores de medição de Rádion (A)	Concentração de O <sup>3</sup> (ozônio) (I)	-
		Dados abertos de meio ambiente (T)	Percentual de mudança em vegetação nativa (I)	-
<b>Saúde</b>	Implementação de sistema de telemonitoramento do sistema de saúde para apoio a grupos vulneráveis (ex. PCD, alzheimer, etc) (A)	Expectativa de vida (G, C, I)	Camas de hospital por habitante (G, I)	
	Implementação de sistemas de telemedicamentos nos cidadãos para mensuração de indicadores-chave (ex. pressão, glicose, etc.)	Médicos por habitante (G, I)	Satisfação com a qualidade do sistema de saúde (G)	
	Implantação de sistemas que incorporam conselhos dos médicos dos hospitais e clínicas (A, C)	Mortalidade de menores de idade por 100.000 nascidos vivos (I)	Taxa de suicídio por 100.000 habitantes (I)	



	<b>de</b>	Implementação de aplicativos para monitoramento remoto de pacientes em áreas rurais isoladas (A)	Número de profissionais de enfermagem e obstetrícia por 100.000 habitantes (I)	% da população com acesso a plano de saúde (T)
	-		Número de profissionais de saúde mental por 100.000 habitantes (I)	% da população com acesso a equipamentos do SUS sem necessidade de utilizar veículo (T)
	-		Centros de Saúde por 1.000 habitantes (IQ)	% da população com acesso ao PSF (T)
	-		Equipamentos Odontológicos (número de equipamentos odontológicos/população x 1000) (IQ)	-
<b>P R I O R I D A D</b>	<b>TEMA</b>	<b>ÂMBITO RELACIONADO</b>		
		<b>SMART CITY</b>	<b>SUSTENTABILIDADE</b>	<b>QUALIDADE DE VIDA</b>
	<b>Segurança</b>	Dados abertos de segurança (T)	Monitoramento das condições climáticas (previsão do tempo) para fins de agricultura (A)	Ações e planos de proteção de cidadãos em emergências (ex. enchente, terremoto) (A)
		-	Número de oficiais da polícia por 100.000 habitantes (I)	Taxa de criminalidade (G)
		-	Crimes contra propriedades por 100.000 habitantes (I)	Taxa de morte por assalto (G)
		-	Tempo de resposta da polícia a partir da ligação inicial (I)	Taxa de crimes violentos/ 100.000 habitantes (C, I)
		-	-	Número de homicídio por 100.000 habitantes (I)
		-	-	Ausência de acidentes de trânsito (IQ)
		Instalações para otimização do gerenciamento de tráfego em tempo real utilizando aplicações especializadas (A)	Uso de veículos movidos a combustível não fóssil (T)	Satisfação com a qualidade do transporte público (G)
		Uso de sistemas inteligentes para movimento seguro nas faixas de pedestre (A)	% de carros com catalisador (T)	Acessibilidade internacional (G)

<b>D E A L T A</b>	<b>Trânsi to e Mobili dade</b>	Pontos de ônibus inteligentes (ex. marcação de chegada de ônibus online) (A, C)	Nº de estações de recarga veicular dentro da cidade (C)	km de ciclovias por 100.000 m <sup>2</sup> (C, I)
		Instalação de sensores em meios de transporte ou rodovias para monitoramento do trânsito (A)	Conectividade aérea comercial (número de destinações aéreas comerciais sem paradas) (I)	% da população com acesso a transporte público (T)
		Placas informativas inteligentes de condições de trânsito (A)	% da frota pública que não utiliza combustível fóssil (T)	Quilômetros de sistema de transporte público de alta capacidade por 100.000 habitantes (I)
		Sensores de estacionamento para orientar os motoristas sobre disponibilidade de vagas (A)	-	Número de automóveis pessoais per capita (I, IQ)
		Aplicativos para traçar rotas de ciclistas (A)	-	Média de tempo de espera pelo transporte público/ habitante (T)
		Sistema automatizado para bicicletas públicas (A)	-	-
		Sistema integrado de cobrança para transporte público (C)	-	-
		% de luzes de trânsito conectadas a sistema de gerenciamento de tráfego em tempo real (C)	-	-
		Disponibilidade de app de trânsito multi-modal (C)	-	-

<b>TEM A</b>	<b>ÂMBITO RELACIONADO</b>		
	<b>SMART CITY</b>	<b>SUSTENTABILIDADE</b>	<b>QUALIDADE DE VIDA</b>
<b>Abrig o e Habit ação</b>	% de edificações comercializadas com	Parcela de casas que atendem aos requisitos mínimos do	Satisfação pessoal com a situação de habitação (G)
	% de edificações comercializadas com	Média de área habitável por habitante (G)	Percentual da população vivendo em favelas (I)
	% de casas com acesso a assistente digital (T)	Índice do Risco Geológico do Terreno (indicador fornecido já	Número de desabrigados por 100.000 habitantes (I)
	-	Nº de edifícios na cidade com selos LEED (C)	Percentual de domicílios que existem sem documentação

P R I O R I D A D E M É D I A	-	-	Área residencial adequada por habitante (m2 de área	
	-	-	% da população com residência	
	Cultu ra	Digitalização de conteúdo de museus para criar	% do orçamento municipal investido em cultura (C)	Comparecimento aos cinemas por habitante (G)
		Museu digital para exposições naturais e culturais do município	Número de equipamentos culturais/população x 1000 (IQ)	Visitas a museus por habitante (G)
		-	Área de livrarias e papelarias/	Comparecimento ao teatro por
		-	Número de bancas de revistas/	-
	Econ omia	Ações de contratações via site municipal (A)	Gastos em Pesquisa e Desenvolvimento em % do GPD	Taxa de desemprego (G, I)
		Promoção de atividades tecnológicas de inovação	Taxa de emprego em setores de conhecimento intensivo (G)	Porcentagem da população da cidade vivendo na pobreza (I)
		Serviços de consulta interativa para jovens empreendedores em	Patentes por habitante (G, I)	Porcentagem de pessoas empregadas fulltime (I, C)
		Plataforma de competição	Novos negócios registrados (G)	Taxa de desemprego entre os jovens (I)
		-	GDP por pessoa empregada (G)	-
		-	Empresas com sede na cidade e que tenham ações na bolsa	-
		-	Produto regional bruto/capita	-

TEM A	ÂMBITO RELACIONADO		
	SMART CITY	SUSTENTABILIDADE	QUALIDADE DE VIDA
Educ ação	Dados abertos relacionados à	% de estudantes que completaram o ensino médio	Satisfação com o acesso ao sistema educacional (G)
	% de universidades com acesso ao ensino	Nº de diplomas de graduação/100.000 habitantes (C, I)	Satisfação com a qualidade do sistema educacional (G)
	-	Porcentagem de população feminina em idade escolar	% da população com acesso ao ensino superior (T)
	-	Porcentagem de estudantes completando a educação	% da população com acesso a bolsas do governo para ensino superior (T)
	-	Razão entre estudantes de educação primária/professor (I)	% da população com acesso a escola de ensino fundamental no seu bairro
	-	Porcentagem de população masculina em idade escolar	% da população com acesso a escola de ensino médio no seu bairro (T)

INDICADORES	-	Porcentagem de população em idade escolar matriculada em	-
	Sistema online de monitoramento da	Total de consumo de água/capta (l/dia) (C)	Percentual da população servida por coleta de esgoto (I)
	Sistema online de monitoramento de possíveis vazamentos	Percentual do esgoto municipal que recebe tratamento primário (I)	Percentual do esgoto municipal não tratado (I)
	Sistema de monitoramento e gerenciamento online	Percentual do esgoto municipal que recebe tratamento secundário (I)	Percentual da população com serviço de abastecimento de água potável (I)
	Coleta online de dados de hidrômetros (A)	Percentual do esgoto municipal que recebe tratamento	Média anual de interrupção do serviço de água por domicílio (I)
	% de prédios edificações comerciais com medidores de	Consumo residencial total de água per capita (litros/dia) (I)	-
	Dados abertos sobre gestão hídrica (T)	Consumo total de água per capita (litros/dia) (I)	-
-	Percentual de perda de água (água não contabilizada) (I)	-	

TEMA	ÂMBITO RELACIONADO		
	SMART CITY	SUSTENTABILIDADE	QUALIDADE DE VIDA
e-Government	Aplicativo de voto eletrônico (e-voting) para	-	% da população com smartphones (T)
	Aplicativo para consulta eletrônica em decisões e planos importantes (planos	-	% da população com acesso ao site da prefeitura (T)
	Conversão de serviços públicos para online visando acessibilidade a	-	Existência de pagamentos eletrônicos de benefícios (C)
	Desenvolvimento de aplicativos para solicitações	-	-
	Sistema de monitoramento online de quorum de	-	-
	Acesso livre a dados abertos para uso de outras	-	-
	Aplicativos GIS para construções de prédios urbanos (áreas adequadas	-	-

<b>X A</b>	<b>Gestão de Resíduos</b>	Sistema online de gerenciamento de containers de resíduos	% do resíduo sólido da cidade que é reciclada (C,I)	Percentual da população com coleta regular de resíduos sólidos residenciais (I)
		Gerenciamento de frota de coleta de resíduos (GPS) (A)	Total do resíduo sólido do município coletado/	% da população com acesso à coleta seletiva (T)
		-	Percentual do resíduo sólido do município	-
		-	Percentual do resíduo sólido do município	-
		-	Percentual do resíduo sólido do município	-
		-	Geração de resíduo	-

	<b>TEMA</b>	<b>ÂMBITO RELACIONADO</b>		
		<b>SMART CITY</b>	<b>SUSTENTABILIDADE</b>	<b>QUALIDADE DE VIDA</b>
<b>P R I O R I D A D E B A I X A</b>	<b>Governança</b>	% da população registrada para o	Representantes públicos por habitante (G)	Satisfação da população com a qualidade do serviço público (T)
		Dados abertos sobre a gestão	Parcela de representantes	-
		-	Participação de votantes na última eleição municipal (como	-
		-	Percentual de mulheres do total de eleitos para cargos públicos	-
		-	Número de eleitores registrados como percentual dos eleitores	-
	<b>Recreação</b>	-	-	Quadras, campos, academias a céu aberto, academias da cidade e outros equipamentos
		-	-	Metros quadrados em espaços fechados de
		-	-	Metros quadrados em espaços abertos de
	<b>Turismo</b>	Desenvolvimento de guia eletrônico	Número de visitantes/ano (T)	% da população que já viajou internacionalmente (T)
		Desenvolvimento de aplicativos de conteúdo turístico	Disponibilidade de hotéis e similares (T)	-
		-	Número de viagens nacionais/habitante (T)	-

	-	Número de viagens internacionais/	-
--	---	-----------------------------------	---

N Ã O P R I O R I T Ã D A D E	TEMA	ÂMBITO RELACIONADO		
		SMART CITY	SUSTENTABILIDADE	QUALIDADE DE VIDA
	<b>Resposta a Incêndio e Emergência</b>	Sistema de alerta rápido e resposta para desastres	Número de bombeiros por 100.000 habitantes (I)	Número de mortes por incêndio por 100.000 habitantes (I)
		Sistema de alerta rápido e resposta a	Tempo de resposta para serviços de emergência	Número de mortes relacionadas a desastres naturais por 100.000 habitantes (I)
			Tempo de resposta do corpo de bombeiros a	-