UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA PROPRIEDADE INTELECTUAL

GIOVANNA MARTINS SAMPAIO

MODELO DE INDICADORES E MATURIDADE PARA CIDADES INTELIGENTES: INTEGRAÇÃO ENTRE PROPRIEDADE INTELECTUAL, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO.

Aracaju–SE

2026

GIOVANNA MARTINS SAMPAIO

MODELO DE INDICADORES E MATURIDADE PARA CIDADES INTELIGENTES: INTEGRAÇÃO ENTRE PROPRIEDADE INTELECTUAL, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO.

Tese apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em ciência da Propriedade Intelectual.

Área de concentração: Adm/Interdisc X.

ORIENTADOR: Prof. Dr. João Antonio Belmino dos Santos

Aracaju–SE

2026

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Sampaio, Giovanna Martins
S192m Modelo de indicadores e maturidade para cidades inteligentes : integração entre propriedade intelectual, inteligência artificial e ecossistemas de inovação / Giovanna Martins Sampaio ; orientador João Antonio Belmino dos Santos. – São Cristóvão, 2026.
275 f. : il.

Tese (doutorado em Ciência da Propriedade Intelectual) – Universidade Federal de Sergipe, 2026.

1. Propriedade intelectual. 2. Cidades inteligentes. 3. Inteligência artificial. 4. Inovações tecnológicas. 5. Desenvolvimento sustentável. I. Santos, João Antonio Belmino dos, orient. II. Título.

CDU 347.77:004.8

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA PROPRIEDADE INTELECTUAL

ATA DE DEFESA PÚBLICA DE TESE DE DOUTORADO

Ao primeiro dia do mês de junho de dois mil e vinte e seis, às nove horas, reuniram-se em formato online, pelo google meet, sala link https://meet.google.com/bwp-hotz-jyf , os membros da Comissão Examinadora: Prof. Dr. João Antônio Belmino dos Santos (Orientador), Prof. Dr. Mario Jorge Campos dos Santos (Examinador Interno), Prof. Dr. Cleiton Rodrigues de Vasconcelos (Examinador Interno), Profa. Dra. Neila de Paula Pereira (Examinadora Externa) e Prof. Dr. Francisco Valdivino Rocha Lima (Examinador Externo), para avaliar o trabalho intitulado: **MODELO DE INDICADORES PARA CIDADES INTELIGENTES: INTEGRAÇÃO ENTRE PROPRIEDADE INTELECTUAL, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, MOBILIDADE URBANA E ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO.** O Orientador, assumindo os trabalhos na qualidade de Presidente, passou a palavra a candidata, para que ela expusesse sua Tese, informando que a mesma dispunha de 20 (vinte) minutos para a sua apresentação, que cada examinador iria dispor de 15 (quinze) minutos para fazer arguições e que a candidata gozaria de 15 (quinze) minutos para responder aos questionamentos. Terminada a exposição da candidata, o Presidente passou a palavra aos Membros da Comissão, que iniciaram a arguição. Terminada a arguição, a candidata retirou-se da sala virtual para que os Membros da Comissão lhe atribuíssem as notas. Logo em seguida, o Presidente anunciou que a candidata foi considerada APROVADA. Foi concedido um prazo de 30 dias para efetuar as correções sugeridas e apresentar o trabalho em sua redação definitiva. O Presidente proclamou a candidata DOUTORA EM CIÊNCIA DA PROPRIEDADE INTELECTUAL, devendo este resultado ser homologado pela Comissão da Coordenação de Pós-Graduação. Em seguida, o Presidente agradeceu aos Membros da Comissão Examinadora, aos presentes e encerrou a sessão. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente Ata, que vai assinada pelo Presidente, João Antônio Belmino dos Santos e demais Membros da Comissão Examinadora. São Cristóvão/SE, Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos, 01 de junho de 2026.

São Cristóvão/SE, 01 de Junho de 2026.

gov.br Documento assinado digitalmente
JOAO ANTONIO BELMINO DOS SANTOS
Data: 08/06/2026 16:56:04-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. João Antonio Belmino dos Santos

Orientador

gov.br Documento assinado digitalmente
MARIO JORGE CAMPOS DOS SANTOS
Data: 16/06/2026 09:09:20-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Mario Jorge Campos dos Santos

Examinador interno

gov.br Documento assinado digitalmente
CLEITON RODRIGUES DE VASCONCELOS
Data: 03/06/2026 20:43:16-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Cleiton Rodrigues de Vasconcelos

Examinador interno

Profa. Dra. Neila de Paula Pereira

Examinador externo

gov.br Documento assinado digitalmente
NEILA DE PAULA PEREIRA
Data: 05/06/2026 14:16:06-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

gov.br Documento assinado digitalmente
FRANCISCO VALDIVINO ROCHA LIMA
Data: 02/06/2026 16:36:57-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Francisco Valdivino Rocha

gov.br Documento assinado digitalmente
GIOVANNA MARTINS SAMPAIO
Data: 09/06/2026 09:35:26-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Giovanna Martins Sampaio

Doutoranda

GIOVANNA MARTINS SAMPAIO

MODELO DE INDICADORES E MATURIDADE PARA CIDADES INTELIGENTES: INTEGRAÇÃO ENTRE PROPRIEDADE INTELECTUAL, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO.

Aracaju-SE, 31 de março de 2026.

Prof. Dr. João Antonio Belmino dos Santos (Orientador)

Prof.ª Dr.a Neila de Paula Pereira - EXTERNO

Prof.ª Dr.º Mario Jorge Campos - INTERNO

Prof.ª Dr.º Francisco Valdivino Rocha Lima - EXTERNO

Prof.ª Dr.º Cleiton Rodrigues de Vasconcelos - INTERNO

RESUMO

A consolidação da Inteligência Artificial (IA) como tecnologia de propósito geral tem promovido transformações estruturais na economia do conhecimento, na governança pública e nos processos de inovação urbana, especialmente no contexto das cidades inteligentes, caracterizadas pela articulação entre infraestrutura digital, capital humano e gestão orientada por dados; nesse cenário, a incorporação de sistemas algorítmicos e análise massiva de dados redefine práticas decisórias e reforça a centralidade da governança baseada em evidências, ao mesmo tempo em que a expansão de ativos intangíveis, como algoritmos, softwares e bases de dados, amplia a relevância estratégica da propriedade intelectual, tensionando conceitos tradicionais de autoria e titularidade (WIPO, 2017; ABBOTT, 2020; BESSEN, 2019); a presente tese analisa essas interações por meio de abordagem quali-quantitativa, combinando revisão sistemática da literatura e investigação empírica (survey), e propõe como contribuição central um Modelo de Indicadores de Maturidade Sociotécnica, estruturado de forma multidimensional, integrando dimensões tecnológicas, econômicas, institucionais e sociais, com destaque para um índice sintético capaz de mensurar, de forma sistêmica, o desenvolvimento urbano orientado por dados e inovação (JANNUZZI, 2012; OECD, 2019; WIPO, 2023); os resultados evidenciam que contextos urbanos com maior maturidade institucional, governança de dados estruturada e mecanismos consolidados de proteção intelectual apresentam maior alinhamento entre inovação tecnológica e segurança jurídica, enquanto ambientes com fragilidades regulatórias revelam maior percepção de risco e incerteza quanto à apropriação de ativos gerados por sistemas inteligentes (FLORIDI et al., 2018; WORLD BANK, 2021); Na era da IA, a propriedade intelectual deve ser compreendida não apenas como instrumento de exclusividade econômica, mas como mecanismo estratégico de governança da inovação urbana, sendo o modelo proposto um arcabouço analítico integrado capaz de subsidiar políticas públicas orientadas por evidências no contexto das cidades inteligentes. Assim, na revisão sistemática, foram investigados 48 artigos científicos, tendo a pesquisa adotado abordagem multimétodos, contemplando análise bibliométrica, patentometria e levantamento empírico com 111 respondentes. O instrumento apresentou elevada confiabilidade (Alfa de Cronbach = 0,81). As análises estatísticas identificaram 3 clusters de percepção sobre Inteligência Artificial em cidades inteligentes. As correlações observadas variaram entre 0,544 e 0,647, indicando associações positivas moderadas a fortes entre IA, inovação urbana e transformação setorial. As correlações de Spearman demonstraram que as associações foram positivas e estatisticamente significativas. Foram evidenciadas também diferenças estatisticamente significativas entre grupos de familiaridade tecnológica e setor de atuação através da comparação entre grupos pela Anova. O modelo de regressão linear apresentou ajuste estatisticamente significativo ($R^2 = 0,392$; $F = 70,99$; $p < 0,001$), demonstrando que a percepção da influência da IA nas cidades inteligentes explica aproximadamente 39,2% da variabilidade da importância futura atribuída à tecnologia nos setores de atuação, tendo como coeficiente da variável independente “Influência da IA no desenvolvimento das cidades inteligentes” o valor 0,614 e como constante 1,677. Esses resultados confirmam a relevância da IA como tecnologia estruturante para a inovação, governança e desenvolvimento das cidades inteligentes.

Palavras-chave: Patentes; Softwares; Tecnologia(s) estruturante(s); Inovação e Ecossistema sociotécnico; Leis e regulações; ODSs e Rankings; Governança e Ética.

ABSTRACT

The consolidation of Artificial Intelligence (AI) as a general-purpose technology has driven structural transformations in the knowledge economy, public governance, and urban innovation processes, particularly in the context of smart cities, which are characterized by the articulation of digital infrastructure, human capital, and data-driven management; in this scenario, the incorporation of algorithmic systems and large-scale data analytics reshapes decision-making practices and reinforces the centrality of evidence-based governance, while the expansion of intangible assets such as algorithms, software, and databases increases the strategic relevance of intellectual property, challenging traditional concepts of authorship and ownership (WIPO, 2017; ABBOTT, 2020; BESSEN, 2019); this thesis analyzes these interactions through a quali-quantitative approach, combining a systematic literature review with empirical investigation (survey), and proposes as its main contribution a Sociotechnical Maturity Indicators Model, structured in a multidimensional manner, integrating technological, economic, institutional, and social dimensions, with emphasis on a composite index capable of systematically measuring data-driven and innovation-oriented urban development (JANNUZZI, 2012; OECD, 2019; WIPO, 2023); the results show that urban contexts with higher institutional maturity, structured data governance, and consolidated intellectual property protection mechanisms demonstrate greater alignment between technological innovation and legal certainty, whereas environments with regulatory weaknesses exhibit higher perceived risk and uncertainty regarding the appropriation of assets generated by intelligent systems (FLORIDI et al., 2018; WORLD BANK, 2021); it is concluded that, in the AI era, intellectual property should be understood not only as an instrument of economic exclusivity but also as a strategic mechanism for governing urban innovation, with the proposed model providing an integrated analytical framework capable of supporting evidence-based public policies in the context of smart cities.Thus, the systematic literature review investigated 48 scientific articles, while the research adopted a multi-method approach encompassing bibliometric analysis, patentometric analysis, and an empirical survey involving 111 respondents. The research instrument demonstrated high reliability (Cronbach's Alpha = 0.81). Statistical analyses identified three perception clusters regarding Artificial Intelligence (AI) in smart cities. The observed correlations ranged from 0.544 to 0.647, indicating moderate to strong positive associations among AI, urban innovation, and sectoral transformation. Spearman correlation analyses further demonstrated that these relationships were positive and statistically significant. Statistically significant differences were also identified among groups according to technological familiarity and sector of activity through Analysis of Variance (ANOVA). The linear regression model presented a statistically significant fit ($R^2 = 0.392$; $F = 70.99$; $p < 0.001$), demonstrating that perceptions of AI's influence on smart city development explain approximately 39.2% of the variance in the future importance attributed to the technology across professional sectors. The coefficient associated with the independent variable, "Influence of AI on the Development of Smart Cities," was 0.614, while the model constant was 1.677. These findings confirm the relevance of AI as a foundational and enabling technology for innovation, governance, and the development of smart cities.

Keywords: Patents; Software; Structuring Technology(ies); Innovation and Sociotechnical Ecosystem; Laws and Regulations; SDGs and Rankings; Governance and Ethics;

AGRADECIMENTO

A realização desta pesquisa representa a convergência de esforços acadêmicos, institucionais e pessoais, tornando indispensável o reconhecimento àqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para sua concretização.

Agradeço a Deus por esta conquista, pela oportunidade, força e perseverança ao longo desta trajetória, e peço para que me dê sabedoria para conquistar muito mais.

A minha família; Meus pais, Janete e César, que são a base de todos os meus valores e conquistas; Minhas irmãs, Carol e Gaby, e a meu sobrinho, Arthur Johan, por todo suporte.

Em especial, a Bruno, pelo companheirismo, pelo apoio constante, pela compreensão nos momentos desafiadores e por estar presente em cada etapa desta jornada, contribuindo de forma fundamental para a realização deste trabalho.

A meu primo Matheus, pelos insights valiosos.

A meu orientador e meus professores e mestres, pela orientação rigorosa, pelas contribuições fundamentais ao desenvolvimento deste trabalho, que foram essenciais para o amadurecimento científico desta pesquisa.

À instituição de ensino e ao corpo docente, pela formação acadêmica sólida e pelo ambiente intelectual que possibilitou o desenvolvimento deste estudo.

Aos participantes da pesquisa, que através das respostas ao questionário aplicado gentilmente contribuíram com seu tempo e conhecimento, permitindo a construção da base empírica deste trabalho.

Aos colegas e amigos, pelo apoio, incentivo e troca de experiências ao longo desta jornada.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

E a todos aqueles que acreditam no poder do conhecimento, da ciência e da inovação como instrumentos de transformação social.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da pesquisa 20
Figura 2 – Word cloud 26
Figura 3 – Fluxograma para indicadores em smart cities 26
Figura 4 – Gráfico da Distribuição dos trabalhos por área – Web of Science 47
Figura 5 – Gráfico da Distribuição dos trabalhos por instituição – Scopus 50
Figura 6 – Gráfico da Evolução dos trabalhos publicados por ano – Scopus 50
Figura 7 – Gráfico da Distribuição dos trabalhos por área – Scopus 51
Figura 8 – Gráfico da Distribuição dos trabalhos por autoria – Scopus 51
Figura 9 – Gráfico da Distribuição dos trabalhos por país – Scopus 52
Figura 10 – Gráfico da Distribuição dos trabalhos por tipo – Scopus 52
Figura 11 – Gráfico das Patentes por código IPC – Patentscope 71
Figura 12 – Gráfico das Patentes por inventores – Patentscope 72
Figura 13 – Gráfico das Patentes por datas de publicação – Patentscope 72
Figura 14 – Gráfico das Patentes por país – Patentscope 73
Figura 15 – Gráfico das Patentes por aplicantes/titulares 73
Figura 16 – Fluxograma simples das etapas encadeadas da análise estatística desenvolvida 101
Figura 17 – Representação gráfica colorida dos pontos e dimensões analisados 103
Figura 18 – Gráfico da Análise do impacto/influência da IA no desenvolvimento das smart cities 107
Figura 19 – Gráfico Histograma do impacto da IA nas cidades inteligentes 109
Figura 20 – Gráfico da Relação entre a influência atual da IA nas cidades e sua importância futura 110
Figura 21 – Gráfico de dispersão entre percepções de IA 112
Figura 22 – Gráfico Boxplot das percepções dos grupos 120
Figura 23 – Gráfico dos Perfis por agrupamento 122
Figura 24 – Fluxo de maturidade entre IA, PI e cidades inteligentes 126
Figura 25 – Fluxo metodológico da construção dos indicadores para smart cities 135

Figura 26. – Estrutura integrada dos eixos, pilares e perfis sociotécnicos do Modelo de Maturidade Sociotécnica para Cidades Inteligentes (IMSU) 147
Figura 27 – Integração dos eixos dos indicadores para governança das cidades inteligentes 148

Figura 28 - Quadro framework de clusters-KPIs para governança das cidades inteligentes 148

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Objetivos específicos, questões de pesquisa, metodologia e resultados esperados da tese

..... 27

Quadro 2 - Critérios de inclusão e exclusão dos artigos escolhidos para discussão
..... 44

Quadro 3. – Interfaces entre a Tese e os ODS..... 68

Quadro 4 – Resumo estatístico descritivo 106

Quadro 5 – Correlação entre variáveis relacionadas à inteligência artificial e inovação urbana
..... 113

Quadro 6 – Análise da regressão linear 116

Quadro 7 – Variância para testes 117

Quadro 8 – Comparação das análises estatísticas realizadas 125

Quadro 9 – Sumário dos indicadores percebidos e Pesos sugeridos 136

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL 13

2. CONTEXTUALIZAÇÃO 15

3. OBJETIVO GERAL 18

3.1 Objetivos específicos 18

4. METODOLOGIA 19

4.1 Abordagem metodológica 20

4.2 Revisão Sistemática, Bibliométrica, Patentometria e Pesquisa Documental..... 22

4.3 Condução da Pesquisa Empírica 23

4.4 Tratamento dos Dados 25

4.5 Análise Integrada dos Dados 25

5. JUSTIFICATIVA TEMÁTICA DA TESE..... 28

6. REVISÃO DE LITERATURA 29

6.1 Cidades Inteligentes 29

6.2 Inteligência Artificial 31

6.3 Propriedade Intelectual 33

6.4 Mobilidade Urbana Inteligente 35

7. CAPÍTULO 1 40

7.1 INTRODUÇÃO 41

7.2 METODOLOGIA 42

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES 45

7.3.1 Web of Science 45

7.3.2 Scopus 49

7.4 DISCUSSÕES GERAIS 56

7.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 58

7.6 REFERÊNCIAS 60

8. CAPÍTULO 2 63

8.1 INTRODUÇÃO 64

8.2 REFERENCIAL TEÓRICO..... 65

8.2.1 Sistema Internacional de Patentes: Métodos de Busca, Classificação e Mapeamento terminológico e Tecnológico sustentável..... 65

8.2.2 Ranking das cidades inteligentes: critérios e desempenho local 66

8.2.3 Conexão com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)..... 68

8.3 METODOLOGIA..... 69

8.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 71

8.4.1 Patentscope: análises e discussões..... 71

8.4.2 Espacenet/Latipat: análises comparativas..... 77

8.4.3 Figuras de PI registradas nacionalmente: INPI (Propriedade industrial) e Biblioteca Nacional (direitos autorais)..... 79

8.4.4 Propriedade Industrial no contexto das Indicações geográficas 81

8.4.5 Cases possíveis Municipais comparativos de proteção via PI**s** 82

8.5 CONCLUSÕES 83

8.6 REFERÊNCIAS 85
9. CAPÍTULO 3..... 89

9.1 INTRODUÇÃO 90

9.2 REFERENCIAL TEÓRICO..... 91

9.2.1 Inteligência Artificial como tecnologia estruturante..... 91

9.2.2 Segurança, ética e confiança sociotécnica 93

9.2.3 Abordagens Quali-Quantitativas na Análise de Clusters para IA e PI 96

9.3 MATERIAL E MÉTODOS 97

9.3.1 Natureza e Abordagem da Pesquisa..... 98

9.3.2 Tipo e delineamento da pesquisa..... 98

9.3.3 Instrumento de Coleta de Dados..... 99

9.3.4 População e Amostra..... 100

9.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 103

9.5.1 Tratamento Estatístico dos Dados..... 104

9.5.2 Estatística descritiva..... 105

9.5.3 Análise do Histograma da Influência da Inteligência Artificial nas Cidades Inteligentes 109

9.5.4 Avaliação da dispersão entre IA e Cidades inteligentes futuras 110

9.5.5 Análise do Gráfico de Dispersão entre Influência da IA nas Cidades Inteligentes e Importância Setorial da IA..... 111

9.5.6 Matriz de correlação respectiva relativamente às variáveis..... 113

9.5.7 Análise de correlação e regressão linear..... 115

9.5.8 Variância, Anova e Mann-Whitney..... 117

9.5.9 Construção do Índice de Percepção da IA, Clusters e Resultados..... 121

9.5.10 Análise Comparativa dos Perfis de Respondentes por Agrupamento Hierárquico (Clusters) via Dendograma 122

9.6 DISCUSSÕES: SÍNTESE INTERPRETATIVA DOS RESULTADOS ESTATÍSTICOS..... 123

9.6.1 Estatística Descritiva das Variáveis 123

9.6.2 Avaliação da Confiabilidade e Consistência Interna..... 124

9.6.3 Análise de Correlação entre Variáveis..... 124

9.6.4 Análise de Associação entre Variáveis Categóricas..... 124

9.6.5 Construção de Índices e Indicadores Sintéticos..... 125

9.7 CONCLUSÕES..... 127

9.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 129

10. CAPÍTULO 4..... 131

10.1 INTRODUÇÃO..... 131

10.2 REFERENCIAL TEÓRICO..... 132

10.3 MATERIAIS E MÉTODOS..... 134

10.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 136

10.5 DISCUSSÕES..... 142

10.5.1 Síntese analítica dos pilares estruturais do modelo..... 142

10.5.2 Análise dos indicadores de maior peso núcleo do modelo..... 144

10.5.3 Diretrizes para Aplicação do Modelo de Maturidade Sociotécnica..... 146

10.6 CONCLUSÃO..... 146

10.7 REFERÊNCIAS..... 149

11. CONCLUSÃO GERAL..... 151

11.1 Estudos Potenciais Futuros..... 155

11.2 Ampliação do Escopo Empírico..... 155

11.3 Sustentabilidade, Economia Circular e Ativos Intangíveis..... 156

11.4 Aplicação de Métodos Quantitativos Avançados..... 156

11.5 Modelos Baseados em LLMs, Economia do Conhecimento e Turismo Inteligente..... 157

11.6 Indicações Geográficas, Agricultura de Precisão e Sistemas Alimentares Inteligentes..... 158

11.7 Patentes Farmacêuticas, Saúde Digital e Biotecnologia..... 158

11.8 Aplicação de Ferramentas de Engenharia da Inovação e Análise Sistêmica..... 159

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 160

1. INTRODUÇÃO GERAL

O conceito de cidades inteligentes refere-se à adoção de tecnologias digitais e de inteligência artificial para melhorar a eficiência dos serviços urbanos, a sustentabilidade e a qualidade de vida dos cidadãos, articulando soluções baseadas em Internet das Coisas (IoT), análise de dados e sistemas cognitivos complexos. A integração de IA em contextos urbanos viabiliza a análise espacial e preditiva de fenômenos urbanos, que são cruciais para o planejamento de infraestrutura, mobilidade e serviços públicos otimizados com base em dados massivos e algoritmos avançados.

A Inteligência Artificial (IA) consolidou-se como uma das principais tecnologias estruturantes da contemporaneidade, influenciando profundamente os processos produtivos, a gestão inclusive pública e a inovação, bem como a organização social. No contexto das cidades inteligentes, a IA assume papel central ao possibilitar a integração de dados, automação de serviços, apoio à tomada de decisão e otimização de recursos urbanos. Entretanto, sua adoção também suscita debates relacionados à segurança, à confiança e transparência, à governança algorítmica e à proteção de ativos intangíveis (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2017; CARAGLIU; DEL BO; NIJKAMP, 2011).

Os sistemas de IA permitem lidar com variáveis urbanas multicritério e, ao mesmo tempo, promovem modelos de governança orientada por evidências, refletindo uma tendência global de cidades que não apenas utilizam tecnologia, mas aprendem continuamente com ela para se auto ajustarem.

A inovação consiste num pilar predecessor para incentivar a propriedade intelectual e sua consequente proteção dos respectivos direitos de ativos intangíveis e bens imateriais, oferecendo mecanismos de exclusividade a inventores e empresas — proteção essencial para assegurar retorno sobre investimento em pesquisa e desenvolvimento. Contudo, a emergência de sistemas de IA e modelos generativos lança desafios ao escopo tradicional da PI, principalmente no que diz respeito à autoria, titularidade e proteção de criações e invenções que são parcial ou totalmente geradas por algoritmos (KITCHIN, 2014; TOWNSEND, 2013).

Pesquisas bibliométricas revelam que ainda há uma lacuna significativa na literatura científica sobre interfaces entre IA e propriedade intelectual, especialmente no que concerne à atualização das leis existentes para abarcar criações automatizadas e resultados não convencionais de processos cognitivos assistidos por máquinas. Essa discussão é reforçada no campo das patentes: embora IA possa identificar soluções inovadoras e combinatórias, a legislação patentária vigente em muitas

jurisdições ainda não reconhece sistemas automatizados como inventores, influenciando diretamente o processo de registro de patentes e tecnologias baseadas em IA (Sampaio, 2021).

A transição tecnológica, embora promissora, também acarreta desafios significativos, como barreiras de adoção ligadas à infraestrutura organizacional, à qualificação técnica, e à governança dos dados urbanos. Trabalhos especializados enfatizam que a IA pode criar conteúdos originais com mínima intervenção humana, levantando debates sobre a possibilidade de atribuir ou não a "autoria" e/ou a "invenção/inventividade" às máquinas — questão que desafia a noção tradicional de direitos autorais, Softwares e patentes, cujo escopo legal pressupõe intervenção humana direta na criação/invenção (produto final) (Ibidem).

A convergência entre IA, cidades inteligentes e propriedade intelectual não é apenas uma sobreposição de temas tecnológicos e jurídicos, mas uma arena de disputa e criação de valor estratégico. Estudos que combinam patentometria e bibliometria observam um crescimento acentuado no número de patentes relacionadas à IA em tecnologias aplicáveis às cidades inteligentes, indicando que essas áreas estão emergindo como novos vetores de inovação industrial e urbana (Ibidem)**.** Essas tecnologias associam desde sensores de IoT para monitoramento ambiental até algoritmos de aprendizado profundo para prever padrões de tráfego ou consumo de energia, sendo frequentemente registrados como patentes (juridicamente constitutivos) ou direitos autorais (meramente declaratórios), o que demonstra a interdependência entre desenvolvimento tecnológico urbano e regimes de proteção intelectual**.** Além disso, a coevolução de IA e instrumentos de propriedade intelectual também impõe desafios e oportunidades no cenário de políticas públicas: um marco regulatório eficiente pode tanto estimular a inovação quanto proteger os direitos, dos criadores e inventores, ao passo que políticas desajustadas podem criar zonas de insegurança jurídica e barreiras para a adoção de tecnologias inteligentes.

Dada a natureza multidimensional da interação entre IA, economia e mobilidade urbana inteligente e propriedade intelectual, métodos de análise de clusters são adequados para identificar agrupamentos temáticos, padrões de coocorrência e correlações entre variáveis textuais e numéricas em grandes bases de dados — sejam patentes, publicações acadêmicas, respostas a questionários ou dados de inovações tecnológicas. Esse tipo de análise permite mapear fronteiras tecnológicas, trajetórias de pesquisa e áreas emergentes**,** trazendo insights, cenários, tendências, possibilidades e oportunidades; e contribuindo para a formulação de estratégias de inovação e políticas de PI eficientes. Esse arcabouço metodológico é essencial em estudos quali-quantitativos que buscam captar tanto o contexto qualitativo (interpretativo, discursivo) quanto o quantitativo (dados de

clusters, métricas de impacto) para gerar insights sobre a evolução das interações entre IA, cidades inteligentes e propriedade intelectual.

Esta tese tem a ideia de analisar a percepção da Inteligência Artificial no contexto das cidades inteligentes, considerando sua importância estratégica futura, seus impactos na segurança e suas implicações para a governança, mobilidade e a propriedade intelectual, através de indicadores mapeados. O questionário aplicado recebeu 111 respostas validadas e analisadas, submetidas a dados e análises quantitativas e estatísticas posteriores, tendo sido aplicado no 1o semestre de 2025.

Ainda, a tese explora a interseção entre Inteligência Artificial (IA), Propriedade Intelectual (PI) e mobilidade no contexto da criação e implementação de novas Cidades Inteligentes. O foco está em como as tecnologias e práticas inovadoras e emergentes influenciam a mobilidade urbana, bem como o desenvolvimento de ecossistemas de inovação, essenciais para a evolução das cidades inteligentes.

O avanço da Inteligência Artificial (IA) e seu impacto nas cidades inteligentes trazem à tona desafios e oportunidades primordialmente na gestão da Propriedade Intelectual (PI). Este estudo visa também trazer e tangenciar as práticas de PI em cidades inteligentes e como essas práticas estão sendo moldadas pelas inovações em IA. A pesquisa adota uma abordagem mista, utilizando tanto métodos qualitativos quanto quantitativos para identificar padrões e agrupamentos significativos (clusters) que caracterizam diferentes abordagens de IA nas Cidades Inteligentes (CIs). A revisão da literatura abordará os conceitos de PI, IA e cidades inteligentes, com foco em estudos recentes que investigam a interseção desses temas. Referências essenciais incluem trabalhos sobre gestão de PI em ambientes tecnológicos avançados (Merges, 2020), impactos da IA em processos regulatórios e de proteção de PI (Gervais, 2019), e estudos sobre clusters em pesquisa social (Everitt et al., 2011).

No cenário contemporâneo, a interseção entre a Inteligência Artificial (IA) e a Propriedade Intelectual (PI) configura-se como um ponto crucial de análise para o desenvolvimento das Cidades Inteligentes. Esta tese propõe um estudo aprofundado sobre como essas variáveis de entrada influenciam, e são influenciadas por cenários e oportunidades emergentes nas áreas de Mobilidade e Ecossistemas de Inovação, dentro do contexto das cidades inteligentes inovadoras.

A Inteligência Artificial, com seu potencial transformador, está remodelando diversos aspectos da vida urbana. Seus algoritmos e modelos preditivos estão começando a otimizar não apenas o funcionamento dos serviços urbanos, mas inclusive a oferecer novas formas de interação e

engajamento com os cidadãos. Nesse contexto, a Propriedade Intelectual desempenha um papel crucial na proteção e no estímulo da inovação tecnológica. Os direitos de PI garantem que os criadores e inovadores possam proteger suas invenções e criações, o que é essencial para fomentar um ambiente de inovação e desenvolvimento sustentáveis.

Este estudo investiga como a convergência da IA e da PI pode criar novas tendências e oportunidades para a Mobilidade Urbana e os Ecossistemas de Inovação. No que diz respeito à Mobilidade, a aplicação de IA promete revolucionar o transporte urbano, oferecendo soluções mais eficientes e sustentáveis para o deslocamento *(commuting*) dos cidadãos. Já os Ecossistemas de Inovação, enriquecidos pelo avanço da IA e protegidos pelos direitos de PI, podem gerar um ambiente econômico diferenciado, promovendo a criação de novos negócios e a atração de investimentos. A revolução tecnológica, catalisada pela inteligência artificial (IA), está remodelando profundamente setores da sociedade e da economia. A convergência entre IA e propriedade intelectual (PI) emerge como um fator crucial na criação de oportunidades e tendências que impactam a mobilidade urbana e os ecossistemas de inovação nas cidades inteligentes. Assim, a tese examina como a interação entre IA e PI influencia a mobilidade urbana (indicador social) e os ecossistemas de inovação (indicador econômico) na implementação de cidades inteligentes inovadoras.

A IA tem o potencial de transformar diversos aspectos da inovação tecnológica e da proteção de propriedade intelectual. De acordo com Brynjolfsson e McAfee (2014), a IA está moldando a economia moderna ao possibilitar a automação e a análise avançada de dados, criando novas oportunidades para inovação e eficiência. A proteção dessas inovações, por meio de direitos de PI, é essencial para garantir que os investimentos em tecnologia sejam protegidos e incentivados (Teece, 2018). A interação entre IA e PI cria novos desafios e oportunidades para a proteção e exploração das inovações tecnológicas.

A mobilidade urbana é um aspecto crucial das cidades inteligentes, refletindo diretamente na qualidade de vida dos cidadãos. De acordo com Kitchin (2014), a IA pode transformar a mobilidade urbana por meio da implementação de sistemas de transporte autônomo e otimização de tráfego, resultando em uma melhoria significativa na eficiência e sustentabilidade dos sistemas de transporte. Isso contribui para a inclusão social ao oferecer opções de transporte mais acessíveis e seguras, bem como fáceis e sustentáveis (Graham & Marvin, 2001).

Ademais, os ecossistemas de inovação desempenham um papel fundamental na promoção do crescimento econômico e da competitividade. O ensino de Porter, desde 1990, destaca como a proteção e o incentivo à inovação tecnológica são essenciais para o desenvolvimento ecos/sistemas e propriedade intelectual robustos. Nesse sentido, a combinação de IA e PI pode fortalecer a colaboração entre empresas, instituições de pesquisa e investidores, gerando novas oportunidades econômicas e impulsionando o desenvolvimento sustentável (Malerba, 2004).

Integrar IA e PI na criação e gestão de cidades inteligentes é um desafio complexo que oferece oportunidades únicas para transformar as cidades. Como argumentado por Batty et al. (2012), a utilização dessas tecnologias pode levar a cidades mais inteligentes, sustentáveis e inovadoras, abordando simultaneamente questões sociais e econômicas. A implementação bem-sucedida dessas tecnologias exige uma abordagem integrada que considere tanto as necessidades dos cidadãos quanto os objetivos econômicos. Esta pesquisa se destaca por seu foco na identificação e análise das principais ferramentas de Inteligência Artificial (IA) e Propriedade Intelectual (PI) aplicadas em Cidades Inteligentes. A premissa é que a integração de IA e PI é fundamental para o avanço das Cidades Inteligentes, impactando diretamente a gestão e a inovação no ambiente urbano.

Uma revisão inicial de fontes livremente disponíveis e facilmente acessadas, incluindo o Google Acadêmico e o Portal de Periódicos da Capes, revela uma lacuna significativa na literatura sobre a aplicação específica de IA e PI nas Cidades Inteligentes. Esse ponto é corroborado por estudos recentes, como o de Zhang et al. (2023), que destaca a falta de investigação aprofundada sobre como as ferramentas de IA são utilizadas para otimizar a infraestrutura urbana e os serviços públicos em ambientes urbanos inteligentes. Além disso, o trabalho de Li et al. (2022) indica uma carência de estudos focados na interseção entre PI e inovação tecnológica em contextos urbanos inteligentes.

A literatura existente também aponta para uma “subexploração” da importância da Propriedade Intelectual na proteção e gestão das inovações tecnológicas em Cidades Inteligentes. Conforme evidenciado por Chen et al. (2024) e Kumar (2023), há uma necessidade de uma análise mais detalhada sobre como as estratégias de PI podem influenciar a adoção e a proteção de tecnologias emergentes como a IA nessas cidades.

Nesse sentido, entre 2022 e 2024, o Hype Cycle da Gartner evidenciou a rápida evolução da Inteligência Artificial (IA), com foco crescente em criatividade, integração tecnológica e avanço computacional. Em 2022, destacam-se o design criativo/generativo e a IA causal. A IA passou a ser

usada para criar soluções inovadoras em áreas como arte, arquitetura e engenharia, explorando múltiplas possibilidades de projetos a partir de parâmetros definidos. A IA causal avançou na modelagem de relações de causa e efeito, permitindo análises mais profundas e precisas. Também houve ênfase na maturidade da nuvem, integração da IA e preocupações com segurança e sustentabilidade.

Em 2023, observou-se maior sofisticação das tecnologias de IA. A IA generativa expandiu aplicações, ganhando destaque a IA neuro-simbólica (combinação de redes neurais e raciocínio lógico), a simulação de IA (testes em ambientes virtuais para reduzir riscos - *augmented reality*) e a IA aprimorada, voltada à otimização e adaptação de modelos. O período entre 2022 e 2023 já refletiu maior preocupação com confiabilidade, testes e robustez dos sistemas.

Em 2024, o foco recaiu sobre IA avançada e infraestrutura, incluindo supercomputação em IA para treinar modelos complexos, avanços rumo à Inteligência Artificial Geral (AGI) e o crescimento da engenharia de software aprimorada por IA, com automação de código, testes e manutenção. Consolidou-se a integração entre IA, transformação digital, automação inteligente, segurança e sustentabilidade, demonstrando avanços emergentes e potencialidades no âmbito da temática. De forma geral, o período mostra a transição da IA de aplicações criativas e experimentais para sistemas robustos, integrados, bem como escaláveis e estratégicos.

Dessa forma, tem-se como questão/problema da pesquisa “Quais dimensões/variáveis e indicadores devem compor um modelo integrado capaz de correlacionar Propriedade Intelectual e Inteligência Artificial com mobilidade urbana e ecossistemas de inovação, para apoiar a implementação de cidades inteligentes?”.

Assim, esta tese contribui para o preenchimento de lacunas existentes atualmente ao explorar a relação entre IA e PI no contexto das Cidades Inteligentes, destacando serem cruciais para a implementação e gestão de soluções tecnológicas e de mobilidade urbana inovadoras.

3. OBJETIVO GERAL

Desenvolver um modelo de indicadores que articula PI e IA às dimensões de mobilidade e ecossistemas de inovação, para subsidiar a formatação e implementação de cidades inteligentes.

3.1 Objetivos Específicos

1. Analisar as dimensões e variáveis, por meio de revisão da literatura e sistemática;

2. Identificar indicadores e dimensões com base no panorama tecnológico e na prospecção de PI e patentes;
3. Elaborar um índice de percepção de IA nas CIs através de dados empíricos da aplicação de questionário estruturado com análise de clusters para identificação de padrões e agrupamentos, e técnicas estatísticas multivariadas;

4. Estruturar um modelo de indicadores, a partir da conversão das variáveis em métricas estruturadas, que correlacione indicadores de PI e IA com mobilidade e ecossistemas de inovação para a implementação de novas cidades inteligentes, propondo diretrizes de valoração, validação e aplicação do modelo.

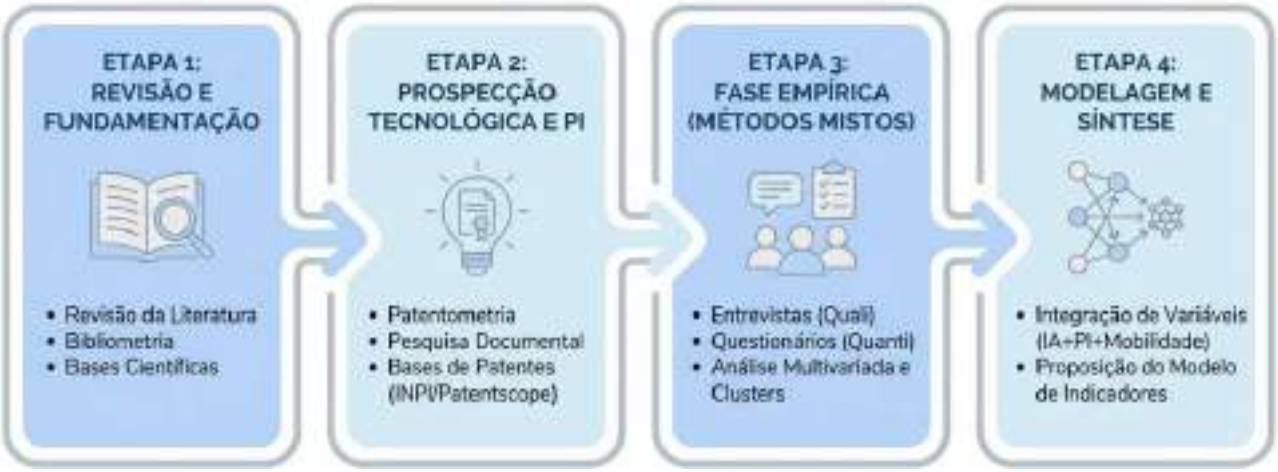
4. METODOLOGIA

A presente pesquisa insere-se no campo da Ciência da Propriedade Intelectual e adota uma abordagem metodológica aplicada, exploratória, descritiva e analítica, fundamentada na integração de métodos qualitativos e quantitativos, com o propósito de investigar as interações entre Inteligência Artificial (IA), Propriedade Intelectual (PI) e o desenvolvimento de cidades inteligentes.

A escolha por uma abordagem metodológica mista justifica-se pela natureza multidimensional do fenômeno investigado, que envolve simultaneamente dimensões tecnológicas, jurídicas, institucionais, sociais e econômicas. Fenômenos dessa complexidade demandam estratégias investigativas capazes de integrar interpretação contextual e validação empírica, permitindo compreensão aprofundada e geração de evidências científicas aplicáveis (Creswell; Plano Clark, 2018; Johnson; Onwuegbuzie, 2004).

A pesquisa fundamenta-se em perspectiva metodológica integradora e adaptativa, permitindo ajustes progressivos no desenho investigativo conforme a incorporação de novas evidências empíricas e teóricas ao longo do processo científico (Patton, 2002), vide figura 1 das etapas da pesquisa:

Figura 1. - Etapas de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A Figura sintetiza as etapas encadeadas da pesquisa, demonstrando a lógica sequencial e integrada adotada na construção metodológica do estudo. O fluxograma evidencia desde a fundamentação teórica e definição das variáveis até os procedimentos de coleta, tratamento e análise dos dados, permitindo visualizar a articulação entre revisão sistemática, prospecção tecnológica, análise estatística e modelagem de indicadores aplicados ao contexto das cidades inteligentes. Dessa forma, a representação gráfica contribui para maior clareza, rastreabilidade metodológica e compreensão do percurso científico desenvolvido na tese.

4.1 Abordagem Metodológica

A presente investigação insere-se no campo interdisciplinar da Ciência da Propriedade Intelectual, dialogando com os estudos sobre Inteligência Artificial e Cidades Inteligentes, adotando como paradigma científico uma perspectiva pragmática e integradora. Parte-se da premissa de que fenômenos complexos — como a interação entre IA, PI e governança urbana — não podem ser adequadamente compreendidos a partir de um único enquadramento metodológico, exigindo articulação entre diferentes estratégias investigativas.

O estudo caracteriza-se, inicialmente, como pesquisa exploratória, tendo em vista que a interface entre Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual e cidades inteligentes constitui campo científico ainda em consolidação, marcado por lacunas teóricas, assimetrias regulatórias e rápida evolução tecnológica. A abordagem exploratória permitiu delimitar o problema, identificar variáveis analíticas centrais e mapear tendências emergentes no cenário internacional.

Simultaneamente, configura-se como pesquisa descritiva, na medida em que sistematiza e organiza informações relativas a práticas institucionais, estruturas regulatórias, instrumentos de proteção intelectual e modelos de governança tecnológica aplicáveis ao contexto urbano inteligente. A descrição estruturada dessas práticas possibilita a construção de um panorama comparativo e analítico das dinâmicas institucionais observadas.

A investigação também assume caráter analítico, ao examinar relações estruturais entre variáveis tecnológicas (como aplicações de IA, infraestrutura digital e dados) e variáveis normativas (regimes de propriedade intelectual, políticas públicas e mecanismos regulatórios). Essa dimensão analítica busca identificar padrões, correlações e implicações sistêmicas, contribuindo para a construção de um modelo interpretativo capaz de explicar interdependências entre inovação tecnológica e arranjos institucionais.

Do ponto de vista das fontes de evidência, trata-se ainda de pesquisa documental, fundamentada na análise de legislações, diretrizes normativas, relatórios institucionais, documentos estratégicos e bases de dados científicos (prioritariamente *Web of Science, Scopus, Google Scholar*, Capes; *Wiley, Research Rabbit, MDPI, Connected Papers, Elsevier Science Direct,* dentre outras) e tecnológicos (primariamente INPI, *Patentscope).* A investigação documental permitiu compreender a evolução histórica e regulatória dos instrumentos de propriedade intelectual e das políticas de inovação aplicáveis às cidades inteligentes.

Adicionalmente, o estudo adota abordagem de métodos mistos (*mixed methods*), integrando evidências qualitativas — provenientes de entrevistas informais consultadas, análise temática e consulta informal a especialistas — e evidências quantitativas — oriundas de questionários estruturados e análises estatísticas multivariadas. Essa integração possibilita convergência entre interpretação contextual e validação empírica, ampliando a capacidade explicativa da pesquisa. Como etapa exploratória complementar, foram realizadas consultas informais com especialistas e profissionais atuantes nas áreas de Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual, inovação e gestão urbana. Essas interações ocorreram ao longo do desenvolvimento da pesquisa em eventos científicos, reuniões técnicas, atividades acadêmicas e ambientes profissionais, tendo como finalidade subsidiar a compreensão do fenômeno investigado, identificar tendências emergentes e apoiar o refinamento das dimensões analíticas adotadas.

As contribuições obtidas não foram tratadas como dados primários formais de pesquisa, tampouco submetidas a procedimentos sistemáticos de análise qualitativa. Seu papel consistiu em apoiar a

construção do referencial teórico, a definição de variáveis, a interpretação dos resultados e a validação preliminar da coerência conceitual do modelo proposto. Dessa forma, as consultas informais desempenharam função exploratória e complementar, sem caráter inferencial ou representativo.

A combinação entre exploração conceitual, descrição sistemática, análise relacional, investigação documental e integração quali-quantitativa permite consolidar um desenho metodológico robusto, coerente com a complexidade do objeto investigado. Conforme argumenta Alan Bryman (2016), a adoção de métodos mistos fortalece a consistência interpretativa, reduz limitações associadas ao uso isolado de abordagens investigativas e amplia a confiabilidade dos resultados.

Assim, o paradigma científico adotado sustenta uma construção progressiva do conhecimento, orientada por evidências empíricas, validação cruzada de dados e articulação interdisciplinar, conferindo maior densidade teórica e aplicabilidade prática aos resultados obtidos.

Considerando o dinamismo das tecnologias baseadas em inteligência artificial, adotou-se abordagem metodológica adaptativa, permitindo refinamento contínuo das estratégias investigativas conforme a emergência de novos dados e interpretações. Tal flexibilidade metodológica favorece pesquisas interdisciplinares em contextos tecnológicos instáveis, ampliando a responsividade científica e o alinhamento entre teoria e evidência empírica (Patton, 2002; Creswell; Plano Clark, 2018).

A integração metodológica possibilita a construção progressiva do conhecimento científico, ampliando a robustez interpretativa e reduzindo limitações associadas ao uso isolado de abordagens investigativas (Bryman, 2016).

4.2 Revisão Sistemática, Bibliométrica, Patentometria e Pesquisa Documental

A investigação foi iniciada por meio de uma revisão sistemática da literatura científica internacional, estruturada a partir da busca, seleção e análise de publicações indexadas em bases reconhecidas (*Web of Science, Scopus, Google Scholar*, Capes; *Wiley, Research Rabbit, MDPI, Connected Papers, Elsevier Science Direct,* INPI, *Patentscope).* Essa etapa teve como finalidade identificar fundamentos teóricos, abordagens metodológicas predominantes e lacunas de pesquisa relativas à interação entre Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual e cidades inteligentes.

A revisão foi complementada por análise bibliométrica, instrumento quantitativo que permitiu examinar a evolução temporal das publicações, redes de coautoria, padrões de citação e conexões temáticas entre os principais eixos investigados. A bibliometria possibilita, segundo Lutz Bornmann, a mensuração da dinâmica científica e a identificação de tendências estruturais na produção do conhecimento. A análise bibliométrica permitiu: Mapear redes conceituais, evidenciando a interconexão entre termos como governança algorítmica, inovação urbana, ativos intangíveis e sustentabilidade digital; Identificar áreas emergentes de investigação, especialmente no que se refere à responsabilidade jurídica da IA, proteção de algoritmos e regulação de dados urbanos; Reconhecer padrões de produção científica, incluindo concentração geográfica, principais centros de pesquisa e evolução do interesse acadêmico ao longo do tempo; Consolidar o estado da arte da temática, estruturando uma base teórica consistente para a etapa empírica subsequente.

Foram analisados artigos científicos revisados por pares, relatórios institucionais, documentos estratégicos e publicações técnicas de organismos internacionais, conforme metodologias de revisão descritas por Peter Yu (2019) e Filippo Andreotta et al. (2021), especialmente no que concerne à governança tecnológica, ética da IA e regimes de propriedade intelectual aplicados à inovação urbana.

Paralelamente, desenvolveu-se pesquisa documental, voltada à análise de fontes normativas e institucionais que estruturam o ambiente regulatório das cidades inteligentes. Essa etapa envolveu: Legislações e diretrizes normativas, nacionais e internacionais, relacionadas à propriedade intelectual, proteção de dados, inovação e transformação digital; Políticas públicas de inovação, incluindo estratégias governamentais de IA e programas de fomento à inovação urbana; Relatórios tecnológicos, produzidos por organismos multilaterais e agências especializadas; Documentos institucionais sobre IA e PI, incluindo planos estratégicos e diretrizes de governança digital.

A análise documental permitiu compreender a evolução histórica e regulatória dos sistemas de inovação urbana, identificando mudanças paradigmáticas na relação entre tecnologia, regulação e desenvolvimento territorial. Conforme destacam Eva Maria Lakatos e Marina de Andrade Marconi (2003), a pesquisa documental possibilita acessar registros primários e secundários que revelam transformações institucionais e normativas ao longo do tempo.

A integração entre revisão sistemática, análise bibliométrica e pesquisa documental conferiu densidade teórica e fundamentação empírica preliminar à investigação, estabelecendo base sólida para a etapa qualitativa e quantitativa subsequente. Tal abordagem permitiu não apenas

compreender o estágio atual da produção científica, mas também situar o estudo no contexto mais amplo das transformações regulatórias e tecnológicas que moldam as cidades inteligentes contemporâneas.

4.3 Condução da Pesquisa Empírica

A etapa empírica foi conduzida de forma integrada e sequencial, articulando consulta informal a especialistas , coleta qualitativa e levantamento quantitativo, em conformidade com a abordagem de métodos mistos adotada na investigação. O desenho empírico foi estruturado para promover complementaridade analítica, validação cruzada de evidências e aprofundamento interpretativo das interações entre Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual e cidades inteligentes.

Inicialmente, realizou-se consulta semiestruturada e informal a especialistas das áreas de Propriedade Intelectual, Inteligência Artificial, Gestão Pública e Urbana e Inovação Tecnológica. Esse procedimento teve como finalidade identificar tendências tecnológicas emergentes, desafios regulatórios, riscos institucionais e consensos prospectivos sobre a evolução da governança tecnológica urbana. A metodologia adotada inspira-se em protocolos de consulta informal e sistematizada a especialistas, conforme proposto por Chitu Okoli e Suzanne Pawlowski (2004), bem como por Gregory J. Skulmoski, Francis T. Hartman e Jennifer Krahn (2007), especialmente no que se refere à construção de consensos em contextos complexos e multidimensionais.

Previamente à aplicação do survey, foram realizadas consultas exploratórias informais com especialistas vinculados aos campos da Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual, inovação tecnológica, gestão pública e cidades inteligentes. O objetivo dessa etapa foi identificar temas emergentes, tendências regulatórias, desafios institucionais e possíveis dimensões relevantes para composição do instrumento de pesquisa. As consultas ocorreram de maneira não estruturada e sem pretensão de representatividade estatística, sendo utilizadas exclusivamente como mecanismo de apoio à formulação das questões de pesquisa, ao refinamento do questionário e à interpretação dos resultados obtidos posteriormente. Em razão de seu caráter exploratório, tais interações não constituíram fonte primária de evidência empírica analisada quantitativamente, mas contribuíram para o aprimoramento conceitual e metodológico da investigação.

Na sequência, desenvolveu-se a coleta de dados qualitativos, por meio de entrevistas informais e semiestruturadas com atores institucionais e especialistas envolvidos em políticas de inovação urbana e gestão de ativos intangíveis. Os dados qualitativos possibilitaram explorar: Percepções

institucionais acerca da adoção de IA em contextos urbanos; Experiências práticas relacionadas à gestão da propriedade intelectual; Desafios regulatórios e éticos associados à governança algorítmica; Modelos emergentes de articulação entre inovação tecnológica e políticas públicas.

O material empírico foi submetido à análise temática e categorial, permitindo a identificação de padrões interpretativos, recorrências discursivas e categorias analíticas estruturantes. O procedimento metodológico fundamentou-se nas contribuições de Laurence Bardin (2016) e Virginia Braun e Victoria Clarke (2006), assegurando rigor na codificação e interpretação dos dados.

Adicionalmente, foi realizada coleta de dados quantitativos, mediante aplicação de questionários estruturados voltados à mensuração de percepções organizacionais, grau de maturidade tecnológica, práticas de proteção intelectual e mecanismos de governança digital. A etapa quantitativa ampliou a representatividade dos resultados, possibilitando análises descritivas, comparativas e relacionais entre diferentes contextos urbanos e institucionais. Conforme destaca Alan Bryman (2016), a integração entre dados qualitativos e quantitativos fortalece a robustez interpretativa e reduz limitações inerentes a abordagens isoladas.

A condução integrada dessas três dimensões empíricas — consulta especializada, investigação qualitativa e levantamento quantitativo — permitiu convergência analítica, validação cruzada de achados e construção de um quadro interpretativo abrangente, alinhado à complexidade do fenômeno investigado.

4.4 Tratamento dos Dados

Os dados obtidos foram organizados, sistematizados e integrados em base analítica única, garantindo: Rastreabilidade das informações; Consistência metodológica; Confiabilidade analítica; Segurança e confidencialidade dos registros. Categorias qualitativas emergentes foram progressivamente convertidas em variáveis analíticas estruturadas, permitindo integração entre evidências interpretativas e análises quantitativas.

4.5 Análise Integrada dos Dados

A análise adotou estratégia convergente de métodos mistos. Inicialmente realizou-se análise qualitativa interpretativa, seguida da aplicação de procedimentos estatísticos multivariados voltados à identificação de padrões e agrupamentos entre práticas institucionais e contextos urbanos.

A identificação de agrupamentos analíticos possibilitou revelar relações estruturais entre inovação tecnológica, regimes de propriedade intelectual e modelos de governança urbana (Hair et al., 2019; Jain, 2010).

De forma complementar, aspectos decisórios foram examinados sob perspectiva multicritério, permitindo consideração simultânea de dimensões sociais, técnicas, econômicas, jurídicas e éticas associadas à adoção da inteligência artificial (Witkin; Altschuld, 1995).

A confiabilidade dos resultados foi assegurada mediante triangulação metodológica, integrando: Revisão bibliográfica; Evidências documentais; Dados qualitativos; Resultados quantitativos; A triangulação fortalece a validade interna e externa da pesquisa, reduzindo vieses interpretativos e ampliando a robustez científica dos achados (Yin, 2018). A nuvem de palavras a seguir reúne as palavras e expressões que sintetizam o trabalho:

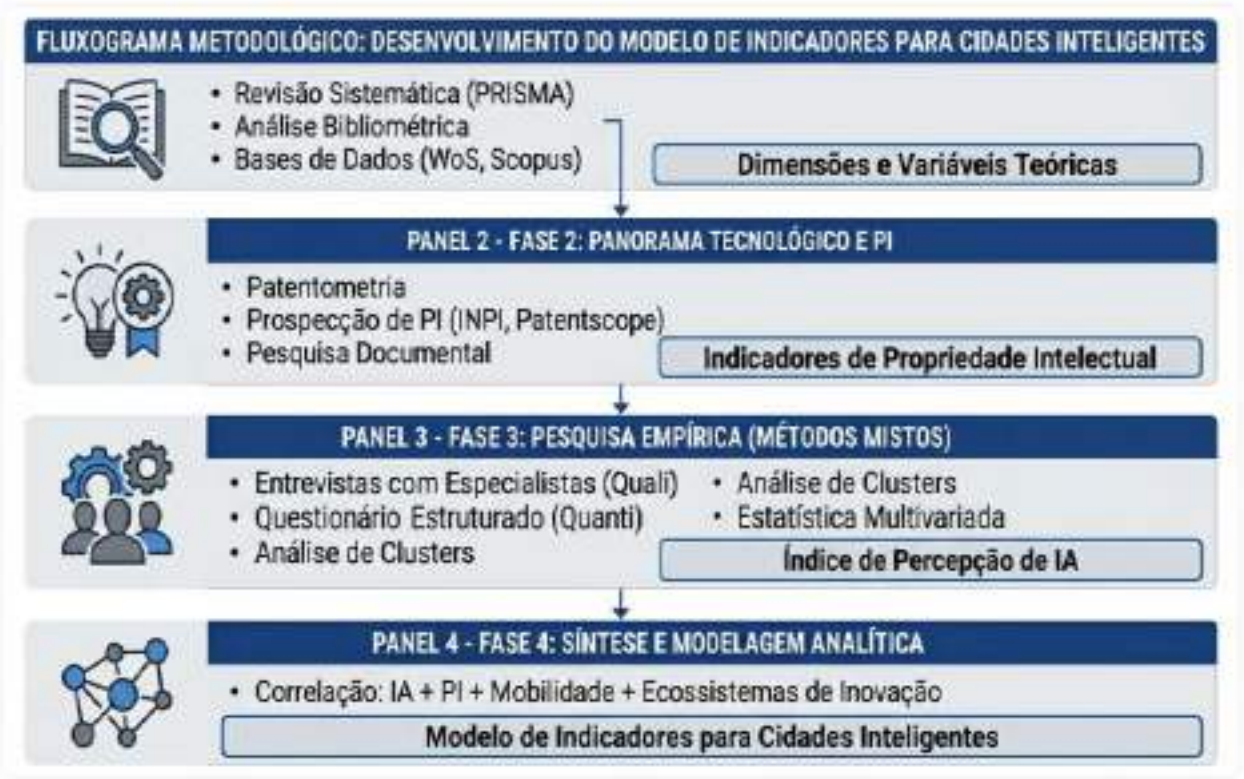
Figura 2. - *Word could*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

Complementarmente logo abaixo tem-se justamente o fluxograma metodológico para o desenvolvimento da matriz de indicadores para cidades inteligentes, objetivo central da pesquisa.

Figura 3. - Fluxograma para Indicadores em Smart cities



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

Assim, o quadro 1, seguindo o formato deste trabalho, sumariza justamente os objetivos específicos, questões/problemas de pesquisa respectivas, com os delineamentos e desdobramentos metodológicos, e os resultados esperados:

Quadro 1. - Objetivos específicos, questões de pesquisa, metodologia e resultados esperados da tese

Objetivo Específico	**Questão de Pesquisa Derivada**	**Metodologia**	**Resultado Esperado**
Analisar as dimensões e variáveis, por meio de revisão da literatura e sistemática;	Quais dimensões e variáveis são relevantes na literatura para compor o modelo integrado?	Revisão sistemática da literatura e análise bibliométrica	*Identificação, Sistematização e consolidação das dimensões e variáveis estruturantes do modelo teórico e analítico - artigo*

Diagnosticar indicadores e dimensões com base no panorama tecnológico e na prospecção de PI e patentes;	Quais indicadores e dimensões emergem da análise de dados tecnológicos e de propriedade intelectual?	Pesquisa documental, prospecção tecnológica, Patentometria e análise de figuras de PI nacionais e internacionais	Mapeamento de indicadores e variáveis tecnológicos, Patentários e de PI - artigo
Elaborar um índice de percepção de IA nas CIs através de dados empíricos da aplicação de questionário estruturado com análise de clusters para identificação de padrões e agrupamentos, e técnicas estatísticas multivariadas;	Como os atores percebem a IA e quais perfis podem ser identificados entre contextos urbanos?	Questionário estruturado, análise de clusters e estatística multivariada	Construção de índice de percepção e identificação de agrupamentos e padrões - artigo
Mapear um modelo de indicadores, a partir da conversão das variáveis em métricas estruturadas, que correlacione indicadores de PI e IA com mobilidade e ecossistemas de inovação para a implementação de novas cidades inteligentes, propondo diretrizes de validação e para aplicação do modelo.	*Como estruturar um modelo de indicadores aplicável à implementação de cidades inteligentes?*	Integração multimétodos, modelagem analítica	Proposição de modelo e indicadores/dimensões com diretrizes de aplicação em Cidades inteligentes - artigo

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).ltados esperados respectivamente.

Espera-se que a pesquisa forneça uma compreensão detalhada das interações entre PI e IA em cidades inteligentes, primordialmente perpassando pela inovação e na mobilidade, identificando insights, dimensões, indicadores e padrões de gestão que possam ser utilizados para melhorar políticas em contextos tecnológicos avançados.

5. JUSTIFICATIVA TEMÁTICA DA TESE E RESULTADOS INICIAIS ESPERADOS

A Inteligência Artificial (IA) tem desempenhado um papel transformador na configuração das cidades inteligentes, redefinindo como os ambientes urbanos funcionam e melhorando a qualidade de vida dos seus habitantes. De acordo com Batty et al. (2012), a IA fornece ferramentas avançadas para a otimização de diversos processos urbanos, desde a gestão de tráfego até a resposta a emergências. A implementação de tecnologias baseadas em IA não apenas aumenta a eficiência dos

serviços, contextos e territórios urbanos, mas também oferece soluções inovadoras para problemas complexos, como congestionamentos, resíduos e poluição. Assim, a IA se torna um componente central na construção e gestão de cidades inteligentes, contribuindo para um ambiente urbano mais integrado e responsivo (Hollands, 2008).

A mobilidade urbana é uma área crucial afetada pela integração da IA nas cidades inteligentes. Segundo Kitchin (2014), a aplicação de soluções baseadas em IA, como veículos autônomos e sistemas de gerenciamento de tráfego em tempo real, pode transformar significativamente a eficiência dos sistemas de transporte. Essas inovações ajudam a reduzir congestionamentos, minimizar emissões de poluentes e aumentar a acessibilidade dos sistemas de transporte urbano, para a melhoria do bem-estar e da qualidade de vida dos cidadãos (Graham & Marvin, 2001). A mobilidade, portanto, se torna um indicador chave da eficácia das tecnologias de IA na criação de cidades ainda mais inteligentes e sustentáveis.

Além disso, os ecossistemas de inovação são essenciais para o crescimento econômico das cidades inteligentes e são fortemente influenciados pela IA, bem como pela Propriedade Intelectual (PI). A interação entre IA e proteção da propriedade intelectual (PI) fortalece a colaboração entre empresas, Governo e instituições acadêmicas, fomentando um ciclo contínuo de inovação e desenvolvimento econômico (Malerba, 2004). Esse ciclo de inovação é vital para a criação e sustentação de ecossistemas de inovação robustos nas cidades inteligentes.

A definição e delimitação das cidades inteligentes são inicialmente aprofundadas pelo modelo Smart City Wheel de Cohen et al. (2016), que oferece uma estrutura abrangente para analisar as diversas dimensões das cidades inteligentes. Este modelo destaca áreas críticas como infraestrutura, governança e serviços urbanos, integrando IA e mobilidade urbana para promover a eficiência e a sustentabilidade. A combinação desses elementos com o desenvolvimento de ecossistemas de inovação proporciona uma visão clara de como a IA pode ser aplicada para resolver desafios urbanos e estimular o crescimento econômico em conjunto com a proteção da propriedade intelectual, estabelecendo uma base sólida para a implementação de cidades inteligentes inovadoras (Cohen et al., 2016).

A tese pretende fornecer um modelo robusto para entender como a integração de IA e PI pode influenciar positivamente a mobilidade e os ecossistemas de inovação, oferecendo uma base para a formulação de políticas e estratégias na construção de novas cidades inteligentes. Através da

validação da matriz/modelo, o estudo busca contribuir com insights práticos para gestores, atores, planejadores e pesquisadores do/no campo das cidades inteligentes.

Desse modo, a lacuna científica identificada na literatura evidencia que, apesar da crescente produção acadêmica relacionada à aplicação da Inteligência Artificial em infraestrutura urbana, indicadores de desempenho, mobilidade inteligente e políticas digitais, ainda existe baixa integração explícita entre Propriedade Intelectual, dados urbanos, modelos algorítmicos e sistemas de indicadores para cidades inteligentes. Observa-se que tais elementos são frequentemente estudados de forma isolada, sem uma articulação conceitual e analítica capaz de compreender suas interdependências no contexto da governança urbana baseada em dados.

Adicionalmente, verifica-se que a dimensão jurídica associada à titularidade, proteção e gestão de ativos intangíveis permanece fragmentada, especialmente no que se refere aos digital twins urbanos, às bases de dados de mobilidade, aos indicadores compostos de sustentabilidade e aos modelos preditivos aplicados à gestão municipal. Essa fragmentação limita a compreensão dos mecanismos de apropriação da inovação, da governança dos dados urbanos e dos impactos regulatórios decorrentes da utilização crescente de sistemas inteligentes nas cidades.

Nesse contexto, emerge a necessidade de um modelo integrado que articule Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual, mobilidade urbana, ecossistemas de inovação e governança digital, contribuindo para o avanço teórico e aplicado das cidades inteligentes e para a formulação de indicadores capazes de apoiar processos decisórios, estratégias de inovação e políticas públicas orientadas por evidências.

Apesar do avanço tecnológico e do crescimento da produção científica, persistem lacunas relevantes relacionadas à governança digital, proteção de dados, transparência algorítmica e gestão da propriedade intelectual, indicando oportunidades para o desenvolvimento de marcos regulatórios e modelos institucionais mais adequados às cidades inteligentes.A dimensão jurídica de titularidade de Digital twins urbanos, Bases de dados de mobilidade, Indicadores compostos de sustentabilidade e Modelos preditivos municipais permanece fragmentada.

Embora exista ampla produção científica sobre inteligência artificial aplicada à infraestrutura urbana, indicadores de cidades inteligentes, mobilidade e governança digital, observa-se baixa integração entre Propriedade Intelectual, dados urbanos, modelos algorítmicos e indicadores de smart cities. Persistem lacunas relacionadas à titularidade, proteção e governança de ativos

intangíveis, incluindo digital twins urbanos, bases de dados de mobilidade, indicadores compostos de sustentabilidade e modelos

Assim, o estudo reforça a necessidade de abordagens interdisciplinares e integradas para compreender a complexidade das cidades inteligentes, contribuindo para o avanço do conhecimento na área. Os estudos futuros apontam caminhos para aprofundamento da pesquisa, incluindo temas como geopolítica da Inteligência Artificial e sustentabilidade urbana. A ampliação do escopo empírico e o uso de métodos quantitativos avançados são recomendados para fortalecer a análise e expandir suas aplicações.

As cidades inteligentes configuram uma transformação sistêmica baseada na convergência entre inteligência artificial, conectividade, automação e governança digital. A propriedade intelectual assume papel central na proteção, difusão e valorização das inovações associadas à economia urbana digital. O Brasil apresenta oportunidades relevantes de desenvolvimento, mas ainda enfrenta desafios estruturais para alcançar níveis mais avançados de integração tecnológica e inovação urbana. O fortalecimento da governança digital, da proteção intelectual e da cooperação entre governo, universidades e empresas é fundamental para o avanço de ecossistemas urbanos inteligentes e sustentáveis.

Os resultados esperados da pesquisa evidenciam que a adoção da Inteligência Artificial ocorre de maneira heterogênea entre os diferentes setores e perfis de respondentes, refletindo distintos níveis de maturidade sociotécnica. A análise dos clusters identificados demonstra que os grupos apresentam percepções diferenciadas quanto aos benefícios, riscos, desafios regulatórios e potencial de geração de valor associados à IA. Essa heterogeneidade reforça a necessidade de mecanismos de governança capazes de conciliar inovação tecnológica, proteção da propriedade intelectual e desenvolvimento sustentável.

Observa-se que a Inteligência Artificial tende a atuar como tecnologia estruturante, influenciando processos de inovação, transformação organizacional e criação de ativos intangíveis. Nesse contexto, a proteção dos resultados gerados pela IA, por meio dos instrumentos de Propriedade Intelectual, assume papel estratégico para assegurar segurança jurídica, estimular investimentos e favorecer a difusão do conhecimento. A relação entre IA e PI torna-se particularmente relevante em setores intensivos em conhecimento, nos quais algoritmos, bases de dados, softwares e modelos analíticos representam importantes fontes de vantagem competitiva.

Os resultados esperados também sugerem que a confiança institucional, a capacidade regulatória e a governança de dados constituem fatores determinantes para a adoção responsável da IA. A existência de diferenças estatisticamente significativas entre grupos indica que variáveis como familiaridade tecnológica, experiência profissional e setor de atuação influenciam diretamente a percepção sobre os impactos da tecnologia. Dessa forma, políticas públicas, marcos regulatórios e estratégias organizacionais devem considerar essas assimetrias, promovendo ambientes mais inclusivos e preparados para a transformação digital.

Adicionalmente, a construção dos perfis sociotécnicos e sua representação por meio do dendrograma permitiram identificar padrões de agrupamento que refletem distintos estágios de prontidão tecnológica e institucional. Esses achados corroboram a necessidade de modelos adaptativos de governança, capazes de responder à crescente complexidade dos ecossistemas urbanos e de inovação. Nesse sentido, a integração entre Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual, mobilidade inteligente e ecossistemas de inovação configura um conjunto de pilares fundamentais para o desenvolvimento das cidades inteligentes, contribuindo para aumentar a eficiência dos serviços, fomentar a inovação, fortalecer a competitividade e ampliar a geração de valor público.

Os resultados esperados reforçam que o avanço das cidades inteligentes depende não apenas da disponibilidade tecnológica, mas também da capacidade de articulação entre governo, empresas, universidades e sociedade civil. Essa interação favorece a construção de ecossistemas colaborativos, nos quais a inovação é acompanhada por mecanismos adequados de proteção do conhecimento, transparência, ética e governança, assegurando maior sustentabilidade e legitimidade aos processos de transformação digital.

6. REVISÃO DE LITERATURA

6.1 Cidades Inteligentes

O conceito de cidades inteligentes emergiu no início do século XXI como resposta às crescentes pressões demográficas, ambientais, econômicas e institucionais enfrentadas pelos centros urbanos. A rápida urbanização, aliada à complexidade dos problemas urbanos contemporâneos — como mobilidade, sustentabilidade, segurança, desigualdade social e eficiência dos serviços públicos — impulsionou a busca por modelos inovadores de gestão urbana baseados no uso intensivo de tecnologias digitais, dados e conhecimento (HAIR et al., 2019; CRESWELL; PLANO CLARK, 2018).

De forma geral, cidades inteligentes são compreendidas como aquelas que utilizam tecnologias da informação e comunicação para melhorar o desempenho urbano, promover o desenvolvimento sustentável e elevar a qualidade de vida dos cidadãos. No entanto, o caráter “inteligente” de uma cidade não se resume à adoção de soluções tecnológicas avançadas, mas depende fundamentalmente da capacidade de integrar tecnologia, governança, capital humano e participação social de maneira estratégica e orientada ao interesse público (KITCHIN, 2014; TOWNSEND, 2013).

Caragliu, Del Bo e Nijkamp (2011) destacam que cidades inteligentes resultam da convergência entre investimentos em capital humano e social, infraestrutura tecnológica moderna e modelos de governança participativa voltados ao crescimento sustentável. Essa abordagem amplia a compreensão do fenômeno ao deslocar o foco da tecnologia isolada para os arranjos institucionais e sociais que permitem transformar inovação técnica em valor urbano efetivo.

No plano tecnológico, as cidades inteligentes são sustentadas por um conjunto de infraestruturas digitais interconectadas, incluindo Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem, big data e, de forma crescente, Inteligência Artificial. Sensores distribuídos pelo espaço urbano viabilizam a coleta contínua de dados sobre tráfego, consumo energético, qualidade ambiental, segurança e uso de serviços públicos. A análise desses dados por sistemas inteligentes permite não apenas respostas em tempo real, mas também a formulação de políticas públicas baseadas em evidências e modelos preditivos, redefinindo práticas tradicionais de planejamento urbano.

A governança ocupa papel central nesse paradigma. Cidades inteligentes pressupõem novos modelos de gestão pública capazes de lidar com grandes volumes de dados, decisões automatizadas e múltiplos atores institucionais. Kitchin (2014) argumenta que o urbanismo orientado por dados (*data-driven urbanism*) transforma profundamente os processos decisórios, introduzindo a governança algorítmica como elemento estruturante da administração urbana. Nesse contexto, algoritmos e sistemas de apoio à decisão passam a influenciar escolhas relacionadas à mobilidade, segurança, planejamento territorial e alocação de recursos públicos.

Além da eficiência administrativa, as cidades inteligentes são frequentemente associadas à promoção da sustentabilidade urbana. Tecnologias inteligentes permitem otimizar o uso de recursos naturais, reduzir desperdícios, monitorar impactos ambientais e apoiar políticas de mitigação das mudanças climáticas. Soluções aplicadas à mobilidade sustentável, à gestão inteligente de resíduos

e à eficiência energética ilustram como a inovação tecnológica pode contribuir para os objetivos de desenvolvimento sustentável no contexto urbano (FLORIDI et al., 2018).

Entretanto, a literatura crítica alerta que o modelo de cidades inteligentes não é neutro nem isento de riscos. Hollands (2008) e Townsend (2013) destacam que iniciativas de smart cities podem reforçar desigualdades sociais, ampliar práticas de vigilância e favorecer interesses corporativos caso não sejam orientadas por princípios democráticos e inclusivos. A centralização de dados e o uso intensivo de sistemas algorítmicos podem gerar assimetrias de poder e comprometer direitos fundamentais, como privacidade e proteção de dados pessoais.

Nesse sentido, a participação cidadã emerge como elemento indispensável para a efetiva inteligência urbana. Plataformas digitais, iniciativas de governo aberto e mecanismos de coprodução de serviços públicos ampliam as possibilidades de engajamento social, transparência e controle democrático. A integração entre tecnologia e participação reforça a noção de que cidades inteligentes são, acima de tudo, espaços de inovação social, nos quais soluções técnicas devem estar alinhadas às necessidades e valores da população (O'NEIL, 2016; EUBANKS, 2018).

No cenário global, cidades inteligentes também assumem relevância estratégica na competição por investimentos, talentos e inovação. A capacidade de desenvolver ecossistemas urbanos baseados em conhecimento, atrair empresas intensivas em tecnologia e posicionar-se em redes globais de cidades torna-se um diferencial competitivo. Nesse contexto, políticas públicas de inovação urbana, marcos regulatórios adequados e estratégias de governança de dados e propriedade intelectual passam a integrar as agendas de desenvolvimento das cidades (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2017).

Cidades inteligentes constituem um paradigma complexo e multidimensional que articula tecnologia, governança, sustentabilidade e participação social. Sua consolidação depende menos da adoção isolada de soluções digitais e mais da capacidade de construir arranjos institucionais e normativos capazes de orientar a inovação urbana de forma ética, inclusiva e sustentável. Essa compreensão ampla é fundamental para analisar as transformações contemporâneas das cidades e suas interações com a Inteligência Artificial, a propriedade intelectual e os processos de inovação (CRESWELL; PLANO CLARK, 2018).

6.2 Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial (IA) consolidou-se como uma das mais relevantes transformações tecnológicas da contemporaneidade, impactando de forma transversal os sistemas produtivos, as instituições públicas, as dinâmicas sociais e os processos decisórios. De maneira geral, a IA pode ser compreendida como o conjunto de técnicas e sistemas computacionais capazes de realizar tarefas que tradicionalmente requerem inteligência humana, como aprendizado, reconhecimento de padrões, tomada de decisão e resolução de problemas complexos. Contudo, a IA contemporânea ultrapassa essa definição funcional, configurando-se como um fenômeno sociotécnico que reorganiza relações econômicas, jurídicas e políticas (WIPO, 2017).

O desenvolvimento da IA está intimamente associado ao avanço do poder computacional, à disponibilidade massiva de dados e à evolução de algoritmos de aprendizado de máquina. Diferentemente das abordagens simbólicas clássicas, baseadas em regras explicitamente programadas, os sistemas atuais de IA fundamentam-se predominantemente em métodos estatísticos e probabilísticos, capazes de aprender a partir de grandes volumes de dados. Essa mudança de paradigma ampliou significativamente o alcance e a aplicabilidade da IA, permitindo seu uso em contextos altamente complexos e dinâmicos (ABBOTT, 2020; BESSEN, 2019).

A literatura contemporânea reconhece a IA como uma tecnologia de propósito geral, isto é, uma tecnologia com potencial de aplicação em múltiplos setores e capaz de gerar inovações complementares ao longo do tempo. Brynjolfsson e McAfee (2017) destacam que tecnologias dessa natureza produzem efeitos sistêmicos, redefinindo cadeias produtivas, modelos organizacionais e relações de trabalho. No setor público, a IA vem sendo incorporada a sistemas de apoio à decisão, automação administrativa, análise preditiva e prestação de serviços personalizados, transformando profundamente a gestão governamental.

No contexto urbano, a IA desempenha papel central na operacionalização das cidades inteligentes. Sistemas inteligentes são utilizados para otimizar o fluxo de tráfego, prever demandas por serviços públicos, monitorar condições ambientais e apoiar políticas de segurança e planejamento territorial. A capacidade de processar dados em tempo real e antecipar cenários futuros confere à IA um papel estratégico na governança urbana orientada por dados, ampliando a eficiência e a capacidade de resposta das administrações públicas (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2017; CARAGLIU; DEL BO; NIJKAMP, 2011).

Entretanto, a crescente adoção da IA também suscita debates críticos relacionados à ética, à transparência e à responsabilidade. Algoritmos treinados a partir de dados históricos podem reproduzir vieses sociais existentes, afetando de forma desigual diferentes grupos populacionais. Autores como O'Neil (2016) e Eubanks (2018) demonstram que sistemas algorítmicos aplicados a políticas públicas podem gerar efeitos discriminatórios quando não são adequadamente avaliados e regulados. Nesse sentido, a IA não deve ser compreendida como neutra, mas como produto de escolhas técnicas e institucionais que refletem valores e interesses específicos.

A confiança nos sistemas de IA emerge como questão central para sua legitimidade social. Floridi et al. (2018) propõem o conceito de *IA confiável*, baseado em princípios como explicabilidade, robustez técnica, justiça e respeito aos direitos humanos. Esses princípios são particularmente relevantes em contextos nos quais decisões automatizadas impactam diretamente a vida dos cidadãos, como saúde, segurança, assistência social e gestão urbana. A ausência de transparência e mecanismos de responsabilização pode comprometer a aceitação social da IA e gerar resistência à sua adoção.

Além dos desafios éticos, a IA também levanta questões jurídicas e econômicas relacionadas à propriedade intelectual e à apropriação do conhecimento. Algoritmos, modelos de aprendizado de máquina e bases de dados tornaram-se ativos intangíveis de alto valor estratégico, influenciando a competitividade de organizações e territórios. A capacidade de controlar e proteger esses ativos tornou-se elemento central das estratégias de inovação, ao mesmo tempo em que desafia os regimes tradicionais de propriedade intelectual, concebidos para criações essencialmente humanas (WIPO, 2017).

No plano geopolítico, a IA passou a ser tratada como tecnologia estratégica, associada à soberania nacional e à competitividade internacional. Países e cidades que investem em infraestrutura digital, formação de capital humano e ecossistemas de inovação baseados em IA buscam posicionar-se em cadeias globais de valor intensivas em conhecimento. Esse movimento reforça a importância de políticas públicas coordenadas, capazes de articular inovação tecnológica, regulação e interesse público (ABBOTT, 2020; BESSEN, 2019).

A Inteligência Artificial constitui um fenômeno multidimensional que transcende o domínio técnico e impacta profundamente as estruturas sociais, econômicas e institucionais. Sua compreensão exige uma abordagem integrada que considere tanto seu potencial transformador quanto os riscos e desafios associados à sua adoção. Ao articular eficiência tecnológica,

governança, ética e regulação, torna-se possível orientar o desenvolvimento da IA de forma alinhada aos objetivos de desenvolvimento sustentável e à promoção do bem-estar social.

6.3 Propriedade Intelectual

A propriedade intelectual constitui um dos principais instrumentos jurídicos e institucionais para a organização, proteção e circulação do conhecimento nas sociedades contemporâneas. Em um contexto marcado pela economia do conhecimento, pela inovação tecnológica e pela crescente valorização de ativos intangíveis, a propriedade intelectual desempenha papel central na definição de incentivos à criatividade, à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico, ao mesmo tempo em que influencia a dinâmica concorrencial, a difusão do conhecimento e o interesse público (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2017; CARAGLIU; DEL BO; NIJKAMP, 2011).

De modo geral, a propriedade intelectual pode ser compreendida como o conjunto de direitos atribuídos às criações do intelecto humano, abrangendo tanto a propriedade industrial — como patentes, marcas, desenhos industriais e indicações geográficas — quanto os direitos autorais e conexos. Esses instrumentos jurídicos conferem aos titulares prerrogativas exclusivas de exploração econômica por um período determinado, com o objetivo de estimular a inovação e compensar os investimentos realizados na criação de novos conhecimentos e soluções técnicas (KITCHIN, 2014; TOWNSEND, 2013).

Historicamente, os sistemas de propriedade intelectual foram concebidos em um contexto de inovação predominantemente material e individual, no qual a autoria humana e a identificação do inventor eram pressupostos centrais. Com a intensificação da digitalização, da automação e da produção de conhecimento baseada em dados, esses pressupostos passaram a ser tensionados, exigindo uma reavaliação dos fundamentos tradicionais da proteção intelectual. A emergência de ativos intangíveis complexos, como softwares, bases de dados e algoritmos, ampliou o escopo da propriedade intelectual e tornou seus efeitos ainda mais relevantes para a economia e para a governança pública (WIPO, 2017),

No campo da inovação, a propriedade intelectual exerce função ambivalente. Por um lado, a proteção jurídica pode estimular investimentos em pesquisa e desenvolvimento, reduzir riscos e favorecer a transferência de tecnologia. Por outro, regimes excessivamente restritivos podem limitar a difusão do conhecimento, criar barreiras à entrada e concentrar poder econômico e tecnológico em poucos agentes. Essa ambivalência é amplamente discutida na literatura econômica e jurídica, que

destaca a necessidade de equilibrar incentivos privados e interesse público (ABBOTT, 2020; BESSEN, 2019).

A relação entre propriedade intelectual e inovação torna-se ainda mais complexa em setores intensivos em conhecimento e tecnologia digital. O crescimento da economia baseada em dados, plataformas digitais e inteligência artificial reforçou a centralidade dos ativos intangíveis como fontes de valor econômico. Algoritmos, modelos computacionais, conjuntos de dados e sistemas digitais passaram a ser protegidos por diferentes mecanismos jurídicos, como patentes, direitos autorais, segredos industriais e contratos de licenciamento, configurando um ecossistema regulatório multifacetado (HAIR et al., 2019; CRESWELL; PLANO CLARK, 2018).

No contexto das políticas públicas, a propriedade intelectual também atua como instrumento de governança da inovação. Ao definir regras de apropriação e circulação do conhecimento, os regimes de propriedade intelectual influenciam a estrutura dos ecossistemas de inovação, a cooperação entre universidades, empresas e governo, e a capacidade de países e cidades se posicionarem em cadeias globais de valor. Assim, a propriedade intelectual não se limita à proteção de direitos individuais, mas integra estratégias mais amplas de desenvolvimento econômico e tecnológico (FLORIDI et al., 2018).

A dimensão social da propriedade intelectual também merece destaque. Em áreas como saúde, educação e cultura, o exercício dos direitos exclusivos deve ser compatibilizado com o acesso ao conhecimento e aos bens essenciais. Instrumentos como licenças compulsórias, exceções e limitações aos direitos autorais e políticas de inovação aberta ilustram mecanismos utilizados para equilibrar proteção e acesso, especialmente em contextos de interesse público relevante (O’NEIL, 2016; EUBANKS, 2018).

Com o avanço da Inteligência Artificial e das tecnologias digitais, novos desafios emergem para os sistemas de propriedade intelectual. A possibilidade de criação de conteúdos, invenções e soluções técnicas por sistemas automatizados coloca em questão conceitos clássicos como autoria, originalidade e inventividade. Além disso, a crescente importância dos dados como insumo econômico e tecnológico levanta debates sobre sua proteção, apropriação e compartilhamento, ampliando a complexidade do regime jurídico dos ativos intangíveis (ABBOTT, 2020; BESSEN, 2019),

A propriedade intelectual constitui um elemento estruturante da economia do conhecimento e da inovação contemporânea. Sua relevância transcende o campo jurídico, influenciando decisões

econômicas, políticas públicas e estratégias de desenvolvimento tecnológico. Compreender a propriedade intelectual de forma ampla e crítica é fundamental para analisar suas interações com a Inteligência Artificial, as cidades inteligentes e os processos de inovação, bem como para orientar modelos regulatórios capazes de promover o desenvolvimento sustentável e o interesse público (WIPO, 2017).

6.4 Mobilidade Urbana Inteligente

A mobilidade urbana constitui um dos eixos estruturantes do paradigma das cidades inteligentes, na medida em que articula infraestrutura física, sistemas digitais, planejamento territorial e governança orientada por dados. O crescimento acelerado das cidades e o aumento da complexidade dos fluxos urbanos intensificaram desafios relacionados a congestionamentos, emissões de carbono, desigualdades no acesso ao transporte e ineficiência logística, exigindo soluções integradas e tecnologicamente mediadas (UNITED NATIONS, 2019). Nesse contexto, a mobilidade inteligente emerge como estratégia para otimizar deslocamentos, reduzir impactos ambientais e promover maior qualidade de vida.

A literatura sobre smart cities destaca que a mobilidade inteligente não se limita à digitalização do transporte, mas envolve a integração entre dados em tempo real, infraestrutura conectada e modelos de governança colaborativa (CARAGLIU; DEL BO; NIJKAMP, 2011). Sistemas baseados em Internet das Coisas, sensores urbanos e plataformas analíticas permitem monitorar fluxos de tráfego, prever padrões de deslocamento e ajustar dinamicamente semáforos, rotas e serviços de transporte público. Para Batty (2016), a análise massiva de dados urbanos redefine o planejamento da mobilidade ao permitir intervenções preditivas e não apenas reativas.

A incorporação da Inteligência Artificial amplia esse potencial ao possibilitar modelagens preditivas complexas e otimização multicritério de redes de transporte. Algoritmos de aprendizado de máquina são empregados para prever demanda, identificar gargalos e propor soluções adaptativas em tempo real, caracterizando o que Kitchin (2014) denomina urbanismo orientado por dados. Essa transformação consolida a mobilidade como componente central da governança algorítmica urbana, na qual decisões operacionais passam a ser mediadas por sistemas automatizados.

No plano normativo internacional, a mobilidade sustentável integra estratégias mais amplas de transição ecológica. O European Green Deal estabelece metas de descarbonização do transporte e incentivo a modais sustentáveis, vinculando mobilidade a políticas climáticas e industriais

(COMISSÃO EUROPEIA, 2019). Adicionalmente, o framework europeu para mobilidade urbana sustentável reforça a necessidade de planejamento integrado, interoperabilidade digital e redução de emissões (EUROPEAN COMMISSION, 2019). Dados estatísticos europeus evidenciam que o setor de transportes permanece entre os principais emissores de gases de efeito estufa, justificando a centralidade do tema nas políticas públicas (EUROSTAT, 2022).

Sob a perspectiva da governança, a mobilidade inteligente demanda coordenação multinível e participação de múltiplos atores, incluindo poder público, setor privado e sociedade civil. Ansell e Gash (2008) ressaltam que modelos de governança colaborativa são essenciais para lidar com problemas públicos complexos, como transporte urbano e logística metropolitana. A integração entre plataformas digitais, dados abertos e instrumentos regulatórios favorece maior transparência e eficiência, mas também suscita preocupações relativas à privacidade e à proteção de dados pessoais, especialmente quando sistemas de rastreamento e monitoramento são amplamente utilizados (CAVOUKIAN, 2011; BRASIL, 2018).

A mobilidade inteligente também se relaciona à competitividade econômica e à inovação tecnológica. Segundo o McKinsey Global Institute (2018), soluções digitais aplicadas ao transporte podem reduzir significativamente tempos de deslocamento, emissões e custos operacionais, contribuindo para cidades mais produtivas e sustentáveis. Nesse sentido, plataformas digitais de mobilidade, veículos conectados e infraestrutura ciberfísica aproximam o setor urbano das dinâmicas da Indústria 4.0, caracterizadas pela integração entre sistemas físicos e digitais (LEE; BAGHERI; KAO, 2015).

Entretanto, a literatura crítica alerta que a digitalização da mobilidade pode reforçar assimetrias socioespaciais se não houver planejamento inclusivo. Hollands (2008) e Townsend (2013) observam que iniciativas de smart mobility podem priorizar áreas centrais e grupos com maior acesso tecnológico, ampliando desigualdades. Assim, a inteligência da mobilidade urbana não reside apenas na sofisticação tecnológica, mas na capacidade de articular eficiência, sustentabilidade e justiça social.

A mobilidade urbana inteligente constitui um componente estratégico das cidades inteligentes, integrando infraestrutura física, sistemas digitais e governança orientada por dados. Sua efetividade depende da combinação entre inovação tecnológica, planejamento sustentável, regulação adequada e participação social, configurando-se como elemento central na transição para modelos urbanos mais resilientes, sustentáveis e inclusivos.

No âmbito da mobilidade urbana, os sistemas de transporte constituem a espinha dorsal da organização espacial e funcional das cidades, influenciando diretamente padrões de uso do solo, produtividade econômica e inclusão social. O crescimento urbano acelerado intensificou a pressão sobre redes viárias e sistemas de transporte público, tornando congestionamentos, poluição atmosférica e ineficiência logística desafios estruturais contemporâneos (UNITED NATIONS, 2019). Nesse cenário, a incorporação de tecnologias digitais ao setor de transportes emerge como estratégia central para aumentar eficiência operacional e sustentabilidade ambiental.

A literatura sobre cidades inteligentes identifica o transporte como um dos domínios prioritários de aplicação de tecnologias digitais e análise de dados em larga escala (GIFFINGER et al., 2007; CARAGLIU; DEL BO; NIJKAMP, 2011). Sensores embarcados em vias, veículos e estações permitem coleta contínua de dados sobre fluxo, velocidade média, ocupação e padrões de deslocamento. Para Batty (2016), a modelagem baseada em big data redefine o planejamento de transporte ao permitir simulações dinâmicas e intervenções preditivas, superando abordagens estáticas tradicionais.

A Inteligência Artificial amplia essa transformação ao possibilitar sistemas avançados de gestão de tráfego, previsão de demanda e roteirização otimizada. Algoritmos de aprendizado de máquina são utilizados para ajustar ciclos semafóricos em tempo real, prever congestionamentos e integrar múltiplos modais — ônibus, metrô, bicicletas compartilhadas e veículos individuais — em plataformas digitais unificadas (KITCHIN, 2014). Essa integração multimodal caracteriza o avanço em direção a ecossistemas de transporte inteligentes, nos quais decisões operacionais são parcialmente automatizadas e orientadas por evidências.

No plano internacional, a transição para transportes sustentáveis integra estratégias climáticas e industriais. O European Green Deal estabelece metas de redução de emissões no setor de transportes e incentivo à eletrificação, combustíveis alternativos e mobilidade ativa (COMISSÃO EUROPEIA, 2019). O REPowerEU reforça a diversificação energética e a redução da dependência de combustíveis fósseis, impactando diretamente políticas de transporte e infraestrutura urbana (COMISSÃO EUROPEIA, 2022). Dados do Eurostat (2022), base de estatísticas e dados europeus (UE), indicam que o transporte permanece entre os principais responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa na União Europeia, justificando políticas integradas de descarbonização.

Além da sustentabilidade ambiental, a digitalização dos transportes influencia a competitividade econômica e a inovação tecnológica. Sistemas de transporte conectados e infraestrutura ciberfísica

aproximam o setor urbano dos paradigmas da Indústria 4.0, caracterizados pela integração entre sistemas físicos, sensores e plataformas digitais (LEE; BAGHERI; KAO, 2015). Segundo o McKinsey Global Institute (2018), soluções digitais aplicadas ao transporte podem reduzir significativamente tempos de deslocamento e custos operacionais, ampliando produtividade urbana.

Entretanto, a governança dos sistemas de transporte inteligentes envolve desafios regulatórios e éticos relevantes. A coleta massiva de dados de mobilidade — frequentemente associados à geolocalização individual — suscita preocupações relacionadas à privacidade e à proteção de dados pessoais (CAVOUKIAN, 2011; BRASIL, 2018). Além disso, decisões automatizadas baseadas em algoritmos podem reproduzir desigualdades territoriais se não forem monitoradas por mecanismos de transparência e controle democrático (O'NEIL, 2016; EUBANKS, 2018).

A governança colaborativa torna-se, portanto, elemento central na implementação de sistemas de transporte inteligentes. Ansell e Gash (2008) destacam que políticas públicas complexas, como transporte metropolitano, exigem coordenação entre múltiplos níveis de governo, setor privado e sociedade civil. A integração entre planejamento territorial, inovação tecnológica e regulação é condição para que a digitalização dos transportes produza ganhos efetivos de eficiência sem comprometer direitos fundamentais.

Os transportes configuram dimensão estratégica da mobilidade inteligente, articulando infraestrutura física, sistemas digitais e políticas de sustentabilidade. Sua transformação depende não apenas de inovação tecnológica, mas de arranjos institucionais capazes de equilibrar eficiência, inclusão social, proteção de dados e transição energética, consolidando o transporte como eixo estruturante da cidade inteligente e sustentável.

7. CAPÍTULO 1

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PROPRIEDADE INTELECTUAL EM CIDADES INTELIGENTES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE INOVAÇÃO URBANA SUSTENTÁVEL E REGULAÇÃO TECNOLÓGICA

Resumo: O avanço da Inteligência Artificial (IA), associado à expansão da Internet das Coisas (IoT), big data, blockchain e sistemas digitais de governança, vem redefinindo os paradigmas de planejamento urbano, sustentabilidade e gestão pública nas cidades inteligentes. Nesse contexto, o presente estudo realiza uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de analisar as principais contribuições científicas relacionadas à integração entre IA, governança urbana, sustentabilidade, inovação tecnológica e Propriedade Intelectual em smart cities. A pesquisa adotou abordagem qualitativa, exploratória e interdisciplinar, fundamentada em análise bibliográfica e documental de artigos científicos, relatórios institucionais e documentos técnicos nacionais e internacionais publicados em bases indexadas. Os resultados evidenciam que a consolidação das cidades inteligentes depende da articulação entre infraestrutura tecnológica, governança regulatória, proteção de dados, sustentabilidade socioambiental e gestão estratégica de ativos intangíveis. Observou-se crescente incorporação de arquiteturas baseadas em Edge AI, Digital Twins, blockchain e sistemas orientados por dados, bem como ampliação dos debates sobre transparência algorítmica, explainable AI, responsabilidade civil, accountability e governança ética da IA. A revisão também identificou lacunas relacionadas à ausência de indicadores padronizados, dificuldades de interoperabilidade, fragilidade metodológica na mensuração de impactos sociais e desafios regulatórios associados à proteção da Propriedade Intelectual em ecossistemas urbanos hiperconectados. Conclui-se que a efetividade das cidades inteligentes não depende exclusivamente da adoção tecnológica, mas da construção de modelos integrados de governança capazes de conciliar inovação, segurança jurídica, inclusão social, sustentabilidade e responsabilidade algorítmica, oferecendo subsídios teóricos e estratégicos para formulação de políticas públicas e desenvolvimento urbano sustentável orientado por IA.

Palavras-chave: Governança digital; Sustentabilidade urbana; Inovação tecnológica; Smart cities; Governança algorítmica.

7.1 INTRODUÇÃO

A literatura contemporânea evidencia que as cidades inteligentes deixaram de representar apenas espaços tecnologicamente conectados, passando a configurar ecossistemas urbanos complexos estruturados pela integração entre Inteligência Artificial (IA), Internet das Coisas (IoT), big data, sustentabilidade e governança digital (BIBRI; KROGSTIE, 2020; MEIJER; BOLÍVAR, 2021). Nesse contexto, a transformação urbana orientada por dados redefine modelos tradicionais de planejamento, gestão pública e inovação, ampliando a centralidade da IA nos processos decisórios e na organização dos serviços urbanos.

Bibri e Krogstie (2020) destacam que o conceito de "artificially intelligent cities" inaugura uma nova etapa evolutiva das smart cities, caracterizada pelo uso intensivo de sistemas preditivos, automação e análise massiva de dados aplicados à mobilidade, energia, saúde e gestão ambiental. Contudo, os autores apontam que persistem desafios relacionados à transparência algorítmica, accountability e inclusão digital. Em perspectiva complementar, Meijer e Bolívar (2021) ressaltam que a governança inteligente depende da integração entre participação cidadã, plataformas digitais e mecanismos colaborativos de tomada de decisão, embora ainda existam lacunas metodológicas quanto à mensuração de impactos sociais e adaptação desses modelos a contextos institucionais heterogêneos.

A literatura também demonstra crescente preocupação com os limites éticos e regulatórios da IA aplicada aos ambientes urbanos. Kitchin (2020) critica abordagens excessivamente tecnocêntricas e defende modelos regenerativos e socioecológicos orientados pela inclusão cidadã e justiça urbana. De forma semelhante, estudos sobre Responsible AI e Sustainable AI reforçam a necessidade de estruturas de governança adaptativa capazes de conciliar inovação tecnológica, sustentabilidade e responsabilidade algorítmica (Sustainability, 2024a).

informaNo plano tecnológico, observa-se avanço significativo de arquiteturas descentralizadas baseadas em Edge AI, Digital Twins, blockchain e interoperabilidade semântica. Kuukka et al. (2020) demonstram que sensores inteligentes e modelos digitais urbanos ampliam o monitoramento em tempo real e a eficiência operacional das cidades, embora persistam desafios relacionados à segurança cibernética, interoperabilidade e proteção de dados pessoais. Além disso, González et al. (2020) evidenciam que aplicações de Explainable Artificial Intelligence (XAI) vêm sendo incorporadas à infraestrutura urbana inteligente como mecanismo de fortalecimento da confiança institucional e da transparência decisória.

Outro eixo recorrente refere-se à sustentabilidade e à mensuração de desempenho urbano. Ahvenniemi et al. (2017) observam ausência de consenso internacional sobre indicadores e métricas de avaliação das smart cities sustentáveis, dificultando a interoperabilidade entre modelos urbanos. Em complemento, Real et al. (2024) defendem frameworks baseados em KPIs para monitoramento de energia, mobilidade, governança e infraestrutura digital, ainda que persistam limitações metodológicas e sociopolíticas na validação desses indicadores.

A análise dos estudos também demonstra que a efetividade das cidades inteligentes depende da maturidade de ecossistemas de inovação e de estruturas institucionais robustas. Pesquisas sobre innovation ecosystems, open innovation e Triple Helix evidenciam que inovação urbana sustentável requer interação contínua entre Estado, universidades, setor privado e sociedade civil, fortalecendo mecanismos de transferência tecnológica, proteção de ativos intangíveis e governança colaborativa. Dessa forma, a literatura converge ao reconhecer que a consolidação de cidades inteligentes orientadas por IA exige não apenas infraestrutura tecnológica avançada, mas também modelos integrados de governança, proteção jurídica, sustentabilidade socioambiental e gestão estratégica da Propriedade Intelectual. Assim, esta revisão sistemática insere-se no esforço de compreender criticamente as interações entre Inteligência Artificial, inovação urbana e governança regulatória, buscando identificar indicadores, lacunas e diretrizes aplicáveis ao desenvolvimento sustentável de cidades inteligentes contemporâneas.

7.2 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão sistemática da literatura, de natureza qualitativa, exploratória e descritiva, voltada à análise das relações entre inteligência artificial, cidades inteligentes, propriedade intelectual, inovação, mobilidade urbana e indicadores tecnológicos, com enfoque jurídico-regulatório e interdisciplinar.

A construção metodológica fundamentou-se em procedimentos de revisão sistemática associados à análise bibliométrica, considerando a necessidade de identificar padrões de produção científica, recorrência temática, concentração de autores e relevância das publicações no campo das cidades inteligentes e da inteligência artificial aplicada à governança urbana e inovação tecnológica.

A seleção do material científico perpassou pela aplicação das principais leis bibliométricas clássicas, especialmente as Leis de Lotka, Bradford e Zipf. A Lei de Lotka foi empregada para identificar os autores de maior recorrência e influência na produção científica relacionada ao tema.

A Lei de Bradford auxiliou na identificação dos periódicos centrais e das bases de maior concentração de publicações relevantes para o campo jurídico, regulatório e tecnológico. Já a Lei de Zipf foi utilizada para verificar a frequência e incidência de palavras-chave estratégicas, permitindo mapear os principais eixos temáticos presentes na literatura científica analisada.

A escolha das bases de dados considerou critérios de relevância científica, jurídica, regulatória e internacional, priorizando plataformas reconhecidas pela indexação de estudos de alto impacto relacionados à inteligência artificial, cidades inteligentes, inovação tecnológica, governança digital e propriedade intelectual. Nesse contexto, foram selecionadas bases multidisciplinares e especializadas capazes de fornecer ampla cobertura internacional da produção científica.

As buscas foram realizadas mediante utilização do operador booleano "AND", com emprego de macroexpressão encadeada em língua inglesa, estruturada da seguinte forma: *"smart cities" AND "artificial intelligence" AND "intellectual property" AND "innovation" AND "mobility" AND "indicators" AND "transports".*

A adoção da estratégia em língua inglesa ocorreu em razão da predominância internacional das publicações científicas no idioma, ampliando o alcance, a recuperação e a relevância dos estudos encontrados.

As plataformas diretamente utilizadas na etapa de levantamento bibliográfico incluíram bases científicas e jurídicas de elevada relevância acadêmica e regulatória. Além disso, integraram o processo metodológico, de maneira complementar e indireta, plataformas e ferramentas científicas utilizadas para refinamento, rastreamento de citações, expansão de redes bibliográficas e identificação de estudos correlatos.

As bases bibliográficas e patentárias foram consultadas via rede CAFe através do login institucional, ensejando a construção da base de dados primárias trabalhada, destacando-se, portanto, as seguintes plataformas adicionais: *Wiley, Research Rabbit, Springer, IEEE, MDPI, "Elsevier ScienceDirect", World Scientific, Doaj, Arvix, Spell (Anpad), Redalyc, Latindex, Asce library, Compendex Elsevier e Semantic Scholar*. Também foram consultadas bases importantes e eminentemente acadêmicas inclusive internacionais (*Google scholar, Capes periódicos, Proquest Trinity da Universidade de Dublin, Base da Universidade de Leiden na Holanda e Dialnet Unirioja), bem como outras bases gráficas (Scimago e Connected Papers).* A partir disso, foram delimitadas as bases bibliográficas e patentárias que seriam analisadas: WOS, Scopus, Patentscope,

Espacenet/Latipat. Biblioteca Nacional e INPI. No total, foram estudadas 25 bases de dados, gerando uma nova base primária via Excel com acesso disponibilizado neste trabalho. Assim foram de fato investigadas as plataformas com aportes gráficos aprofundados, quais sejam a Web of Science e a Scopus conforme será tecido na próxima seção deste capítulo.

Essas plataformas integraram a construção do banco de dados primário da pesquisa, elaborado em planilha eletrônica Excel, utilizado para organização, categorização e sistematização dos artigos selecionados. O banco de dados permitiu registrar informações relacionadas aos autores, periódicos, ano de publicação, país de origem, instituições vinculadas, metodologias utilizadas, limitações identificadas, aplicações tecnológicas, contribuições científicas, lacunas de pesquisa e implicações práticas.

Todos os estudos recuperados passaram por análise criteriosa de aderência temática, objetividade científica e utilidade metodológica. Foram avaliados aspectos relacionados às abordagens empregadas, técnicas de pesquisa, modelos analíticos, limitações metodológicas e contribuições para o desenvolvimento das cidades inteligentes e da regulação da inteligência artificial.

Os critérios de inclusão contemplaram artigos revisados por pares, publicados entre os anos de 2022 e 2025, disponíveis integralmente em acesso aberto, redigidos em língua inglesa e diretamente relacionados às temáticas centrais da pesquisa. Foram excluídos documentos duplicados, trabalhos sem aderência temática, resumos expandidos, editoriais, dissertações, teses, capítulos de livros e estudos sem disponibilidade de texto completo.

Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, os estudos selecionados foram submetidos à leitura integral, análise qualitativa e categorização temática, permitindo a identificação de tendências científicas, desafios regulatórios, aplicações tecnológicas, lacunas investigativas e perspectivas futuras relacionadas à inteligência artificial em cidades inteligentes.

Quadro 2.- Critérios de inclusão e exclusão dos artigos escolhidos para discussão

Etapa	Critérios Aplicados
Critérios de Inclusão	Presença de palavras-chave e expressões relacionadas ao tema do estudo
	Publicações revisadas por pares

	Idioma inglês
	Trabalhos publicados entre 2022 e 2025
	Textos completos e acessíveis abertamente
	Apenas artigos científicos
Critérios de Exclusão	Exclusão de bases, plataformas de revistas, jornais e journals específicos
	Trabalhos fora do intervalo temporal definido
	Documentos duplicados
	Textos incompletos
	Materiais indisponíveis para acesso
	E-books, teses, ensaios e resenhas

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

Nas discussões, trabalhos com temáticas conexas foram excluídos, tais como: tecnologias emergentes como IOT e NFTs, robotics e metaverso, grids e cibersegurança, smart contracts e blockchain, co propriedade e economia circular, farma e saúde, inovação aberta, agricultura e alimentação, resíduos, turismo, LLMs, implicações ética e IA, bem como teses doutorais documentadas.

Foram finalmente 48 trabalhos para análise do conteúdo e aprofundamento da investigação, sendo o foco a análise das limitações, lacunas de pesquisa, aplicações, contribuições e implicações práticas. Assim, para as discussões, foram excluídas as análises de ano, tipo de publicação, indexação, figura da PI, tecnologia respectiva, desafios diretos, tangenciando-se indiretamente os impactos e contribuições dos trabalhos escolhidos.

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

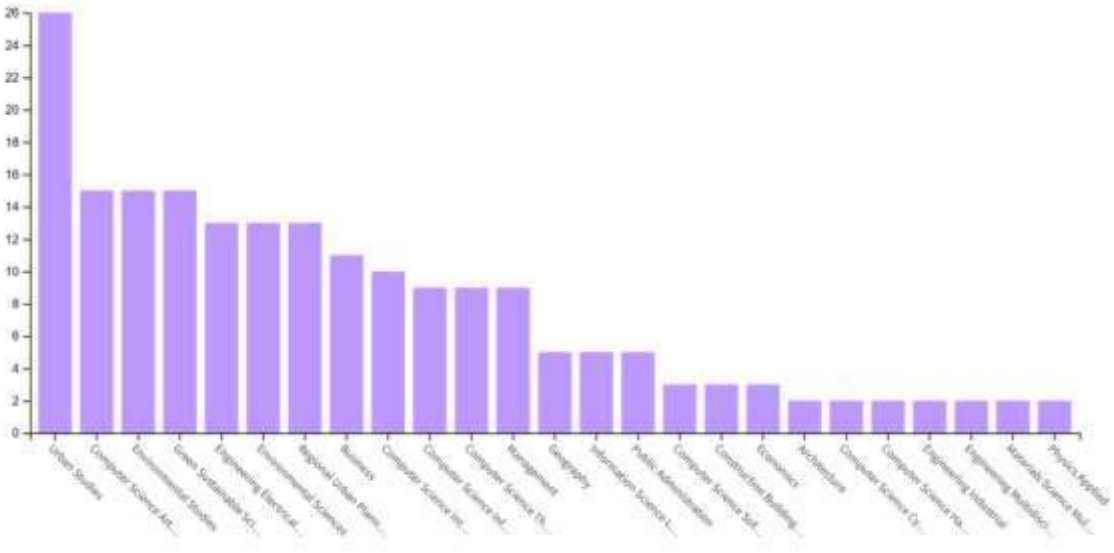
7.3.1 Web of Science

A análise dos dados atualizados da Web of Science confirma a robustez e a consolidação do campo de pesquisa em cidades inteligentes, ao mesmo tempo em que evidencia a importância do refinamento metodológico. Na pesquisa avançada com todos os campos, o termo “smart cities” apresenta 62.087 registros, demonstrando elevada densidade científica. A introdução de “artificial intelligence” reduz esse universo para 5.181 trabalhos, indicando um recorte tecnológico relevante, porém ainda não predominante em toda a literatura. Quando se adiciona “intellectual property”, observa-se uma queda abrupta para apenas 5 registros, evidenciando uma lacuna significativa e reforçando o caráter emergente dessa intersecção temática. O refinamento subsequente com “innovation” resulta em apenas 1 trabalho, enquanto a inclusão de “mobility” e “indicators” leva a ausência de resultados, demonstrando o alto grau de especificidade e limitação do recorte quando múltiplas dimensões são combinadas simultaneamente.

Em contraste, outra estratégia de busca avançada evidencia comportamentos distintos ao combinar “smart cities” com diferentes termos de forma não cumulativa. Nesse caso, “smart cities + artificial intelligence” mantém 5.181 resultados, enquanto “smart cities + intellectual property” apresenta 66 trabalhos, número significativamente superior ao da busca cumulativa, o que reforça a importância da estratégia de construção das strings. Já “smart cities + innovation” (10.794), “mobility” (6.650), “indicators” (2.829) e “transports” (4.495) demonstram que esses temas constituem áreas consolidadas e amplamente exploradas dentro do campo.

A pesquisa inteligente apresenta volumes menores, porém mais direcionados e refinados. O termo “smart cities” resulta em 4.848 registros, sendo reduzido para 2.988 ao adicionar “artificial intelligence”. A combinação com “intellectual property” apresenta apenas 2 resultados, reforçando novamente a escassez dessa interface na literatura. Por outro lado, termos como “innovation” (4.120), “mobility” (4.733), “indicators” (2.047) e “transports” (4.496) mantêm volumes relevantes, indicando maior maturidade dessas áreas. Quando aplicada a lógica cumulativa na pesquisa inteligente, observa-se estabilidade relativa (em torno de 100 registros) ao adicionar termos como inovação, mobilidade e indicadores, mas novamente com limitação significativa ao incluir “transports” (65 resultados), o que evidencia o caráter altamente específico desse recorte. Assim a figura 4 representam a divisão temática detalhada dos achados até então descritos nesse tópico.

Figura 4. - Gráfico da Distribuição dos trabalhos por área - *Web of Science*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

De forma geral, os resultados demonstram que a literatura sobre cidades inteligentes é ampla e consolidada, porém distribuída de maneira desigual entre seus subtemas. Áreas como inovação, mobilidade, transportes e indicadores apresentam forte presença e maturidade científica, enquanto a interseção com propriedade intelectual permanece incipiente, independentemente da estratégia de busca adotada. Além disso, as diferenças entre pesquisa avançada e pesquisa inteligente evidenciam o impacto dos algoritmos de recuperação na composição dos resultados, reforçando a necessidade de rigor metodológico e transparência na definição das estratégias de busca.

Nesse contexto, os dados da Web of Science confirmam a existência de uma lacuna relevante na literatura, especialmente na articulação entre cidades inteligentes, inteligência artificial e propriedade intelectual. Essa lacuna sustenta a relevância do recorte proposto, ao mesmo tempo em que evidencia a oportunidade de contribuição científica em um campo ainda pouco explorado, particularmente no que se refere à regulação, governança e gestão de ativos intangíveis em ecossistemas urbanos inteligentes.

A análise complementar dos dados obtidos na Web of Science permite aprofundar a interpretação metodológica e reforçar a consistência da estratégia de busca adotada. Observa-se que a pesquisa já se encontra em um nível avançado de refinamento, com aplicação de filtros robustos e critérios bem definidos, o que reduz a necessidade de segmentações adicionais. Esse grau de maturidade metodológica contribui para a confiabilidade dos resultados, ao mesmo tempo em que limita a ocorrência de vieses associados a buscas amplas ou pouco estruturadas.

Destaca-se que foram identificadas poucas limitações relevantes no processo de coleta de dados, o que reforça a adequação das escolhas metodológicas. A utilização de múltiplos campos de busca — incluindo tópicos, título, resumo e palavras-chave — resultou em um volume expressivo de 44.239 registros, evidenciando a abrangência inicial da literatura analisada. Esse número confirma, mais uma vez, a densidade do campo de cidades inteligentes e a necessidade de estratégias criteriosas de refinamento para garantir a pertinência dos estudos selecionados.

A aplicação do modo de pesquisa inteligente demonstra vantagens operacionais importantes, sobretudo em termos de praticidade e atualização dos resultados. No recorte específico envolvendo cidades inteligentes e propriedade intelectual (CI/SC + PI/IP), foram identificados 66 trabalhos, número que, embora relativamente reduzido, revela uma produção científica direta e relevante. Ainda assim, esses estudos apresentam maior dispersão quando comparados a temas mais consolidados, como inteligência artificial, inovação, mobilidade e indicadores no contexto de cidades inteligentes. Essa diferença quantitativa reforça a percepção de que a interseção entre cidades inteligentes e propriedade intelectual constitui um campo emergente, com elevado potencial de exploração acadêmica.

Além disso, os dados indicam uma forte conexão entre a literatura analisada e os United Nations Sustainable Development Goals (ODS), especialmente no que se refere às dimensões ambiental e de sustentabilidade. Essa vinculação evidencia que os estudos sobre cidades inteligentes não se restringem à dimensão tecnológica, mas incorporam preocupações relacionadas ao desenvolvimento sustentável, à eficiência energética e à qualidade de vida urbana. Tal característica amplia a relevância do tema, posicionando-o como um eixo estratégico para políticas públicas e agendas globais de desenvolvimento.

Outro aspecto relevante diz respeito à segmentação diferenciada observada nos resultados, indicando que diferentes combinações de termos produzem recortes analíticos distintos e complementares. Essa diversidade metodológica permite explorar o fenômeno das cidades inteligentes sob múltiplas perspectivas, contribuindo para uma compreensão mais abrangente e integrada do campo.

No que se refere aos critérios específicos de escolha na base Web of Science, os resultados reforçam a escassez de estudos altamente especializados quando múltiplos termos são combinados. As buscas avançadas envolvendo “smart cities + artificial intelligence + intellectual property” resultaram em apenas 5 e 2 achados, respectivamente, dependendo da configuração adotada. Esses números evidenciam um nível elevado de especificidade temática, que, por um lado, reduz

significativamente o universo de análise, mas, por outro, destaca a originalidade e a relevância do recorte proposto.

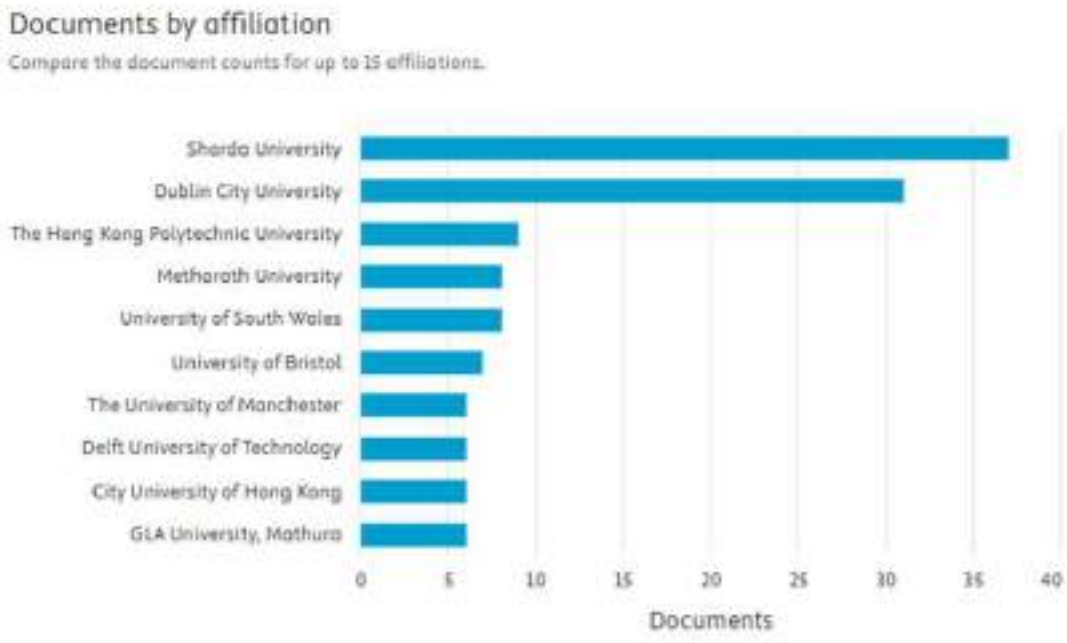
A pesquisa inteligente, ao incorporar múltiplos termos adicionais como inovação e mobilidade, ampliou o número de resultados para cerca de 100 achados. Esse aumento sugere que a integração entre diferentes dimensões das cidades inteligentes pode favorecer a identificação de estudos mais interdisciplinares, ainda que a relação direta com propriedade intelectual permaneça limitada. Em síntese, os dados confirmam que o campo de interseção entre cidades inteligentes, inteligência artificial e propriedade intelectual é ainda incipiente, o que reforça o potencial de contribuição científica da pesquisa ao explorar uma lacuna relevante na literatura internacional.

7.3.2 Scopus

A análise dos dados da Scopus evidencia a magnitude e a abrangência do campo de pesquisa em cidades inteligentes, com um volume inicial de 667.102 registros para o termo “smart cities”. A aplicação progressiva de filtros demonstra uma redução consistente, porém ainda significativa: “artificial intelligence” (236.777), “intellectual property” (3.897), “innovation” (3.117), “mobility” (784) e “indicators” (4), além de “transports” (207). Esse comportamento confirma a elevada densidade do campo e, simultaneamente, evidencia o caráter altamente específico e restrito quando múltiplas dimensões são combinadas, especialmente no recorte final voltado a indicadores.

Observa-se que, no recorte mais refinado — particularmente entre 2022 e 2025 — há um total de 529 trabalhos na interseção com inovação e 173 considerando mobilidade, com predominância de artigos científicos. Esse dado indica um direcionamento mais recente e qualificado da produção, reforçando o caráter exploratório da pesquisa, especialmente quando associada à propriedade intelectual. A presença reduzida de estudos em níveis mais específicos sugere que o campo ainda está em desenvolvimento, com oportunidades relevantes para aprofundamento teórico e empírico.

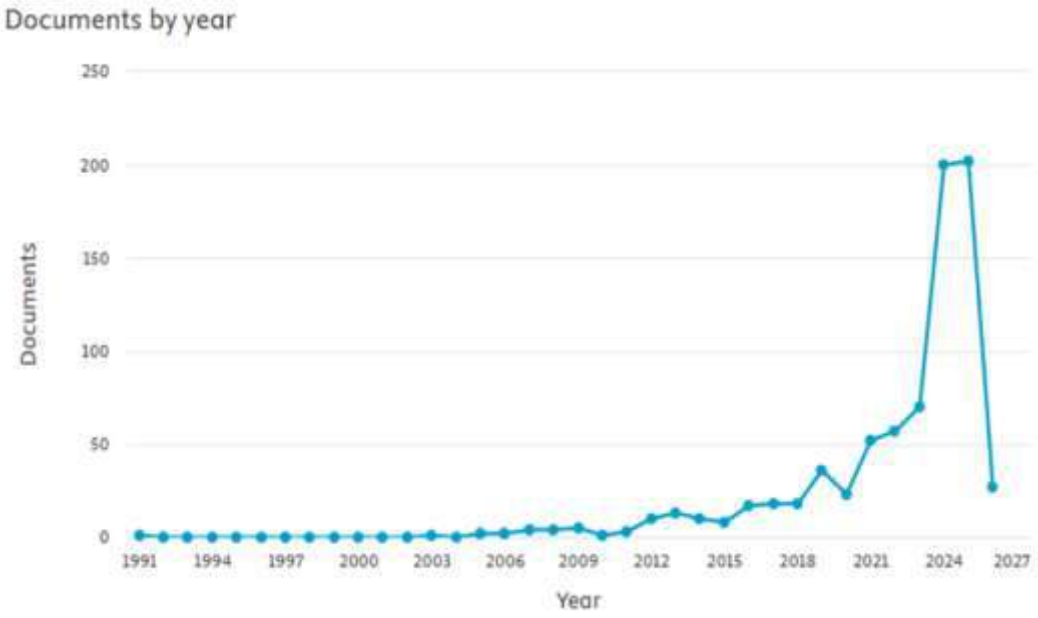
Figura 5 . - Gráfico da Distribuição dos trabalhos por Instituição - *Scopus*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A figura 5 evidencia a distribuição dos trabalhos por instituição na base Scopus, permitindo identificar os principais centros acadêmicos e organizações com maior produção científica relacionada ao tema pesquisado. A figura subsequente complementa essa análise ao apresentar a evolução temporal das publicações por ano, demonstrando o crescimento progressivo do interesse científico na temática ao longo do período analisado.

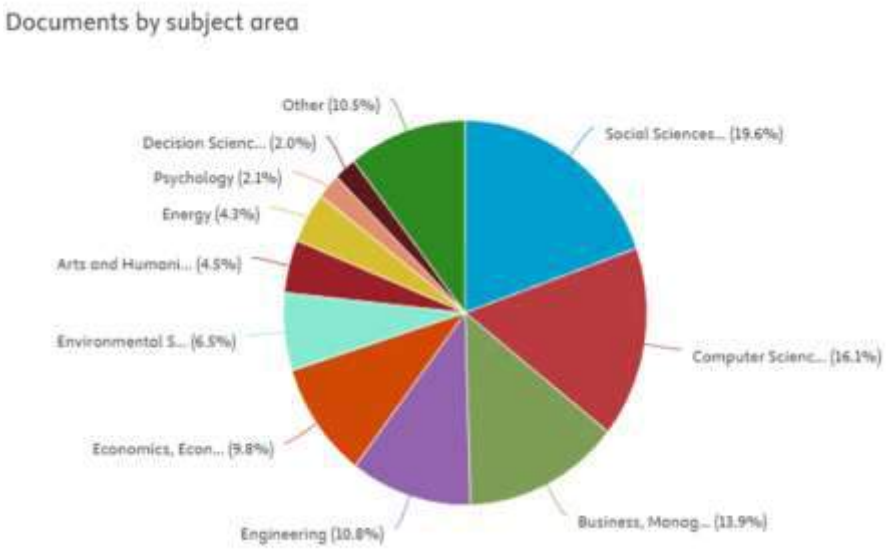
Figura 6 . - Gráfico da Evolução dos trabalhos publicados por ano - *Scopus*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A figura 6 demonstra a evolução anual das publicações indexadas na Scopus, evidenciando o crescimento do interesse científico sobre a temática investigada. A figura subsequente apresenta a distribuição dos trabalhos por área do conhecimento, permitindo identificar os principais campos científicos relacionados às cidades inteligentes, Inteligência Artificial e inovação.

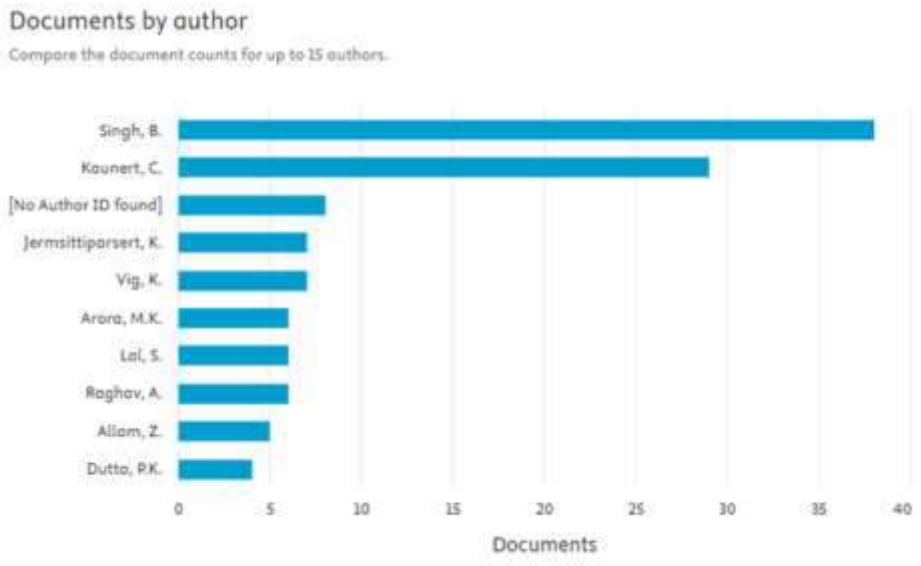
Figura 7 . - Gráfico da Distribuição dos trabalhos por área - *Scopus*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A figura 8 complementa essa análise ao apresentar os principais autores com maior volume de publicações, permitindo identificar pesquisadores de maior relevância e influência na temática investigada.

Figura 8 . - Gráfico da Distribuição dos trabalhos por autoria - *Scopus*

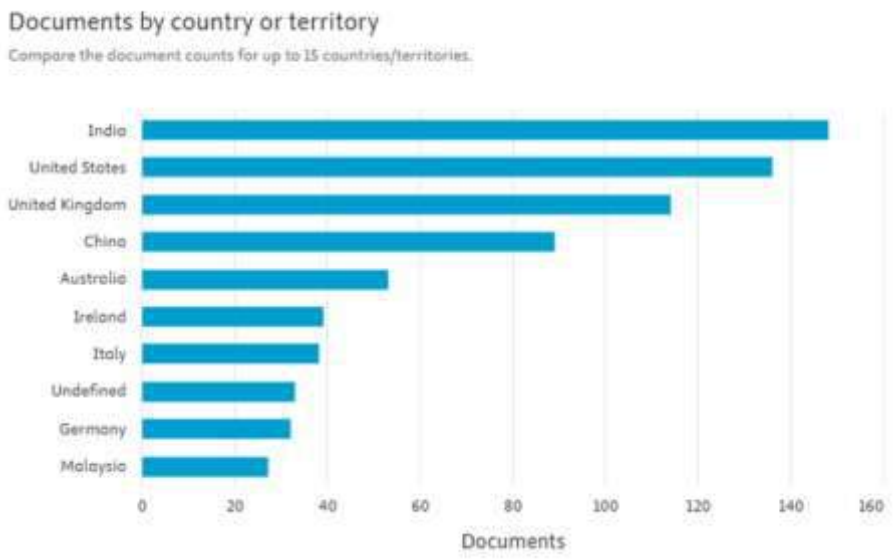


Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A figura 8 apresenta os principais autores e redes de autoria identificadas na produção científica analisada, evidenciando os pesquisadores com maior recorrência nas publicações. A figura

subsequente demonstra a distribuição dos trabalhos por país, permitindo visualizar a concentração geográfica da produção científica e os principais polos internacionais de pesquisa sobre o tema.

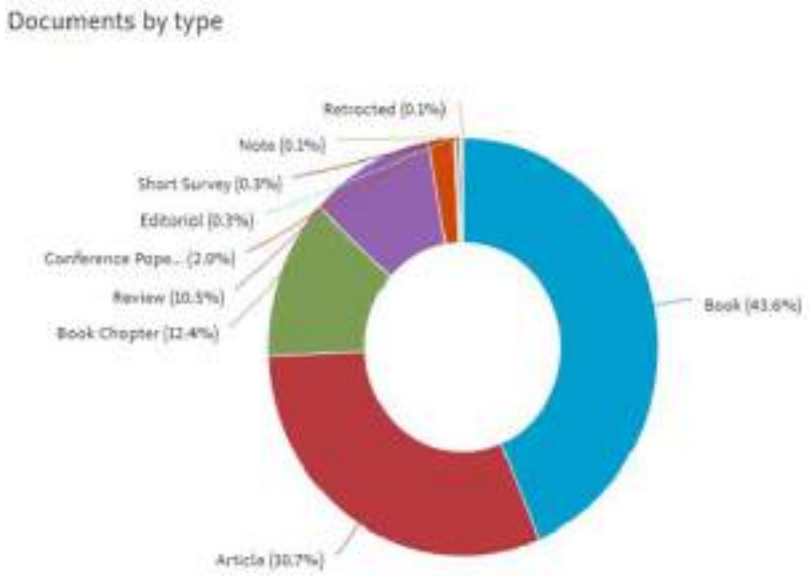
Figura 9 . - Gráfico da Distribuição dos trabalhos por País - *Scopus*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A figura 10 apresenta a classificação dos trabalhos por tipo de documento, permitindo identificar a predominância de artigos, capítulos, conferências e demais formatos acadêmicos utilizados na disseminação do conhecimento.

Figura 10 . - Gráfico da Distribuição dos trabalhos por tipo - *Scopus*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

Do ponto de vista geográfico e institucional, destaca-se o protagonismo de países asiáticos, especialmente China e Índia, com instituições como a City University of Hong Kong e a Sharda University figurando entre os principais polos de produção. Esse padrão é reforçado pela

predominância de financiamento proveniente da National Natural Science Foundation of China, evidenciando forte investimento estatal e centralidade asiática no avanço das pesquisas. Além disso, países como Estados Unidos, Reino Unido, Itália, Austrália, Alemanha, Espanha, Canadá e Coreia do Sul também aparecem com relevância, indicando uma distribuição global, porém concentrada em economias com maior capacidade científica.

Em termos de tipologia e áreas do conhecimento, a pesquisa apresenta caráter claramente interdisciplinar. No macrocampo, predominam áreas como engenharia, ciências sociais, ciências ambientais, energia, matemática, negócios e física, além de temas relacionados à tomada de decisão. Já no recorte mais específico, observa-se maior concentração em ciência da computação, negócios, economia e humanidades, evidenciando uma evolução do campo em direção à integração entre tecnologia, sustentabilidade e dimensões socioeconômicas. Essa transição reforça a importância crescente de abordagens que articulem inovação tecnológica com impactos sociais e ambientais.

Adicionalmente, a análise das categorias de publicação indica predominância de capítulos de livro, artigos de periódicos e livros no conjunto mais amplo, enquanto no recorte específico há maior presença de artigos, capítulos e trabalhos de conferência. Esse padrão sugere um campo em consolidação, no qual diferentes formatos de publicação coexistem e contribuem para a difusão do conhecimento. A evolução temporal aponta crescimento contínuo até 2025, com tendência de estabilização recente em alguns recortes, o que pode indicar início de maturidade em determinadas áreas.

Os dados reforçam a relevância crescente da sustentabilidade — inclusive científica — como eixo estruturante das pesquisas em cidades inteligentes. A integração entre tecnologia, economia, meio ambiente e políticas públicas evidencia uma mudança de paradigma, na qual as cidades inteligentes passam a ser analisadas não apenas como sistemas tecnológicos, mas como ecossistemas complexos que envolvem governança, inovação e desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, a base Scopus confirma tanto a amplitude quanto a profundidade do campo, ao mesmo tempo em que evidencia lacunas importantes, especialmente na interface com propriedade intelectual e regulação.

Em termos de macro concepções, a Scopus destaca-se como uma plataforma com maior diversidade de funcionalidades analíticas, incluindo recursos avançados de busca, uso de inteligência artificial e construção de *queries* complexas, o que favorece análises mais refinadas e estruturadas. Observa-se também a grande relevância dos trabalhos mais citados, associados a elevado fator de impacto: aproximadamente 1.112 publicações, dentro de um universo de 667.102,

concentram alto número de citações, representando cerca de 0,16% do total. Esse dado evidencia uma forte concentração de influência científica em um grupo restrito de estudos, característica típica de campos consolidados e altamente competitivos.

Identifica-se que a pesquisa em cidades inteligentes está fortemente associada a áreas com elevado financiamento internacional, especialmente em temas relacionados à tecnologia avançada, inovação e sustentabilidade. Entre as principais instituições financiadoras destacam-se a European Union, por meio de programas como o Horizon Europe, além de países asiáticos como China, Coreia do Sul e Japão, e também a Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT). Esse cenário reforça a centralidade de políticas públicas e investimentos estratégicos na condução da agenda científica global em cidades inteligentes.

No que se refere às palavras-chave, observa-se a predominância de termos como *machine learning* e China, indicando a forte influência de abordagens baseadas em inteligência artificial e o protagonismo geográfico asiático. De forma secundária, aparecem termos como dados, conhecimento, digital, IoT e *big data*, evidenciando a base tecnológica e informacional que sustenta o desenvolvimento das cidades inteligentes. Além disso, termos recorrentes — com pelo menos três ocorrências — incluem metaverso, *security*, patentes, *commerce*, realidade virtual, tecnologias emergentes, capital humano, modelagem, ecossistemas e Europa. Esses elementos indicam uma expansão temática do campo, incorporando novas fronteiras tecnológicas e dimensões econômicas e institucionais.

De maneira geral, essas evidências apontam para um ecossistema científico dinâmico e em evolução, no qual a pesquisa em cidades inteligentes se articula cada vez mais com tecnologias emergentes, segurança digital, economia do conhecimento e sustentabilidade. Ao mesmo tempo, reforça-se a necessidade de abordagens integradas que considerem não apenas os avanços tecnológicos, mas também aspectos regulatórios, institucionais e de propriedade intelectual, consolidando o campo como um domínio estratégico para inovação e desenvolvimento global.

A análise comparativa dos critérios apresentados, com base nos dados da Scopus, evidencia diferenças relevantes entre a macro pesquisa sobre “smart cities” e o recorte específico até o nível de indicadores, permitindo identificar padrões estruturais e tendências emergentes. Observa-se, inicialmente, o protagonismo de autores como Fabbri, F. no contexto mais amplo e Singg, B. no recorte específico, vinculados respectivamente à City University of Hong Kong e à Sharda University, o que reforça o incremento da participação de países asiáticos — especialmente China e Índia — nas pesquisas mais refinadas e recentes.

No que se refere ao tipo de produção científica, a macro pesquisa apresenta predominância de conferências e *papers*, indicando um caráter mais exploratório e tecnológico, enquanto o recorte específico evidencia maior presença de livros, sugerindo aprofundamento teórico e consolidação conceitual. Essa diferença reflete a evolução do campo, que transita de uma fase inicial mais experimental para uma abordagem mais estruturada e analítica.

A análise das áreas do conhecimento confirma a natureza interdisciplinar do campo. No nível macro, destaca-se a predominância da ciência da computação, evidenciando o foco tecnológico das cidades inteligentes. Já no recorte específico, observa-se maior presença das ciências sociais, indicando uma ampliação do debate para dimensões institucionais, econômicas e humanas. Essa transição reforça a crescente integração entre tecnologia e sociedade, especialmente no contexto da governança urbana e da sustentabilidade.

Outro aspecto relevante é a concentração do financiamento na National Natural Science Foundation of China em ambos os níveis de análise, evidenciando o papel central dessa instituição no fomento à pesquisa global em cidades inteligentes. Esse padrão confirma a liderança chinesa no campo, tanto em volume quanto em investimento estratégico.

Do ponto de vista temporal, a macro pesquisa apresenta crescimento contínuo até 2025, enquanto o recorte específico indica uma leve estabilização a partir de 2024, o que pode sugerir início de maturidade em determinadas linhas de investigação. Em termos geográficos, há convergência entre os principais países, com destaque para Estados Unidos, Reino Unido, China e Índia, que aparecem consistentemente entre os cinco primeiros em ambos os recortes, evidenciando um núcleo central de produção científica global.

Quanto às categorias de publicação, a macro análise apresenta maior diversidade (capítulos, revistas e livros), enquanto o recorte específico concentra-se em artigos, capítulos e *conference papers*, indicando maior especialização e foco acadêmico. A análise das áreas com maior representatividade (acima de 3%) reforça a centralidade da sustentabilidade — inclusive científica — como eixo estruturante. No nível macro, destacam-se engenharia, ciências sociais, ciências ambientais, energia, matemática, negócios e física, além de temas relacionados à tomada de decisão. Já no recorte específico, observa-se maior integração entre ciência da computação, negócios, economia, humanidades e energia, evidenciando uma abordagem mais contemporânea que incorpora dimensões sociais e econômicas à discussão tecnológica das cidades inteligentes.

7.4 DISCUSSÕES GERAIS

A literatura analisada demonstra que a inteligência artificial vem assumindo papel estratégico no desenvolvimento das cidades inteligentes, sobretudo em áreas relacionadas à mobilidade urbana, sustentabilidade energética, governança digital e gestão de dados urbanos. Os estudos evidenciam que tecnologias como Internet das Coisas (IoT), big data, blockchain e aprendizado de máquina estão sendo incorporadas às infraestruturas urbanas com o objetivo de otimizar serviços públicos, ampliar a eficiência operacional e melhorar a qualidade de vida da população (ALI et al., 2021; ZHANG et al., 2020).

Os resultados encontrados revelam predominância de aplicações voltadas à mobilidade inteligente, ao monitoramento urbano e à gestão baseada em dados. Nesse contexto, Kummitha e Crutzen (2022) destacam que sistemas inteligentes de transporte, Mobilidade como Serviço (MaaS) e veículos autônomos representam algumas das aplicações mais recorrentes da inteligência artificial nas cidades inteligentes. De forma semelhante, Sharma et al. (2023) apontam que sistemas multiagentes e inteligência distribuída possuem elevado potencial para reduzir congestionamentos urbanos, otimizar fluxos de tráfego e ampliar a eficiência energética.

No campo da infraestrutura tecnológica, observa-se destaque para aplicações envolvendo computação de borda (Edge AI), sensores inteligentes e plataformas cognitivas urbanas. Khan et al. (2024) ressaltam que a descentralização do processamento de dados possibilita respostas em tempo real e maior eficiência em serviços urbanos críticos, embora persistam limitações relacionadas ao consumo energético, à interoperabilidade e à capacidade computacional dos dispositivos. De modo semelhante, Prasetyo et al. (2023) afirmam que plataformas cognitivas urbanas podem fortalecer a resiliência urbana e a integração entre serviços públicos digitais.

A literatura também evidencia crescente preocupação com sustentabilidade e transição energética nas cidades inteligentes. Li et al. (2023) demonstram que políticas digitais integradas à inteligência artificial podem impulsionar ecoinovações e ampliar a eficiência energética urbana. Da mesma forma, Wang et al. (2024) verificam que a IA pode contribuir para a resiliência verde, especialmente por meio da redução do consumo energético e da otimização de redes inteligentes. Contudo, os autores destacam a ausência de métricas padronizadas para mensuração dos impactos ambientais da inteligência artificial.

Outro aspecto recorrente refere-se à utilização de indicadores urbanos e KPIs para avaliação do desempenho das smart cities. Yigitcanlar et al. (2018) ressaltam que modelos integrados de indicadores são fundamentais para evitar abordagens fragmentadas da sustentabilidade urbana. Em complemento, Purnomo et al. (2022) destacam que a utilização de indicadores quantitativos fortalece a formulação de políticas públicas urbanas, embora existam limitações relacionadas à disponibilidade, interoperabilidade e padronização dos dados.

No âmbito da governança urbana, os estudos convergem ao reconhecer que a consolidação das cidades inteligentes exige não apenas investimentos tecnológicos, mas também estruturas regulatórias robustas, governança ética e inclusão digital. Ahmad et al. (2022) argumentam que a Inteligência Artificial Explicável (XAI) representa elemento essencial para ampliar transparência, confiança e auditabilidade dos sistemas automatizados. Contudo, Giudici et al. (2020) alertam para os riscos da opacidade algorítmica (“black box”), especialmente em aplicações de monitoramento urbano e engenharia civil.

Além disso, diversos autores criticam o predomínio de abordagens tecnocêntricas no desenvolvimento das cidades inteligentes. Hollands (2008) argumenta que muitos projetos urbanos priorizam eficiência operacional e interesses corporativos em detrimento da inclusão social e da participação cidadã. Essa perspectiva também é reforçada por Cardullo e Kitchin (2019), os quais afirmam que a adoção indiscriminada de tecnologias inteligentes pode ampliar desigualdades sociais e mecanismos de exclusão digital.

Os estudos também identificam desafios relacionados à interoperabilidade, à governança de dados e à segurança cibernética. Kumar et al. (2024) destacam que a integração de dispositivos IoT de diferentes fabricantes ainda representa barreira significativa para a consolidação de ecossistemas urbanos inteligentes interoperáveis. Segundo os autores, persistem lacunas regulatórias relacionadas à proteção de dados, privacidade e compartilhamento intersetorial de informações urbanas.

Do ponto de vista institucional, Akgün et al. (2024) demonstram que governos locais enfrentam limitações estruturais, organizacionais e técnicas para implementação de políticas públicas voltadas às smart cities. Os autores ressaltam dificuldades relacionadas à capacitação técnica, gestão de riscos e sustentabilidade financeira dos projetos urbanos inteligentes. Em paralelo, Giest e Koch (2021) observam que projetos europeus financiados pelo programa Horizonte 2020 apresentam críticas relacionadas ao excesso de centralização e à limitada participação cidadã nos processos decisórios.

A análise bibliométrica desenvolvida por Garcia et al. (2025) evidencia crescimento acelerado da produção científica sobre inteligência artificial aplicada às cidades inteligentes, especialmente em áreas como mobilidade, sustentabilidade e monitoramento ambiental. Entretanto, os autores identificam forte concentração geográfica das pesquisas em países desenvolvidos, indicando desigualdade global na produção científica e necessidade de maior colaboração interdisciplinar.

De forma geral, os resultados da revisão sistemática demonstram que a inteligência artificial possui elevado potencial transformador para a gestão urbana, sustentabilidade e inovação pública. Contudo, a efetividade das cidades inteligentes depende não apenas da adoção tecnológica, mas igualmente da construção de modelos de governança ética, transparência algorítmica, inclusão social e participação democrática. Assim, observa-se a necessidade de avanço de estudos interdisciplinares capazes de integrar dimensões tecnológicas, sociais, econômicas e jurídicas no desenvolvimento das cidades inteligentes.

7.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise bibliográfica desenvolvida ao longo deste capítulo evidencia que a consolidação das cidades inteligentes depende da integração entre inteligência artificial, governança digital, sustentabilidade urbana, proteção de dados e estruturas regulatórias capazes de acompanhar a velocidade das transformações tecnológicas. Os estudos analisados demonstram que a IA deixou de representar apenas ferramenta de automação operacional, passando a assumir função estratégica na gestão urbana, na formulação de políticas públicas e na construção de ecossistemas inovadores orientados por dados (ALI et al., 2021; GARCIA et al., 2025).

Observa-se que as pesquisas convergem ao reconhecer que cidades inteligentes não podem ser compreendidas exclusivamente sob perspectiva tecnocêntrica. A efetividade dos ambientes urbanos inteligentes depende igualmente da existência de mecanismos de governança ética, transparência algorítmica, inclusão digital e sustentabilidade institucional. Nesse sentido, autores como Hollands (2008) e Cardullo e Kitchin (2019) alertam que a adoção indiscriminada de tecnologias inteligentes pode ampliar desigualdades sociais, concentrar poder informacional e reduzir a participação cidadã nos processos decisórios urbanos.

Os resultados também demonstram que a ausência de interoperabilidade entre sistemas urbanos, a fragmentação regulatória e a insuficiência de estruturas de proteção intelectual representam barreiras relevantes à consolidação das smart cities. Estudos sobre Inteligência Artificial Explicável

(XAI) reforçam a necessidade de construção de modelos transparentes e auditáveis, especialmente em aplicações relacionadas à mobilidade, segurança pública, infraestrutura urbana e serviços essenciais (AHMAD et al., 2022; GIUDICI et al., 2020). Da mesma forma, pesquisas voltadas à sustentabilidade urbana indicam que a integração entre IA, IoT e análise de dados pode ampliar significativamente a eficiência energética e a resiliência ambiental das cidades, desde que acompanhada por políticas públicas adaptativas e mecanismos robustos de governança (LI et al., 2023; WANG et al., 2024).

Nesse contexto, a revisão sistemática permitiu identificar indicadores estruturais relevantes para cidades que pretendem tornar-se inteligentes, sustentáveis e tecnologicamente orientadas. Entre os principais indicadores identificados destacam-se: integração digital da infraestrutura urbana; interoperabilidade entre sistemas de dados; existência de políticas de proteção de dados e propriedade intelectual; níveis de transparência algorítmica; governança participativa; sustentabilidade energética; mobilidade inteligente; inclusão digital; segurança cibernética; capacidade institucional de inovação; e desenvolvimento de ecossistemas colaborativos entre governos, universidades e empresas.

Com base nos padrões empíricos observados e nas evidências consolidadas ao longo da investigação, foram desenvolvidas diretrizes aplicadas voltadas à gestão estratégica da propriedade intelectual e da governança tecnológica em cidades inteligentes orientadas por Inteligência Artificial. Essas diretrizes foram estruturadas a partir de lógica dedutivo-indutiva, articulando análise teórica, evidências documentais e achados qualitativos identificados na revisão sistemática. O objetivo consiste em transformar os resultados científicos obtidos em recomendações operacionais aplicáveis aos desafios regulatórios, tecnológicos e institucionais contemporâneos.

As diretrizes propostas destinam-se especialmente a formuladores de políticas públicas, gestores urbanos, instituições de inovação, centros de pesquisa e ecossistemas tecnológicos envolvidos no desenvolvimento de soluções inteligentes. No âmbito regulatório, destaca-se a necessidade de criação de marcos normativos adaptativos capazes de disciplinar proteção de dados urbanos, titularidade de ativos intangíveis produzidos por IA, compartilhamento de informações públicas e responsabilidade algorítmica. No campo institucional, evidencia-se a importância da implementação de estruturas permanentes de governança digital, auditoria algorítmica e monitoramento ético das tecnologias urbanas.

Além disso, os resultados reforçam a necessidade de fortalecimento das políticas de inovação aberta, transferência tecnológica e cooperação interdisciplinar entre universidades, governos e setor privado. Conforme defendido por Brown (2008), a inovação estratégica depende da articulação entre criatividade, viabilidade tecnológica e impacto social. Assim, cidades inteligentes sustentáveis devem alinhar desenvolvimento tecnológico, proteção jurídica da inovação e promoção de bem-estar coletivo, evitando modelos exclusivamente orientados pela eficiência econômica.

Conclui-se, portanto, que a construção de cidades inteligentes exige abordagem integrada e multidisciplinar, capaz de articular tecnologia, governança, sustentabilidade, ética e regulação. A Inteligência Artificial apresenta elevado potencial transformador na gestão urbana; entretanto, sua efetividade depende da capacidade institucional das cidades em desenvolver estruturas regulatórias sólidas, modelos participativos de governança e mecanismos transparentes de proteção dos direitos fundamentais. Dessa forma, as diretrizes desenvolvidas nesta pesquisa constituem instrumento estratégico de apoio à formulação de políticas públicas, à gestão de ativos intangíveis e à consolidação de ecossistemas urbanos inteligentes sustentáveis, inclusivos e juridicamente seguros.

7.6 REFERÊNCIAS

AHMAD, Tanzeela et al. *Explainable Artificial Intelligence (XAI) for Smart Cities: A Comprehensive Review*. Electronics, Basel, v. 12, n. 10, 2022.

AKGÜN, [prenome não identificado] et al. *Breaking Barriers for Breaking Ground: A Categorisation of Public Sector Challenges to Smart City*. [S.l.], 2024.

ALI, S. et al. *Artificial Intelligence in the Smart City: A Systematic Literature Review*. [S.l.]: Springer, 2021.

BATLLO, J. et al. *Smart city project assessment framework and indicators*. Sustainable Cities and Society, [S.l.], v. 73, 2021.

CARDULLO, Paolo; KITCHIN, Rob. *Being a 'citizen' in the smart city: up and down the scaffold of smart citizen participation*. GeoJournal, Dordrecht, v. 84, n. 1, p. 1-13, 2019.

ELGIZAWY, S. et al. *Crowdsourcing smart city data for urban planning in Saudi Arabia*. GeoJournal, Dordrecht, 2021.

GARCIA, Luis et al. *Artificial Intelligence in Smart Cities: A Bibliometric Analysis and Future Research Agenda*. Urban Science, Basel, v. 9, n. 132, 2025.

GIEST, Sarah; KOCH, Florian. *EU smart city lighthouse projects between top-down strategies and local legitimation: the case of Hamburg*. Urban Planning, Lisboa, v. 6, n. 1, p. 82-94, 2021.

GIUDICI, Paolo et al. *Explainable artificial intelligence and smart monitoring systems in civil engineering and smart cities*. Smart Cities, Basel, v. 3, n. 4, p. 1157-1175, 2020.

HOLLANDS, Robert G. *Will the Real Smart City Please Stand Up? Intelligent, Progressive or Entrepreneurial?* City, London, v. 12, n. 3, p. 303-320, 2008.

KHAN, Muhammad et al. *Opportunities, Applications and Challenges of Edge-AI Enabled Video Analytics in Smart Cities: A Systematic Review*. Sensors, Basel, 2024.

KUMAR, R. et al. *Industry 4.0 technologies in smart cities: applications and challenges*. Sustainability, Basel, 2024.

KUMAR, Rakesh et al. *Comprehensive Exploration of Smart Cities: A Systematic Review of Benefits, Challenges and Future Directions in Telecommunications and Urban Development*. Telecommunications Policy, Amsterdam, 2024.

KUMMITHA, Ramakrishna; CRUTZEN, Nathalie. *Artificial intelligence and smart urban mobility: systematic literature review and future directions*. Sustainability, Basel, v. 14, n. 12, 2022.

LI, Jian et al. *Digital Policies, Artificial Intelligence and Eco-Innovation in Smart Cities*. World Development, Oxford, v. 169, 2023.

LI, Y. et al. *Smart buildings and sustainable urban development in smart cities*. Buildings, [S.l.], v. 15, 2025.

LIU, Y. *Risk Assessment and Regulation Algorithm for Financial Technology Platforms*. Computational Intelligence and Neuroscience, [S.l.], 2022.

MORA, L.; DEAKIN, M.; REID, A. *Strategic principles for smart city development*. Smart Cities, Basel, 2019.

PEREIRA, G. V. et al. *Smart governance and citizen participation in smart cities*. Government Information Quarterly, [S.l.], 2018.

PONE.0269089. *Smart Governance and Business Environment in Smart Cities*. [S.l.], 2022.

PRASETYO, Agus et al. *Cognitive City Platform as Digital Public Infrastructure for Developing a Smart Sustainable and Resilient City in Indonesia*. Sustainability, Basel, 2023.

PURNOMO, Edwin et al. *Smart city implementation assessment using Boyd Cohen Smart City Wheel indicators*. GeoJournal, Dordrecht, v. 87, n. 4, p. 1-18, 2022.

Research Progress of Quantum Artificial Intelligence in Smart City. [S.l.], 2023.

SHARMA, Priyanshu et al. *Next Generation of Multi-Agent Driven Smart City Applications and Research Paradigms*. Future Generation Computer Systems, Amsterdam, 2023.

Smart Governance and Business Environment in Smart Cities. [S.l.], 2022.

Sustainable Smart City to Society 5.0: State-of-the-Art and Research Challenges. [S.l.], 2022.

WANG, Lei et al. *Artificial Intelligence, Carbon Emissions Trading and Green Resilience in Smart Cities*. Smart Cities, Basel, v. 8, n. 67, 2024.

YANG, X. *Smart city technologies and intelligent urban operational support*. Journal of Physics: Conference Series, [S.l.], v. 1732, 2021.

YIGITCANLAR, Tan et al. *Smart cities and green sustainability: a systematic review of the literature*. Sustainable Cities and Society, Amsterdam, v. 41, p. 146-158, 2018.

ZHANG, H. et al. *Artificial intelligence applications for smart cities*. Applied Sciences, [S.l.], v. 10, n. 2944, 2020.

ZHANG, Wei et al. *Hyperspectral Imaging and Artificial Intelligence Applications in Smart Cities*. Smart Cities, Basel, v. 8, n. 51, 2024.

8. CAPÍTULO 2

PROPRIEDADE INTELECTUAL, PATENTOMETRIA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM CIDADES INTELIGENTES: PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA, GOVERNANÇA URBANA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

RESUMO: A transformação digital das cidades intensificou a relevância da Propriedade Intelectual (PI), da Inteligência Artificial (IA) e da prospecção tecnológica como elementos estratégicos para o desenvolvimento urbano sustentável. Este estudo analisa a relação entre patentometria, inovação tecnológica e cidades inteligentes, com enfoque na utilização de dados patentários como indicadores de maturidade tecnológica, governança urbana e dinâmica da economia do conhecimento. Metodologicamente, a pesquisa fundamenta-se em revisão bibliográfica e análise patentométrica realizada em bases internacionais e nacionais, incluindo PATENTSCOPE/WIPO, Espacenet, LATIPAT, INPI e Biblioteca Nacional, utilizando operadores booleanos, classificações IPC/CPC e filtros tecnológicos associados a IA, smart cities, IoT, 5G e inovação urbana. Os resultados evidenciam forte concentração internacional de tecnologias voltadas à automação urbana, digital twins, edge AI, governança algorítmica e integração entre IA, IoT e infraestrutura digital. Em contraste, o cenário brasileiro apresenta inovação predominantemente fragmentada, setorial e pouco integrada, com baixa consolidação sistêmica do conceito de cidades inteligentes. Observou-se também que a PI no contexto urbano brasileiro ainda possui forte caráter institucional e discursivo, com limitada conversão em ativos tecnológicos integrados. A pesquisa demonstra que a patentometria constitui importante instrumento para análise de tendências tecnológicas, avaliação de competitividade e formulação de políticas públicas orientadas à sustentabilidade urbana. Conclui-se que a articulação entre IA, governança digital e propriedade intelectual representa elemento central para consolidação de ecossistemas urbanos inteligentes, sustentáveis e alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente os ODS 9 e 11.

PALAVRAS-CHAVE: Inovação Urbana; Governança Digital; Smart Cities; Prospecção Tecnológica; Patentes.

8.1 INTRODUÇÃO

A Propriedade Intelectual constitui um dos pilares da economia do conhecimento ao garantir proteção jurídica e valorização de ativos intangíveis. No âmbito da Propriedade Industrial, as

patentes possuem papel central, pois transformam conhecimento técnico em ativos econômicos estratégicos passíveis de exploração, licenciamento e transferência tecnológica (BRASIL, 1996; WIPO, 2017). A análise sistemática desses documentos origina a patentometria, metodologia que utiliza dados patentários como indicadores de inovação, competitividade e dinâmica tecnológica.

A patentometria integra o campo da prospecção tecnológica, sendo utilizada para identificar tendências emergentes, mapear trajetórias tecnológicas e subsidiar políticas públicas, estratégias empresariais e pesquisas científicas. Os documentos de patente reúnem informações relevantes sobre invenções, classificações tecnológicas, titulares e inventores, permitindo a construção de métricas como número de depósitos, famílias de patentes, citações e índices de especialização tecnológica (OECD, 2009; WIPO, 2023).

Nesse contexto, destacam-se rankings internacionais como o Global Innovation Index, desenvolvido com participação da Organização Mundial da Propriedade Intelectual, que utiliza indicadores patentários para mensurar capacidade inovadora, transferência tecnológica e sofisticação dos sistemas de inovação. As patentes, portanto, funcionam como importantes proxies de desempenho tecnológico e econômico.

A relação entre propriedade intelectual, patentometria e inovação conecta-se também aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Tecnologias protegidas por patentes contribuem para áreas como energia limpa, cidades inteligentes, mobilidade sustentável e ação climática. Assim, a análise patentométrica possibilita identificar tecnologias alinhadas aos ODS e mapear oportunidades de inovação sustentável (UN, 2015; WIPO, 2022).

Além disso, empresas e instituições utilizam indicadores patentométricos para avaliar portfólios tecnológicos, posicionamento competitivo e potencial econômico de suas invenções. Da mesma forma, governos podem empregar essas análises para fortalecer ecossistemas de inovação, transferência de tecnologia e políticas orientadas ao desenvolvimento baseado em conhecimento.

Dessa forma, a articulação entre propriedade intelectual e patentometria evidencia a relevância estratégica dos dados patentários para a prospecção tecnológica, avaliação da inovação e apoio à tomada de decisão, consolidando a centralidade da informação tecnológica na economia contemporânea.

8.2 REFERENCIAL TEÓRICO

8.2.1 Sistema Internacional de Patentes: Métodos de Busca, Classificação e Mapeamento terminológico e Tecnológico sustentável

O IPC Green Inventory, desenvolvido pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI/WIPO), organiza tecnologias ambientais conforme a Classificação Internacional de Patentes (IPC), facilitando a identificação de inovações voltadas à sustentabilidade. A ferramenta abrange áreas como energias renováveis, transporte sustentável, conservação energética, gestão de resíduos, agricultura sustentável e aspectos regulatórios ambientais. Sua aplicação metodológica ocorre por meio de buscas estruturadas em bases como o PATENTSCOPE, permitindo análises quantitativas por período, país e titularidade, especialmente relevantes para estudos de inovação verde e transição energética.

O WIPO Pearl, também mantido pela OMPI, consiste em um portal terminológico multilíngue voltado à padronização de termos técnicos no campo da propriedade intelectual. A plataforma organiza conceitos em redes interativas, possibilitando buscas por termo, área temática ou mapa conceitual. No campo “Data”, vinculado à Inteligência Artificial, identificam-se milhares de conceitos relacionados a aprendizado de máquina, processamento de linguagem natural, big data e sistemas inteligentes, demonstrando a centralidade da IA nas tecnologias orientadas por dados.

Metodologicamente, o WIPO Pearl auxilia na identificação de tendências tecnológicas, refinamento de estratégias de busca e construção de descritores padronizados para revisões sistemáticas e análises bibliométricas. No contexto das cidades inteligentes, os mapas conceituais favorecem a compreensão das relações entre conectividade, energia, gestão de dados e infraestrutura digital, contribuindo para a análise de tecnologias aplicadas ao desenvolvimento urbano sustentável.

Essa convergência tecnológica relaciona-se diretamente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 11 — Cidades e Comunidades Sustentáveis, além do ODS 9 — Indústria, Inovação e Infraestrutura e do ODS 7 — Energia Acessível e Limpa. A literatura demonstra que cidades inteligentes integram inovação digital, sustentabilidade e inclusão social, promovendo eficiência energética, mobilidade sustentável e participação cidadã.

A base PATENTSCOPE, mantida pela WIPO, reúne pedidos internacionais de patente depositados via Patent Cooperation Treaty (PCT), além de dados de escritórios nacionais e

informações sobre famílias patentárias. Entre suas funcionalidades destacam-se buscas avançadas, filtros por classificação IPC/CPC, operadores booleanos e exportação estruturada de resultados. Metodologicamente, a plataforma permite delimitações geográficas e tecnológicas precisas, incluindo análises voltadas ao Brasil e à América Latina, bem como cruzamentos com classificações ambientais do IPC Green Inventory.

Já o Espacenet, administrado pelo European Patent Office (EPO), constitui uma das maiores bases públicas de informação patentária. A plataforma oferece buscas inteligentes, classificação tecnológica por IPC e CPC, visualização de famílias INPADOC, análise de citações e verificação de status jurídico. A estrutura CPC organiza tecnologias em grandes áreas, permitindo refinamento técnico rigoroso das pesquisas.

Do ponto de vista metodológico, recomenda-se no Espacenet um procedimento em quatro etapas: busca ampla inicial, refinamento por classificação tecnológica, análise de famílias patentárias e verificação do status jurídico. Essas ferramentas tornam-se essenciais para estudos de inovação, prospecção tecnológica e análise estratégica da propriedade intelectual aplicada às cidades inteligentes e à sustentabilidade.

8.2.2 Ranking das cidades inteligentes: critérios e desempenho local

As Cidades Inteligentes consolidam-se como resposta às pressões da urbanização, das mudanças climáticas e das desigualdades socioespaciais. Mais do que cidades digitalizadas, caracterizam-se como territórios conectados, sustentáveis, resilientes e orientados por governança baseada em dados, tecnologia e participação social. Conforme a ISO 37122, cidades inteligentes utilizam tecnologias e práticas inovadoras para melhorar a qualidade de vida, a eficiência dos serviços urbanos e a sustentabilidade ambiental por meio de indicadores mensuráveis.

O modelo de Boyd Cohen (2014) reforça essa perspectiva ao estruturar as smart cities em dimensões integradas, como economia, mobilidade, meio ambiente, governança e capital humano. De forma convergente, o relatório *Bright Cities* destaca que a maturidade urbana depende da integração entre infraestrutura digital, sustentabilidade, dados abertos e governança colaborativa.

Nesse cenário, a Inteligência Artificial assume papel estruturante ao permitir automação, análise preditiva e gestão eficiente de recursos urbanos. Tecnologias como edge AI, LLMs, blockchain, digital twins e computação em nuvem ampliam conectividade, interoperabilidade, transparência, rastreabilidade e segurança, fortalecendo cidades resilientes e centradas no bem-estar coletivo.

Assim, a cidade inteligente configura-se como ecossistema sociotécnico regulado, ético e human centric, baseado em governança de dados e sustentabilidade de longo prazo.

No contexto global, rankings internacionais evidenciam a predominância de cidades europeias e asiáticas em inovação urbana e qualidade de vida. Segundo o IMD Smart City Index 2024/2025, destacam-se Zurique, Oslo, Singapura, Copenhague e Londres, reconhecidas por governança eficiente, mobilidade sustentável e integração tecnológica (AEASMS, 2024; Habitability, 2025). O índice combina infraestrutura urbana e percepção dos cidadãos, reforçando a importância de abordagens integradas para o desenvolvimento inteligente.

Experiências como Songdo, na Coreia do Sul, demonstram modelos urbanos planejados desde sua concepção para integrar IoT, inteligência artificial e gestão automatizada. A cidade opera com sensores, plataformas digitais e monitoramento em tempo real, evidenciando a relevância da coordenação entre setor público e privado e da governança tecnológica para viabilizar inovação urbana em larga escala.

No Brasil, os rankings de cidades inteligentes permitem analisar indicadores relacionados à governança, sustentabilidade, mobilidade, resiliência e qualidade de vida. Os dados demonstram desigualdades regionais e diferentes níveis de maturidade urbana, além de evidenciarem a influência da capacidade institucional, da inovação tecnológica e das parcerias estratégicas no desempenho municipal.

Cidades como Barueri, Curitiba, Brasília e Niterói destacam-se em transparência e governança pública, enquanto Santos, Sorocaba e Limeira avançam em participação cidadã por meio de plataformas digitais. Florianópolis e Descalvado apresentam iniciativas voltadas à sustentabilidade e eficiência energética, ao passo que Recife, Salvador e Ponta Grossa se destacam em resiliência urbana e prevenção de riscos.

Além disso, capitais como São Paulo, Rio de Janeiro e Vitória demonstram avanços em serviços urbanos, mobilidade e qualidade de vida. No conjunto, municípios como Amargosa, Cascavel, Goiatuba, João Pessoa, Natal e São José do Rio Preto evidenciam a diversidade regional e a necessidade de políticas urbanas multidimensionais, alinhadas à sustentabilidade, inclusão e governança eficiente (Connected Smart Cities, 2025).

8.2.3 Conexão com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

A tese estabelece relação direta com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas, especialmente com o ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis. O ODS 11 busca tornar as cidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis. A pesquisa contribui para esse objetivo ao analisar como a Inteligência Artificial (IA), integrada a mecanismos de Propriedade Intelectual (PI), pode estruturar modelos de governança urbana baseados em dados, fortalecer a segurança jurídica inclusive da inovação e ampliar a eficiência de políticas públicas em mobilidade, e infraestrutura urbana inteligente. Ao identificar clusters de maturidade institucional e também percepções sobre risco regulatório, a tese fornece subsídios para aprimorar a governança urbana orientada por evidências — elemento central para cidades sustentáveis.

Em segundo plano estratégico, destaca-se o ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura. A pesquisa dialoga diretamente com esse ODS ao tratar a IA como tecnologia de propósito geral e a PI como instrumento de coordenação da inovação. A consolidação de ecossistemas urbanos inovadores depende de infraestrutura digital robusta, marcos regulatórios adequados e proteção eficiente de ativos intangíveis — fatores analisados empiricamente no estudo.

Quadro 3. – Interfaces entre a Tese e os ODS

ODS	Interface com a Tese	Contribuição Estrutural
11	Governança urbana inteligente	Eficiência, resiliência e inclusão inclusive digital
9	Infraestrutura digital e inovação	Proteção de ativos intangíveis e ecossistemas tecnológicos
2	Monitoramento territorial	Segurança alimentar urbana
3	IA para o bem-estar	Gestão preditiva e otimização de recursos
4	Formação em IA e PI	Capital humano qualificado
7	Smart grids e eficiência energética	Transição energética urbana
8	Economia do conhecimento	Geração de empregos tecnológicos e inovadores
12	Rastreabilidade e dados	Produção e consumo sustentáveis
13	Modelagem climática urbana	Planejamento resiliente
15	Monitoramento ambiental	Valorização e proteção de ecossistemas urbanos
16	Regulação e segurança jurídica	Instituições eficazes, eficientes e confiáveis
17	Cooperação multissetorial	Implementação integrada de inovação

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A tese posiciona-se como aliada estratégica à Agenda 2030 ao propor uma leitura integrada entre inovação tecnológica, regulação jurídica e governança urbana. O ODS 11 constitui o eixo estruturante da pesquisa, pois a cidade é o espaço onde a Inteligência Artificial se materializa como infraestrutura sociotécnica. O ODS 9 complementa essa perspectiva ao evidenciar que inovação e infraestrutura são pré-condições para sustentabilidade urbana. Os demais ODS ressaltados demonstram que a interação entre IA e propriedade intelectual transcende o campo tecnológico,

impactando dimensões sociais, ambientais, econômicas e institucionais do desenvolvimento sustentável.

8.3 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como estudo qualitativo, exploratório, descritivo e documental, fundamentado em procedimentos de patentometria e prospecção tecnológica, voltados à análise de depósitos patentários, indicadores tecnológicos e dinâmicas de inovação relacionadas à Inteligência Artificial, cidades inteligentes, infraestrutura digital e sustentabilidade urbana (WIPO, 2023; OECD, 2009).

A construção metodológica baseou-se na utilização de técnicas de análise patentométrica, compreendidas como instrumentos de avaliação quantitativa e qualitativa da atividade tecnológica a partir de documentos de patente. A patentometria permitiu identificar tendências tecnológicas emergentes, concentração de depósitos, recorrência de classificações tecnológicas, principais titulares, inventores, países depositantes e áreas de especialização associadas às smart cities e à Inteligência Artificial aplicada ao ambiente urbano (GRILICHES, 1990; OCDE, 2009).

A pesquisa utilizou fundamentos clássicos da bibliometria e patentometria, especialmente as Leis de Lotka, Bradford e Zipf. A Lei de Lotka foi aplicada para identificar inventores e titulares com maior recorrência nos depósitos patentários analisados (LOTKA, 1926). A Lei de Bradford auxiliou na identificação das principais bases de informação tecnológica e concentração documental (BRADFORD, 1934). Já a Lei de Zipf foi empregada para verificar a incidência de descritores tecnológicos, termos recorrentes e classificações associadas às tecnologias urbanas inteligentes (ZIPF, 1949).

As buscas patentárias foram realizadas mediante utilização de operadores booleanos, especialmente o operador “AND”, associados a macroexpressões estruturadas em língua inglesa, considerando a predominância internacional dos depósitos patentários nesse idioma (WIPO, 2022). Entre os principais descritores utilizados destacam-se: “smart cities”, “artificial intelligence”, “innovation”, “5G”, “IoT”, “digital twins”, “mobility”, “urban governance” e “sustainability”.

As análises concentraram-se principalmente nas bases internacionais PATENTSCOPE/WIPO, Espacenet e LATIPAT, além das bases nacionais do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e da Biblioteca Nacional. Complementarmente, foram utilizadas ferramentas tecnológicas como IPC Green Inventory e WIPO Pearl, voltadas ao refinamento terminológico, classificação

tecnológica e identificação de tecnologias sustentáveis relacionadas às cidades inteligentes (WIPO, 2022; EPO, 2024).

No âmbito metodológico, foram aplicados filtros relacionados ao período temporal, disponibilidade documental, classificação tecnológica IPC/CPC, famílias patentárias, status jurídico e aderência temática. A análise concentrou-se especialmente em depósitos publicados entre 2022 e 2026, considerando documentos relacionados à Inteligência Artificial, infraestrutura digital, mobilidade inteligente, governança urbana, energia inteligente e Internet das Coisas (OECD, 2009).

A pesquisa contemplou análises quantitativas e qualitativas dos documentos patentários, incluindo número de depósitos por período, distribuição geográfica, principais países depositantes, recorrência de códigos IPC/CPC, inventores, titulares, áreas tecnológicas e evolução temporal das tecnologias identificadas. Também foram analisadas figuras complementares de propriedade intelectual, como programas de computador, marcas, contratos de transferência de tecnologia e desenhos industriais associados ao ecossistema das cidades inteligentes (BRASIL, 1996).

Os dados coletados foram organizados em planilhas eletrônicas Excel, permitindo sistematização, categorização e construção de indicadores tecnológicos. As análises comparativas possibilitaram identificar diferenças entre o cenário internacional e o contexto brasileiro quanto à maturidade tecnológica, integração sistêmica das soluções urbanas inteligentes e consolidação da inovação baseada em Inteligência Artificial (WIPO, 2023).

Os critérios de inclusão contemplaram documentos patentários e registros de propriedade intelectual diretamente relacionados às temáticas centrais da pesquisa, disponíveis integralmente e vinculados às áreas de cidades inteligentes, Inteligência Artificial, inovação urbana e sustentabilidade. Foram excluídos documentos duplicados, registros sem aderência temática, materiais incompletos e depósitos sem relação direta com infraestrutura urbana inteligente.

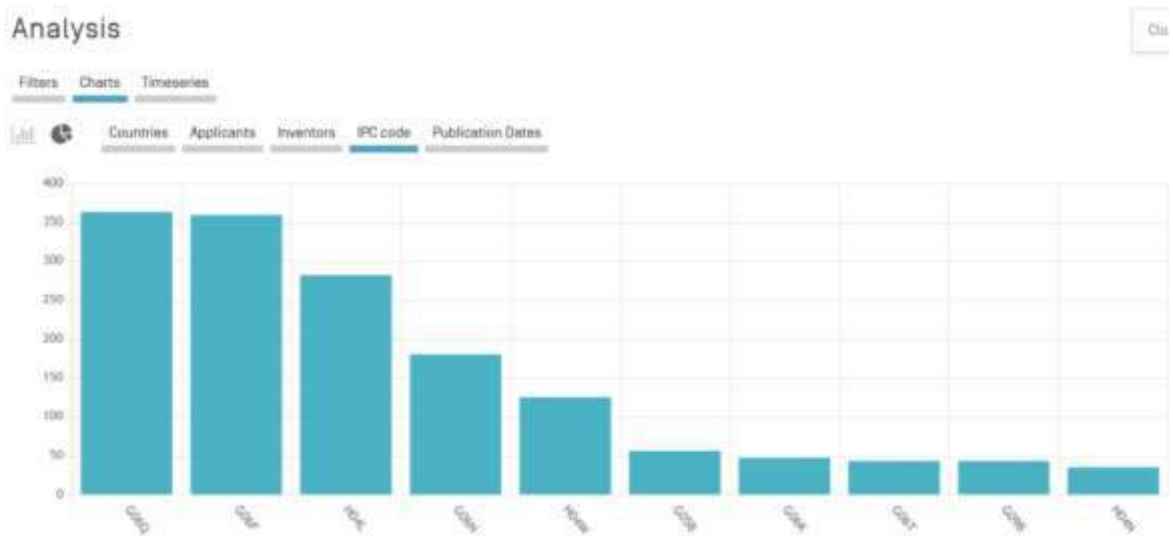
Após a aplicação dos critérios metodológicos, os documentos selecionados foram submetidos à análise qualitativa e categorização temática, permitindo identificar padrões de inovação, tendências tecnológicas emergentes, níveis de convergência entre IA, IoT e infraestrutura urbana, além de lacunas estruturais na inovação tecnológica aplicada às cidades inteligentes.

8.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

8.4.1 Patentscope: análises e discussões

A Figura 11 apresentada demonstra a distribuição dos depósitos patentários segundo os códigos da Classificação Internacional de Patentes (IPC), permitindo identificar as principais áreas tecnológicas associadas à Inteligência Artificial, comunicação digital, automação e infraestrutura das cidades inteligentes. A análise dos códigos IPC possibilita compreender a concentração temática das inovações, evidenciando os domínios tecnológicos mais recorrentes e estratégicos no contexto da transformação digital urbana e da governança baseada em dados.

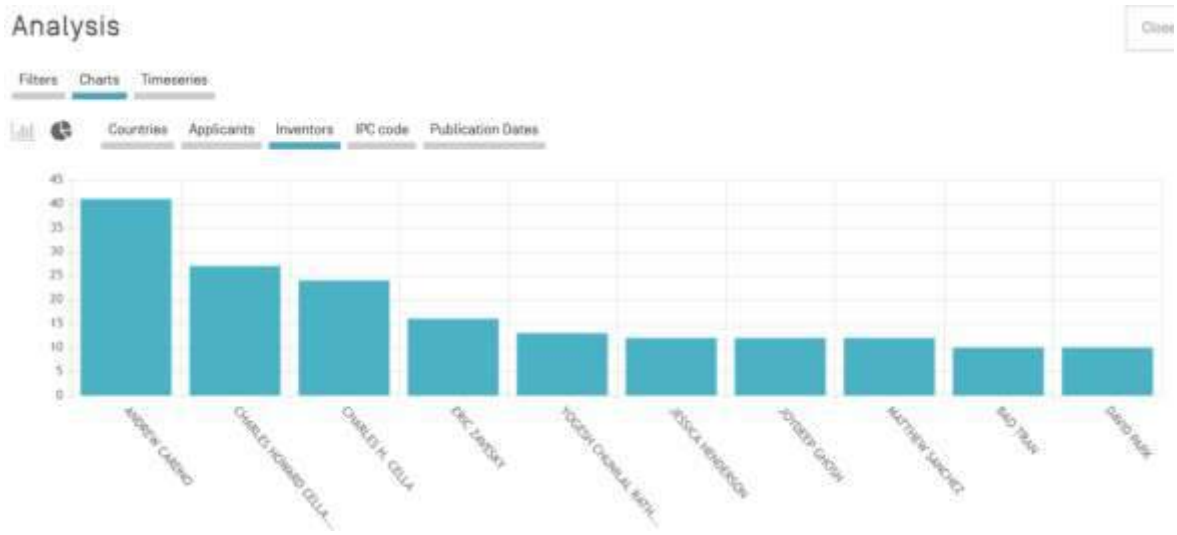
Figura 11.- Gráfico das Patentes por código IPC - *Patentscope*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A Figura 11 evidencia a distribuição dos principais inventores identificados nos depósitos patentários analisados, permitindo visualizar a concentração da atividade inventiva no campo da Inteligência Artificial, infraestrutura digital e cidades inteligentes. A análise contribui para identificar atores tecnológicos de maior recorrência e relevância no desenvolvimento de soluções inovadoras, demonstrando padrões de concentração do conhecimento e protagonismo de determinados núcleos corporativos e tecnológicos no cenário internacional da inovação.

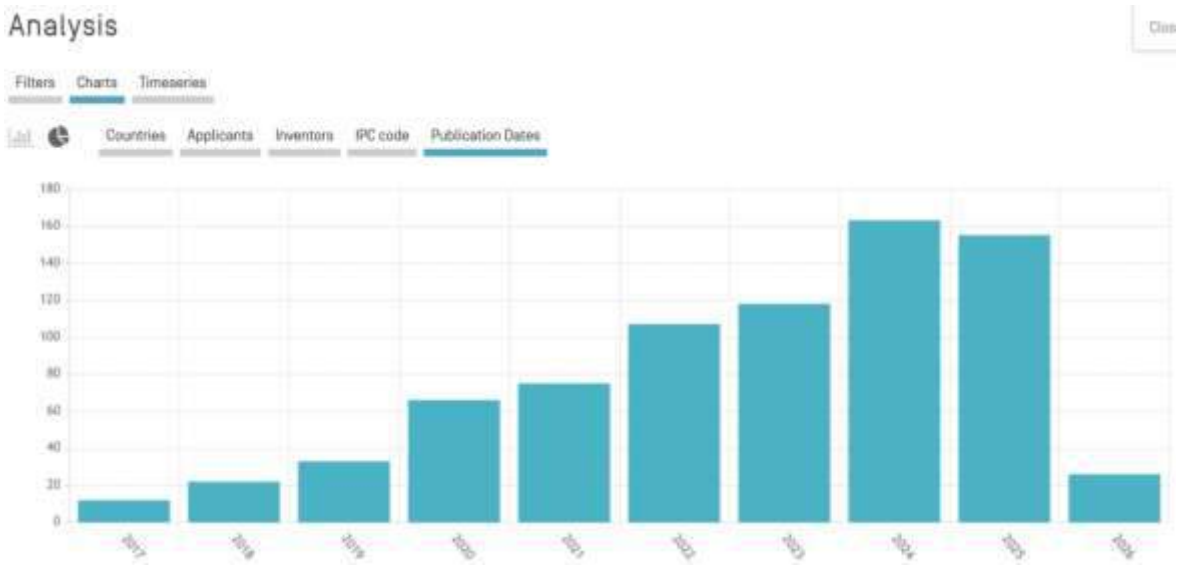
Figura 12.- Gráfico das Patentes por Inventores- *Patentscope*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A Figura 12 releva a evolução temporal das publicações patentárias relacionadas à Inteligência Artificial, cidades inteligentes e infraestrutura digital, permitindo visualizar o crescimento dos depósitos ao longo dos anos analisados. A distribuição por datas de publicação evidencia tendências de expansão tecnológica, intensificação da atividade inovadora e consolidação recente de tecnologias associadas à automação, conectividade e governança digital no contexto das smart cities.

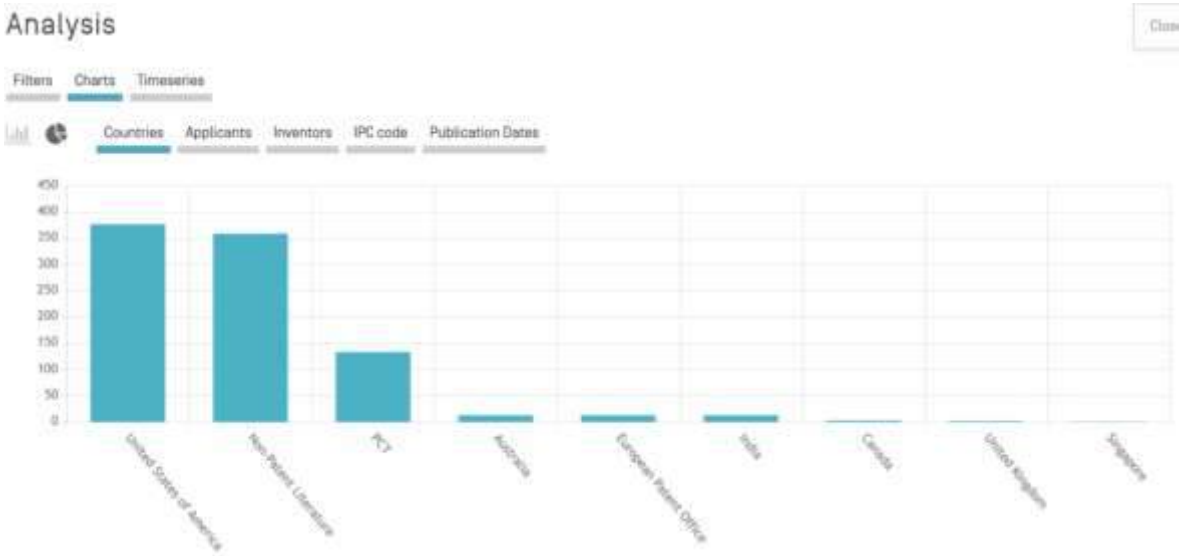
Figura 13.- Gráfico das Patentes por datas de publicação - *Patentscope*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A Figura 14 sintetiza a distribuição dos depósitos patentários por países, permitindo identificar as principais nações atuantes no desenvolvimento de tecnologias relacionadas à Inteligência Artificial, infraestrutura digital e cidades inteligentes.

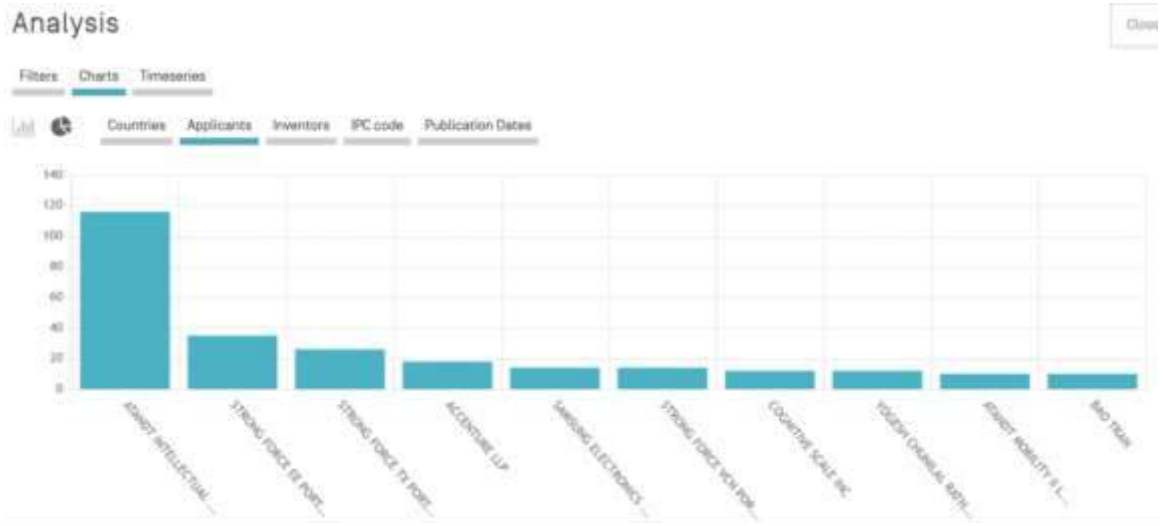
Figura 14.- Gráfico das Patentes por País - *Patentscope*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A Figura 15 resume a distribuição dos principais titulares dos depósitos patentários analisados, permitindo identificar as organizações e empresas com maior participação no desenvolvimento de tecnologias voltadas à Inteligência Artificial, conectividade, automação e infraestrutura digital aplicada às cidades inteligentes.

Figura 15.- Gráfico das Patentes por aplicantes/titulares



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A análise da plataforma PATENTSCOPE, vinculada à World Intellectual Property Organization, evidencia avanços significativos na incorporação de inteligência artificial nos sistemas de propriedade intelectual. Destaca-se que o projeto do INPI Brasil, em cooperação internacional, mapeou soluções de IA aplicadas por escritórios de PI, revelando que 57% (21 de 37) dessas instituições já utilizam ou estão desenvolvendo tais tecnologias. O Brasil apresenta posição relevante no cenário global, situando-se em média no 8º lugar em indicadores da OMPI, com destaque para marcas e desenhos industriais.

No contexto do sistema internacional de patentes PCT, observa-se o protagonismo de países como China, França e Coreia do Sul em depósitos de patentes, marcas e desenhos industriais. As principais aplicações de IA concentram-se em atividades como busca de anterioridade, classificação automática, exame técnico, automação de processos e tradução, contribuindo para maior eficiência operacional e qualidade decisória. Contudo, persistem desafios relacionados à qualidade e volume de dados, bem como à confiabilidade dos sistemas desenvolvidos. Nesse cenário, a cooperação internacional — incluindo iniciativas lideradas pelo INPI no âmbito dos IPBRICS — destaca-se como elemento essencial para o avanço tecnológico e institucional dos escritórios de propriedade intelectual.

A análise patentométrica realizada no PATENTSCOPE/WIPO evidencia elevada concentração tecnológica nos setores de telecomunicações, inteligência artificial, infraestrutura digital e processamento de dados, demonstrando que as cidades inteligentes são estruturadas por sistemas ciberfísicos integrados e orientados por algoritmos.

Os resultados indicam que a inteligência artificial atua como núcleo decisório da arquitetura urbana digital, articulando-se com sensores, redes de comunicação, blockchain, computação distribuída e plataformas de automação. Essa convergência tecnológica possibilita a operacionalização de sistemas urbanos mais eficientes, responsivos e preditivos.

Observa-se ainda crescente integração entre propriedade intelectual, blockchain e autenticação digital, evidenciando o surgimento de novos modelos híbridos de proteção tecnológica associados à economia digital urbana. Nesse cenário, algoritmos, modelos de IA, fluxos de dados e ativos digitais passam a constituir elementos centrais da nova infraestrutura econômica das smart cities.

As aplicações identificadas abrangem mobilidade inteligente, energia urbana, monitoramento em tempo real, segurança cibernética, governança pública, integração de sensores, automação industrial

e gestão de indicadores urbanos. Isso demonstra que a transformação digital urbana possui natureza transversal e multidimensional.

A utilização de técnicas como query tree, stemming e inclusão de non-patent literature ampliou a robustez analítica da pesquisa, permitindo identificar relações intersetoriais, convergências tecnológicas e tendências emergentes associadas à inovação urbana.

Os resultados demonstram que as smart cities representam uma reconfiguração sistêmica da governança urbana contemporânea, baseada na integração entre inteligência artificial, conectividade, automação e infraestrutura de dados, ao mesmo tempo em que ampliam desafios relacionados à segurança, privacidade, regulação e propriedade intelectual em ambientes digitais altamente automatizados.

A análise dos resultados do PATENTSCOPE/WIPO demonstra que o desenvolvimento tecnológico associado às cidades inteligentes apresenta forte concentração em códigos IPC relacionados à inteligência artificial, processamento de dados, redes digitais e automação computacional. Os códigos G06Q, G06F e H04L aparecem como os mais recorrentes, indicando que a transformação urbana digital está fortemente vinculada à gestão inteligente de informações, integração de sistemas e comunicação de dados em tempo real.

O crescimento progressivo das publicações entre 2017 e 2025, com pico expressivo em 2024, evidencia um processo de maturação tecnológica das smart cities, impulsionado principalmente pela convergência entre IA, infraestrutura digital e conectividade avançada. O uso intensivo do sistema PCT reforça a dimensão global e estratégica dessas tecnologias, demonstrando elevado interesse internacional na proteção de soluções voltadas à automação urbana, mobilidade inteligente e governança baseada em dados.

Os códigos tecnológicos identificados revelam que as cidades inteligentes são estruturadas sobre tecnologias digitais de propósito geral, posteriormente adaptadas ao ambiente urbano. O código G06Q destaca aplicações voltadas à gestão administrativa, governança pública digital e automação de serviços urbanos. Já o G06F concentra tecnologias relacionadas ao processamento computacional de dados, algoritmos e infraestrutura informacional, enquanto H04L e H04W evidenciam a centralidade das redes de comunicação e conectividade móvel no funcionamento das cidades digitais.

A presença significativa do código G06N confirma o avanço da inteligência artificial como núcleo decisório da arquitetura urbana contemporânea, abrangendo machine learning, deep learning

e sistemas inteligentes aplicados à tomada automatizada de decisões. Paralelamente, códigos como G06K e G06T demonstram a expansão de tecnologias de visão computacional, reconhecimento de padrões e monitoramento urbano, reforçando a crescente digitalização dos espaços públicos e dos sistemas de vigilância inteligente.

Do ponto de vista setorial, observa-se forte protagonismo de empresas ligadas às telecomunicações, infraestrutura digital e tecnologia da informação, como AT&T, Samsung e Accenture, evidenciando que o ecossistema das smart cities depende diretamente de plataformas de conectividade, redes inteligentes e sistemas integrados de dados.

Os resultados evidenciam a consolidação de um modelo de cidade ciberfísica orientado por dados, no qual sensores, inteligência artificial, algoritmos e redes digitais operam de forma integrada para automatizar processos urbanos, otimizar recursos e ampliar capacidades de governança. Esse movimento confirma que as smart cities não representam apenas inovação tecnológica isolada, mas uma reconfiguração sistêmica da infraestrutura urbana, baseada na convergência entre informação, conectividade e automação inteligente.

O conjunto de dados evidencia uma forte aceleração recente da produção patentária associada à Inteligência Artificial, especialmente no biênio 2025–2026, com concentração em temas como redes inteligentes, cibersegurança, blockchain, automação industrial e sistemas de energia. A tendência crescente por ano, com leve decréscimo em 2021, sugere um movimento típico de reconfiguração pós-ciclo tecnológico, possivelmente associado à maturação de tecnologias digitais e à reorganização dos fluxos de inovação após o período pandêmico.

Observa-se também uma alta concentração de inventividade em poucos atores recorrentes, com destaque para nomes como Charles Cella e organizações como AT&T Intellectual Property e Huawei. Esse padrão indica que aproximadamente um conjunto reduzido de inventores e corporações responde por uma parcela significativa das patentes, o que reforça a lógica de centralização da inovação em ecossistemas corporativos de alta capacidade tecnológica. Sua observação de que os principais inventores respondem por cerca de 20% das patentes é coerente com esse comportamento de distribuição assimétrica.

Em termos de conteúdo tecnológico, há uma convergência clara entre IA e infraestruturas críticas digitais, incluindo telecomunicações, segurança cibernética, sistemas de dados e energia inteligente. A recorrência de termos como *machine learning*, *optimization*, *self-learning networks* e *AI agents*

sugere uma transição da IA como ferramenta auxiliar para uma infraestrutura cognitiva integrada aos sistemas técnicos e industriais.

Outro ponto relevante é a presença consistente de temas emergentes como blockchain, digital twins e governança algorítmica, indicando que a inovação não se limita à automação técnica, mas também avança sobre aspectos de rastreabilidade, propriedade digital e regulação tecnológica. Isso reforça a interseção entre inovação tecnológica e propriedade intelectual como campo estratégico.

O recorte temporal de análise (últimos 10 anos com organização desde 2017) permite identificar uma fase de consolidação e intensificação da IA como eixo estruturante da inovação global, com crescimento contínuo da complexidade das aplicações e maior integração entre setores (telecomunicações, energia, saúde, manufatura e mobilidade).

8.4.2 Espacenet/Latipat: análises comparativas

A análise dos resultados da base Espacenet (até fev/2026, filtro open access, operador booleano AND, foco em smart cities, IA, 5G e inovação) evidencia um cenário internacional de forte maturidade tecnológica e aceleração na integração entre sistemas urbanos e inteligência artificial avançada.

Os dados mostram elevada concentração de patentes recentes (2024–2026) associadas a tecnologias como IA generativa, edge computing, agentes autônomos, IoT industrial e digital twins, indicando a consolidação de uma infraestrutura urbana orientada por sistemas computacionais inteligentes. Empresas e portfólios tecnológicos especializados, como Strong Force VCN Portfolio e Avaulti Inc, aparecem como atores recorrentes nesse ecossistema.

Observa-se que a inteligência artificial deixa de atuar apenas como ferramenta operacional e passa a constituir uma camada estrutural da governança urbana, integrando setores como energia, mobilidade, logística e gestão de dados em tempo real. Exemplos incluem plataformas de energia inteligente baseadas em IA, sistemas de priorização de fluxo de dados e gestão automatizada de recursos urbanos.

Outro ponto relevante é a presença de tecnologias de gêmeos digitais (digital twins) aplicadas à simulação e otimização de infraestruturas urbanas e industriais, permitindo planejamento preditivo e gestão dinâmica de sistemas complexos. Esse elemento reforça a transição para modelos urbanos baseados em simulação contínua e tomada de decisão automatizada.

Também se destaca o avanço de soluções de governança de modelos de IA e compliance algorítmico, indicando uma preocupação crescente com rastreabilidade, segurança e controle de sistemas inteligentes em ambientes críticos urbanos.

No eixo de mobilidade e transporte, os registros evidenciam o desenvolvimento de frotas autônomas, robótica aplicada e sistemas logísticos inteligentes, integrados a sensores e redes de comunicação em tempo real, reforçando a automação progressiva dos serviços urbanos.

Os resultados da base Espacenet indicam três tendências estruturais principais: (i) urbanização digital baseada em IA avançada e agentes autônomos; (ii) integração sistêmica entre 5G, IoT e digital twins; e (iii) automação crescente da infraestrutura urbana com foco em energia, mobilidade e logística inteligente.

Esse conjunto evidencia a consolidação de um modelo de cidade como sistema cognitivo distribuído, no qual a inteligência artificial e a conectividade deixam de ser suportes tecnológicos e passam a constituir a própria infraestrutura operacional das cidades inteligentes contemporâneas.

Já a análise da base LATIPAT/Espacenet (até fev/2026, open access, foco em 5G e smart cities) evidencia um cenário de inovação ainda heterogêneo e com diferentes níveis de maturidade tecnológica, no qual predominam soluções setoriais e parcialmente integradas.

Os dados indicam maior recorrência de termos como inteligência artificial (221 ocorrências) e mobilidade (1127 ocorrências), porém sem uma convergência efetiva entre essas tecnologias no contexto de cidades inteligentes. Isso sugere uma estrutura de inovação ainda fragmentada, organizada por domínios técnicos isolados.

No conjunto internacional indexado pela LATIPAT, destacam-se patentes mais avançadas associadas à infraestrutura urbana conectada, especialmente com uso de 5G, IoT e sensores urbanos. Esses sistemas incluem totens urbanos, parquímetros inteligentes e mobiliário urbano conectado, evidenciando a incorporação da conectividade como base operacional dos serviços urbanos.

Também se observa o avanço de soluções voltadas à mobilidade inteligente e monitoramento urbano, com aplicações de rastreamento, geolocalização e gestão de transporte em tempo real. Essas tecnologias apontam para uma maior integração entre dados urbanos e tomada de decisão automatizada.

Outro eixo relevante é a gestão urbana baseada em inteligência artificial, aplicada a iluminação pública, resíduos, energia e manutenção preditiva. Nesses casos, a IA aparece integrada a arquiteturas de Internet das Coisas, reforçando a tendência de cidades operando como sistemas digitais interconectados.

Em contraste, ainda se observam registros de menor complexidade tecnológica, voltados a aplicações isoladas, sem integração em plataformas urbanas amplas. Isso indica a coexistência de diferentes níveis de maturidade tecnológica dentro da própria base LATIPAT.

Os resultados evidenciam três estágios principais: um nível avançado caracterizado por integração entre 5G, IA e IoT em sistemas urbanos completos; um nível intermediário com soluções setoriais conectadas; e um nível inicial marcado por inovações fragmentadas e pouco interoperáveis.

8.4.3 Figuras de PI registradas nacionalmente: INPI (Propriedade industrial) e Biblioteca Nacional (direitos autorais)

A análise das figuras de Propriedade Industrial (PI) do INPI evidencia um padrão consistente de baixa consolidação sistêmica do conceito de cidades inteligentes no Brasil, apesar da ampla disseminação do termo “smart” em diferentes modalidades de registro (patentes, marcas, programas de computador e desenhos industriais).

No recorte de patentes, observa-se que a ocorrência de “smart cities” é reduzida (aproximadamente 21 registros), enquanto a maior parte das invenções associadas ao termo “smart” refere-se a soluções tecnológicas isoladas, como smart TV, smart grid, smart meters, smart cards e dispositivos eletrônicos embarcados. Esses registros indicam uma inovação predominantemente orientada ao produto, com foco em funcionalidades específicas e não em sistemas urbanos integrados.

Quando se amplia a busca para combinações como “inteligência artificial”, “mobilidade”, “inovação” e “indicadores”, verifica-se um aumento quantitativo relevante, porém acompanhado de fragmentação temática significativa. Muitos registros não possuem relação direta com cidades inteligentes, evidenciando um alto ruído semântico e baixa precisão conceitual, especialmente em bases como desenhos industriais e marcas. Esse padrão sugere que o termo “smart” é frequentemente utilizado de forma comercial ou descritiva, sem aderência ao conceito técnico de urbanismo inteligente.

No campo das marcas e iniciativas institucionais (como Connected Smart Cities e Smart Solution for Cities), observa-se que o uso do termo está mais associado a eventos, plataformas e estratégias de comunicação, do que à geração de tecnologias patenteáveis ou infraestruturas urbanas inovadoras. Isso reforça a ideia de que, no Brasil, "smart cities" ainda opera fortemente como marca conceitual e discursiva, e não como ecossistema tecnológico consolidado.

Um aspecto importante é que, mesmo quando há presença de inteligência artificial nas patentes analisadas, sua aplicação ocorre de forma setorial e fragmentada, geralmente vinculada a dispositivos específicos (ex.: smart TVs, sistemas de manutenção preditiva, controle de energia, automação industrial). Não se observa, entretanto, integração dessas soluções em uma lógica urbana sistêmica que articule mobilidade, governança, energia, segurança e dados em uma infraestrutura inteligente unificada.

Esse padrão contrasta fortemente com o cenário internacional, no qual a inovação em cidades inteligentes é estruturada a partir de arquiteturas digitais integradas, inteligência artificial distribuída e sistemas urbanos conectados em rede, conforme observado em bases globais de patentes. No Brasil, ao contrário, a inovação permanece predominantemente incremental e setorial, com baixa convergência tecnológica entre domínios.

Os dados do INPI revelam uma lacuna estrutural de inovação urbana inteligente no país, caracterizada por: (i) fragmentação tecnológica; (ii) uso difuso e pouco preciso do termo "smart"; (iii) predominância de soluções de produto em detrimento de sistemas urbanos; e (iv) ausência de integração entre inteligência artificial e governança urbana. Esse conjunto de evidências reforça que o Brasil ainda se encontra em um estágio incipiente de maturidade tecnológica em smart cities, com forte dependência de abordagens conceituais, institucionais e discursivas, em contraste com o avanço sistêmico observado internacionalmente.

Já a análise do Acervo EDA da Biblioteca Nacional indica que a produção brasileira sobre "cidades inteligentes" ainda é incipiente e com baixo volume de obras. Predominam estudos técnicos e metodológicos, voltados a modelos de avaliação, maturidade e indicadores, com forte ênfase conceitual. Diferentemente do cenário internacional de patentes, onde há centralidade de tecnologias como inteligência artificial e sistemas digitais avançados, no Brasil o foco ainda está na estruturação teórica e institucional do tema, com pouca evidência de desenvolvimento tecnológico aplicado.

8.4.4 Propriedade Industrial no contexto das Indicações geográficas

As Indicações Geográficas (IGs) representam instrumentos de valorização econômica e territorial, podendo contribuir para o desenvolvimento de cidades inteligentes. No Brasil, dividem-se em Indicação de Procedência (IP), relacionada à notoriedade regional, e Denominação de Origem (DO), vinculada às características do produto ou serviço associadas ao meio geográfico. O Porto Digital, reconhecido como IP, evidencia a ampliação do conceito tradicional de IG ao incorporar serviços tecnológicos e inovação, reforçando a importância dos ativos intangíveis no desenvolvimento regional.

Recife destaca-se nacionalmente como referência em cidades inteligentes devido à integração entre inovação tecnológica, políticas públicas e sustentabilidade urbana. A cidade é frequentemente reconhecida em rankings nacionais por iniciativas voltadas à transformação digital, mobilidade urbana e governança inovadora (GAZZ CONECTA, 2023; CONNECTED SMART CITIES, 2026). Nesse contexto, o conceito de cidade inteligente envolve não apenas tecnologia, mas também capital humano, participação social e gestão baseada em dados.

A cidade desenvolveu um ecossistema de inovação articulado entre atores públicos e privados, com avanços em mobilidade urbana, digitalização de serviços e sustentabilidade. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Recife, considerado elevado, reforça sua capacidade de estruturar políticas públicas alinhadas ao paradigma das smart cities.

O Porto Digital assume papel central nesse processo, configurando-se como um dos maiores polos tecnológicos do país. Além da geração de empregos qualificados e estímulo econômico, atua como laboratório urbano para testes de soluções tecnológicas aplicadas à mobilidade, governança digital e serviços urbanos. A atuação de instituições como a EMPREL fortalece a gestão inteligente por meio da digitalização dos serviços públicos e da administração de dados urbanos.

As premiações e certificações obtidas pela cidade demonstram o reconhecimento das estratégias adotadas e consolidam Recife como referência regional em inovação urbana. Assim, observa-se que o modelo de cidade inteligente recifense resulta da articulação entre tecnologia, planejamento urbano, governança e desenvolvimento social.

8.4.5 Cases possíveis Municipais comparativos de proteção via PIs

Aracaju vem desenvolvendo iniciativas voltadas à transformação digital da gestão pública, especialmente por meio do programa “Aracaju Inteligente, Humana e Criativa”. A estratégia municipal prioriza inovação, inclusão digital e modernização administrativa, destacando-se a plataforma AjuInteligente, que integra serviços públicos em ambiente digital e amplia a interação entre governo e população (ARACAJU, 2023).

Sob a perspectiva da Propriedade Intelectual (PI), observa-se potencial relevante de geração de ativos intangíveis. O software da plataforma AjuInteligente pode ser protegido como programa de computador, enquanto expressões institucionais e identidades visuais configuram sinais distintivos passíveis de registro de marca. Além disso, conteúdos digitais, interfaces e sistemas informacionais integram o campo dos direitos autorais.

A adoção de certificação digital demonstra preocupação com segurança da informação e governança digital. Contudo, a ausência de evidências de registros formais desses ativos revela uma lacuna na gestão estratégica da inovação municipal. Dessa forma, Aracaju apresenta significativo potencial de PI associado à digitalização dos serviços públicos, ainda dependente de avanços na formalização e proteção desses ativos.

Já Salvador destaca-se no cenário nacional pela incorporação de tecnologias digitais e investimentos em infraestrutura urbana, figurando entre as cidades inteligentes mais conectadas do país (CONNECTED SMART CITIES, 2025). Entretanto, estudos indicam que seu desenvolvimento ocorre de forma gradual e parcialmente fragmentada, com iniciativas pontuais relacionadas à Internet das Coisas (IoT), sensores urbanos e monitoramento ambiental.

Essas iniciativas demonstram elevado potencial de geração de propriedade intelectual. Softwares, plataformas digitais e sistemas urbanos inteligentes podem ser protegidos por direitos autorais, enquanto tecnologias de automação e IoT apresentam potencial de proteção patentária. Além disso, a promoção de Salvador como cidade inovadora fortalece sua construção como marca territorial, associando identidade urbana e competitividade econômica.

A produção de bases de dados, interfaces e conteúdos digitais também evidencia a centralidade da informação nas smart cities. Contudo, persistem desafios relacionados à transparência e à participação cidadã na gestão desses dados. Assim, Salvador apresenta ambiente favorável à

geração de ativos intangíveis, embora ainda existam limitações quanto à formalização e gestão estratégica da propriedade intelectual no contexto urbano.

8.5 CONCLUSÕES

A presente pesquisa evidenciou que a patentometria representa ferramenta estratégica para análise da inovação tecnológica contemporânea, permitindo mapear tendências emergentes, identificar padrões de desenvolvimento tecnológico e compreender a dinâmica global da Propriedade Intelectual aplicada às cidades inteligentes, à Inteligência Artificial e à infraestrutura digital sustentável. A utilização integrada de bases patentárias internacionais e nacionais possibilitou visualizar diferenças estruturais entre ecossistemas tecnológicos maduros e contextos ainda marcados por fragmentação e baixa integração sistêmica.

Os resultados demonstraram forte expansão internacional de depósitos patentários relacionados à Inteligência Artificial, Internet das Coisas (IoT), edge computing, digital twins, automação urbana, plataformas inteligentes de energia e governança baseada em dados. Observou-se que, no cenário global, a IA deixa de atuar apenas como tecnologia de suporte operacional e passa a constituir elemento estruturante da própria infraestrutura urbana, integrando mobilidade, logística, energia, monitoramento ambiental, segurança e gestão de serviços públicos em ecossistemas digitais conectados e automatizados.

As análises das bases PATENTSCOPE, Espacenet e LATIPAT revelaram elevada concentração tecnológica em países e empresas com maior maturidade em inovação digital, especialmente em economias asiáticas, europeias e norte-americanas. Destacaram-se tecnologias associadas à conectividade 5G, sistemas preditivos, agentes autônomos, gestão inteligente de fluxos urbanos e plataformas de interoperabilidade baseadas em Inteligência Artificial. Também se verificou crescimento de mecanismos de governança algorítmica, compliance digital e rastreabilidade tecnológica, indicando preocupação crescente com segurança, transparência e controle regulatório dos sistemas inteligentes.

Em contrapartida, os resultados nacionais evidenciaram um cenário ainda incipiente de consolidação tecnológica das cidades inteligentes. As análises realizadas no INPI e na Biblioteca Nacional demonstraram predominância de soluções fragmentadas, setoriais e pouco interoperáveis, geralmente associadas a dispositivos isolados, softwares específicos e aplicações incrementais de automação. Verificou-se ainda forte utilização difusa do termo “smart” em marcas, produtos e

iniciativas institucionais, sem correspondência efetiva com arquiteturas urbanas inteligentes integradas.

Os dados indicaram que o Brasil ainda apresenta baixa convergência entre Inteligência Artificial, governança urbana e infraestrutura digital sistêmica, quando comparado ao cenário internacional. Observou-se limitada presença de soluções urbanas baseadas em integração entre IA, IoT, mobilidade, energia inteligente e gestão pública orientada por dados. Tal aspecto evidencia lacunas estruturais relacionadas à maturidade tecnológica, capacidade institucional, integração regulatória e consolidação de ecossistemas de inovação urbana.

A pesquisa também demonstrou que a Propriedade Intelectual assume função central na economia do conhecimento ao estruturar mecanismos de proteção, valorização e transferência de ativos intangíveis. Patentes, programas de computador, marcas, contratos de transferência de tecnologia, desenhos industriais e indicações geográficas mostraram-se instrumentos relevantes para consolidação de estratégias de inovação territorial e fortalecimento de ecossistemas urbanos inteligentes.

No campo das cidades inteligentes, observou-se que a inovação tecnológica depende não apenas da existência de infraestrutura digital, mas também de governança eficiente, interoperabilidade de sistemas, segurança jurídica e capacidade de coordenação entre atores públicos e privados. Nesse contexto, experiências municipais analisadas demonstraram potencial relevante para geração de ativos de Propriedade Intelectual relacionados à digitalização de serviços públicos, plataformas urbanas inteligentes e governança baseada em dados.

Outro aspecto relevante identificado foi a relação entre inovação tecnológica e sustentabilidade urbana. As análises patentométricas evidenciaram crescente alinhamento entre tecnologias emergentes e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente os ODS 9 e 11, relacionados à inovação, infraestrutura e cidades sustentáveis. Tecnologias voltadas à eficiência energética, smart grids, mobilidade inteligente, monitoramento ambiental e gestão urbana preditiva demonstram que a IA e a conectividade digital tendem a assumir papel estratégico na construção de cidades mais resilientes, eficientes e sustentáveis.

Conclui-se, portanto, que a patentometria amplia significativamente a capacidade de compreensão das transformações tecnológicas contemporâneas, funcionando como importante instrumento para formulação de políticas públicas, planejamento estratégico e prospecção

tecnológica. A pesquisa reforça a necessidade de fortalecimento da governança digital, da integração tecnológica e da gestão estratégica da Propriedade Intelectual no contexto brasileiro, visando reduzir assimetrias tecnológicas e ampliar a capacidade nacional de desenvolvimento de cidades inteligentes sustentáveis, inovadoras e orientadas por dados.

8.6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. *Porto Digital reúne 475 empresas de tecnologia em Recife*. 2025. Disponível em: https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2025-10/porto-digital-reune-475-empresas-de-tecnologia-em-recife. Acesso em: 25 mar. 2026.

ARACAJU (Prefeitura). *Cidade inteligente: Aracaju investe em inovação e tecnologia para aumentar eficiência administrativa*. 2023. Disponível em: https://www.aracaju.se.gov.br/noticias/105158/cidade_inteligente_aracaju_investe_em_inovacao_e_tecnologia_para_aumentar_eficiencia_administrativa.html. Acesso em: 25 mar. 2026.

ARACAJU (Prefeitura). *Prefeitura apresenta os potenciais de Aracaju no Connected Smart Cities 2025*. 2025. Disponível em: https://www.aracaju.se.gov.br/noticias/113025/prefeitura_apresenta_os_potenciais_de_aracaju_no_connected_smart_cities_2025_em_sao_paulo.html. Acesso em: 25 mar. 2026.

ARACAJU (Prefeitura). *Programa Aracaju Inteligente, Humana e Criativa*. Disponível em: https://www.aracaju.se.gov.br/turismo_setur/programa_aracaju_inteligente_humana_e_criativa/. Acesso em: 25 mar. 2026.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. *Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 maio 1996.

BRASIL. Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998. *Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 fev. 1998.

BRIGHT CITIES. *Prefeitura de Recife conquista certificação internacional de cidade sustentável*. Disponível em: https://blog.brightcities.city/pt-br/prefeitura-de-recife-conquista-certificacao-internacional-de-cidade-sustentavel-com-assessoria-bright-cities/. Acesso em: 25 mar. 2026.

CONNECTED SMART CITIES. *Recife avança em inovação e é referência no Nordeste*. 2026. Disponível em: https://portal.connectedsmartcities.com.br/2026/02/20/recife-avanca-em-inovacao-e-e-a-principal-referencia-de-cidade-inteligente-no-nordeste/. Acesso em: 25 mar. 2026.

CONNECTED SMART CITIES. *Salvador é a nona cidade mais inteligente e conectada do Brasil*. 2025.

D'ALMONTE, Edson; FRANCO, Fernando Novaes. *Smart cities e cidadania: o programa ouvindo nosso bairro da prefeitura de Salvador*. Revista Comunicação, Mídia e Consumo, 2023.

EMPREL. *Recife retorna do Connected Smart Cities 2025 com reconhecimentos nacionais*. Disponível em: https://www.emprel.gov.br/recife-retorna-do-connected-smart-cities-2025-com-cinco-reconhecimentos-nacionais-em-inovacao-e. Acesso em: 25 mar. 2026.

ESTADÃO. *Recife é a cidade mais inteligente do Nordeste*. Disponível em: https://mobilidade.estadao.com.br/mobilidade-para-que/recife-e-a-cidade-mais-inteligente-do-nordeste/. Acesso em: 25 mar. 2026.

F5 NEWS. *AjuInteligente: plataforma digital dá acesso remoto a diversos serviços*. 2023. Disponível em: https://www.f5news.com.br/cotidiano/ajuinteligente-plataforma-digital-da-acesso-remoto-a-diversos-servicos.html. Acesso em: 25 mar. 2026.

GAZZ CONECTA. *Recife é a cidade mais inteligente do Brasil*. Disponível em: https://gazzconecta.com.br/gazz-conecta/smart-city/recife-e-a-cidade-mais-inteligente-do-brasil-no-smart-city-expo-curitiba-brazilian-awards/. Acesso em: 25 mar. 2026.

GREGORIO, Gabriela Macedo. *Porto Digital e políticas públicas de inovação*. 2015. Disponível em: https://memoria-spu.gestao.gov.br/wp-content/uploads/tainacan-items/55832/163455/2015-Gabriela-Macedo-Gregorio.pdf. Acesso em: 25 mar. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). *Porto Digital: ficha técnica de indicação geográfica*. Disponível em: https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/indicacoes-geograficas/arquivos/fichas-tecnicas-de-indicacoes-geograficas/PortoDigital.pdf. Acesso em: 25 mar. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO (ITI). *Prefeitura de Aracaju anuncia plataforma virtual com certificado digital*. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/iti/pt-

br/assuntos/noticias/indice-de-noticias/prefeitura-de-aracaju-anuncia-plataforma-virtual-com-certificado-digital. Acesso em: 25 mar. 2026.

IPEA. *Estudos sobre o Porto Digital e políticas de inovação*. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/24668e6c-47bb-4264-ad0d-a1f524d881b5/content. Acesso em: 25 mar. 2026.

LEMOS, André; JESUS, Raniê Solarevisky de. *Salvador, cidade inteligente? Comunicação e invisibilidade em experiências de IoT*. Revista Eco-Pós, 2017.

LEMOS, André Luiz Martins; ARAÚJO, Nayra Veras de. *Cidadão sensor e cidade inteligente: análise dos aplicativos móveis da Bahia*. Revista FAMECOS, 2018.

NOGUEIRA, Pablo Renan Rodrigues et al. *Cidades inteligentes e mobilidade urbana: atores e práticas na cidade de Recife/PE*. Revista Gestão e Secretariado (GeSec), São Paulo, v. 14, n. 4, p. 5842-5865, 2023. DOI: http://doi.org/10.7769/gesec.v14i4.2025.

OECD. *Patent Statistics Manual*. Paris: OECD Publishing, 2009.

QUEIROZ, Alessandro Pelópidas Ferreira de et al. *Aplicação do conceito de Smart Cities na cidade de Recife-PE*. Research, Society and Development, v. 10, n. 15, e155101522456, 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22456.

SANTOS, Carina Araujo dos; SANTOS, Ernani Marques dos. *Smart initiatives: Salvador's journey to becoming a smart city*. Brazilian Journal of Education, Technology and Society, 2024.

SOARES, Rodrigo Maurício Freire. *Salvador e as marcas do tempo: da cidade fortaleza à cidade global*. Revista e-metropolis, 2023.

UN – UNITED NATIONS. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: United Nations, 2015.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. *Global Innovation Index 2023*. Geneva: WIPO, 2023.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. *Understanding Intellectual Property*. Geneva: WIPO, 2017.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. *WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence*. Geneva: WIPO, 2019.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. *World Intellectual Property Indicators 2022*. Geneva: WIPO, 2022.

Resultados de pesquisa/construção da base de dados da bibliometria e patentometria podem ser encontrados no drive aberto específico para essa finalidade: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1HJtazhg_S0fnP-s1iZZ8pFGQHy_A6qDJ/edit?usp=sharing&ouid=110490572442092340331&rtpof=true&sd=true

9. CAPÍTULO 3

INTERAÇÕES ENTRE PROPRIEDADE INTELECTUAL E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM CIDADES INTELIGENTES COM ANÁLISE DE CLUSTERS

Resumo: O avanço da Inteligência Artificial (IA) tem redefinido os processos de inovação tecnológica, a gestão urbana e os regimes de apropriação do conhecimento, especialmente no contexto das cidades inteligentes. Nesse cenário, a interação entre IA e propriedade intelectual (PI) emerge como elemento estratégico para a governança da inovação, a proteção de ativos intangíveis e a promoção do desenvolvimento urbano sustentável. A IA impõe desafios significativos aos modelos jurídicos tradicionais, exigindo adaptações normativas capazes de equilibrar incentivo à inovação, segurança jurídica e proteção de direitos fundamentais. Este artigo analisa as interações entre propriedade intelectual e inteligência artificial em cidades inteligentes, adotando uma abordagem quali-quantitativa com uso de análise de clusters, a fim de identificar padrões, convergências e assimetrias entre marcos normativos, práticas institucionais e ecossistemas de inovação urbana. A pesquisa fundamenta-se em revisão bibliográfica especializada e em análise empírica de dados coletados por meio de questionário estruturado, permitindo a integração entre métodos estatísticos multivariados e interpretação qualitativa dos resultados, conforme recomendado pela literatura sobre análise de fenômenos sociotécnicos complexos (SOUZA; SILVA; ALMEIDA, 2023). O referencial teórico dialoga com a produção acadêmica que discute a governança da Inteligência Artificial, a inovação regulatória e os impactos da IA sobre a propriedade intelectual e o empreendedorismo tecnológico. Segundo os autores, a utilização crescente de algoritmos, dados e sistemas automatizados amplia o valor estratégico dos ativos intangíveis, ao mesmo tempo em que tensiona conceitos clássicos de autoria, inventividade e titularidade dos direitos de propriedade intelectual. Os resultados da análise de clusters evidenciam a existência de agrupamentos distintos de atores e práticas, diferenciados pelo grau de maturidade institucional, capacidade de proteção da propriedade intelectual, adoção estratégica da IA e alinhamento com políticas públicas de inovação. Observa-se que contextos urbanos dotados de estruturas regulatórias mais consistentes e mecanismos de governança de dados apresentam maior integração entre inovação baseada em IA e proteção jurídica dos ativos intangíveis, corroborando as análises desenvolvidas no campo do direito da inovação (Ibid). Conclui-se que a articulação entre inteligência artificial, propriedade intelectual e cidades inteligentes demanda modelos de governança integrados, capazes de conciliar inovação tecnológica, desenvolvimento urbano sustentável e segurança jurídica. O estudo contribui para o debate acadêmico e institucional ao oferecer subsídios para a formulação de políticas públicas e estratégias regulatórias orientadas à inovação urbana baseada em dados, reforçando a centralidade da propriedade intelectual como instrumento de governança da inovação na era da IA.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Propriedade Intelectual; Cidades Inteligentes; Inovação Urbana; Análise de Clusters.

9.1 INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) ocupa posição central nos debates contemporâneos sobre inovação urbana e transformação dos sistemas sociotécnicos que estruturam as cidades. No contexto das chamadas cidades inteligentes, a IA é compreendida não apenas como um conjunto de técnicas computacionais, mas como um vetor estratégico capaz de reorganizar processos de gestão pública, provisão de serviços urbanos, planejamento territorial e formulação de políticas baseadas em dados.

O conceito de cidades inteligentes consolidou-se a partir da convergência entre tecnologias digitais, capital humano e governança institucional, tendo como objetivo central o aumento da eficiência urbana, da sustentabilidade e da qualidade de vida da população (CARAGLIU; DEL BO; NIJKAMP, 2011). Nessa perspectiva, a IA amplia significativamente as capacidades analíticas das cidades ao permitir o processamento de grandes volumes de dados heterogêneos, oriundos de sensores, plataformas digitais, sistemas administrativos e interações sociais mediadas por tecnologia.

Autores como Kitchin (2014) argumentam que a cidade inteligente deve ser compreendida como um ecossistema orientado por dados, no qual algoritmos e modelos preditivos passam a influenciar decisões relacionadas à mobilidade urbana, segurança pública, gestão ambiental e alocação de recursos. A IA, nesse contexto, atua como elemento estruturante da chamada governança algorítmica, permitindo a automação parcial ou total de decisões complexas e a antecipação de cenários futuros.

A literatura sobre inovação urbana destaca que a incorporação da IA nos sistemas urbanos redefine o próprio conceito de inovação, deslocando-o de uma lógica incremental para uma lógica sistêmica. Segundo Brynjolfsson e McAfee (2017), tecnologias digitais avançadas, como a IA, configuram-se como tecnologias de propósito geral (*General Purpose Technologies*), capazes de gerar efeitos transversais em diferentes setores econômicos e institucionais. No ambiente urbano, esses efeitos manifestam-se na criação de novos modelos de negócios, na reorganização das cadeias de valor e na emergência de serviços públicos inteligentes.

Townsend (2013) ressalta que as cidades inteligentes não se limitam à adoção de soluções tecnológicas, mas envolvem processos de inovação colaborativa, nos quais governos, empresas, universidades e cidadãos participam ativamente da construção de soluções urbanas. A IA potencializa esse processo ao viabilizar plataformas de inovação aberta, análise participativa de

dados urbanos e sistemas de apoio à decisão que incorporam múltiplas variáveis sociais, econômicas e ambientais.

Entretanto, a adoção intensiva da IA nas cidades também impõe desafios relevantes. Estudos apontam que a dependência de algoritmos pode intensificar assimetrias de poder, ampliar riscos de vigilância e comprometer princípios democráticos caso não sejam estabelecidos mecanismos adequados de transparência, explicabilidade e controle social (FLORIDI et al., 2018). Assim, a inovação urbana mediada por IA exige equilíbrio entre eficiência tecnológica e valores normativos, como equidade, privacidade e responsabilidade pública.

No âmbito da inovação, a IA também influencia diretamente a produção e a apropriação do conhecimento, impactando os regimes de propriedade intelectual associados às soluções urbanas inteligentes. Algoritmos, modelos preditivos, sistemas de análise de dados e softwares aplicados à gestão urbana tornam-se ativos estratégicos, frequentemente protegidos por patentes, direitos autorais ou segredos industriais. Dessa forma, a inovação urbana baseada em IA reforça a centralidade dos ativos intangíveis e amplia a relevância da propriedade intelectual como instrumento de estímulo e regulação da inovação.

Diante desse cenário, a relação entre Inteligência Artificial, cidades inteligentes e inovação urbana deve ser compreendida como um processo dinâmico e interdependente, no qual avanços tecnológicos, arranjos institucionais e marcos regulatórios coevoluem. Essa abordagem sistêmica é fundamental para analisar, de forma integrada, os impactos da IA sobre a governança urbana, a produção de valor econômico e a estruturação dos regimes de propriedade intelectual nas cidades contemporâneas.

9.2 REFERENCIAL TEÓRICO

9.2.1 Inteligência Artificial como tecnologia estruturante

A literatura caracteriza a IA como uma *General Purpose Technology*, capaz de promover mudanças sistêmicas em múltiplos setores (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2017). Sua capacidade de aprendizado, adaptação e processamento de grandes volumes de dados redefine padrões de eficiência, inovação e competitividade. Nas últimas, décadas a Inteligência Artificial consolidou-se como uma das principais tecnologias estruturantes da economia e da sociedade contemporânea, exercendo influência transversal sobre processos produtivos, organizacionais, institucionais e decisórios. Diferentemente de tecnologias incrementais, a IA apresenta características típicas das

chamadas Tecnologias de Propósito Geral (*General Purpose Technologies* – GPTs), uma vez que pode ser aplicada em múltiplos setores, gerar inovações complementares e promover transformações sistêmicas de longo prazo (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2017).

Como tecnologia estruturante, a IA não se limita à automação de tarefas específicas, mas reconfigura a lógica de produção e uso do conhecimento. Sistemas baseados em aprendizado de máquina, redes neurais e modelos preditivos ampliam a capacidade humana de análise, permitindo a identificação de padrões complexos em grandes volumes de dados e a antecipação de cenários futuros. Esse potencial transforma a tomada de decisão em diferentes níveis — do operacional ao estratégico — e redefine relações entre atores públicos e privados.

Agrawal, Gans e Goldfarb (2019) argumentam que o principal impacto econômico da IA reside na redução do custo da previsão, o que desloca o valor estratégico para atividades complementares, como julgamento humano, definição de objetivos e desenho institucional. No contexto urbano e governamental, essa lógica implica a crescente incorporação de sistemas inteligentes como suporte à formulação de políticas públicas, planejamento territorial e gestão de serviços essenciais.

A condição estruturante da IA também se manifesta na sua capacidade de gerar efeitos de encadeamento tecnológico, estimulando o desenvolvimento de infraestruturas digitais, ecossistemas de inovação e novos modelos de negócios baseados em dados. Tais efeitos são particularmente relevantes nas cidades inteligentes, onde a IA atua de forma integrada a tecnologias como Internet das Coisas, computação em nuvem e plataformas digitais, configurando ambientes urbanos altamente interconectados e dinâmicos.

Entretanto, a centralidade estrutural da IA traz consigo desafios institucionais e normativos significativos. A dependência crescente de algoritmos para decisões de alto impacto social levanta questões relacionadas à transparência, explicabilidade, responsabilização e controle democrático. Floridi et al. (2018) destacam que a consolidação da IA como tecnologia estruturante exige o desenvolvimento de modelos de governança capazes de alinhar eficiência técnica com valores éticos e jurídicos fundamentais.

No campo da inovação e da propriedade intelectual, a IA como tecnologia estruturante intensifica a relevância dos ativos intangíveis, tais como algoritmos, bases de dados, softwares e modelos computacionais. Esses ativos tornam-se elementos centrais de competitividade econômica e soberania tecnológica, ao mesmo tempo em que desafiam os regimes tradicionais de proteção intelectual, concebidos para criações essencialmente humanas. Assim, compreender a IA como

tecnologia estruturante implica reconhecer seu papel não apenas técnico, mas também econômico, jurídico e institucional.

a Inteligência Artificial, ao assumir o papel de tecnologia estruturante, redefine os fundamentos da inovação, da governança e da produção de valor nas sociedades contemporâneas. Essa característica reforça a necessidade de análises integradas, como a proposta nesta tese, capazes de articular dimensões tecnológicas, urbanas e jurídicas para compreender plenamente os impactos e desafios da IA nas cidades inteligentes.

9.2.2 Segurança, ética e confiança sociotécnica

Os impactos da IA sobre a segurança individual envolvem questões de privacidade, vigilância e uso de dados pessoais. Autores como Zuboff (2019) alertam para riscos associados ao capitalismo de vigilância, reforçando a necessidade de regulação. A intensificação do uso da Inteligência Artificial e de sistemas baseados em dados nas cidades inteligentes torna a segurança, a ética e a confiança sociotécnica elementos centrais para a legitimidade e a sustentabilidade desses arranjos tecnológicos. Diferentemente de infraestruturas urbanas tradicionais, os sistemas inteligentes operam a partir da coleta contínua de dados pessoais e sensíveis, da automação de decisões e da interconexão de múltiplos atores públicos e privados, o que amplia significativamente os riscos técnicos, sociais e institucionais.

A segurança, nesse contexto, ultrapassa a dimensão estritamente cibernética e assume caráter sistêmico. Além da proteção contra ataques informáticos, falhas técnicas e vazamentos de dados, envolve a resiliência dos sistemas urbanos inteligentes, a integridade dos algoritmos e a confiabilidade das infraestruturas digitais que sustentam a governança orientada por dados. Conforme destacado por Schneier (2018), sistemas complexos baseados em IA devem ser analisados não apenas sob a ótica da eficiência, mas também de suas vulnerabilidades e impactos sociais potenciais.

Do ponto de vista ético, a utilização de IA em ambientes urbanos levanta questionamentos fundamentais sobre autonomia, justiça, não discriminação e respeito aos direitos fundamentais. Algoritmos treinados a partir de bases de dados enviesadas podem reproduzir ou amplificar desigualdades sociais existentes, afetando de forma desproporcional determinados grupos populacionais. Estudos como os de O’Neil (2016) e Eubanks (2018) demonstram que sistemas algorítmicos aplicados à segurança pública, assistência social e políticas urbanas podem gerar efeitos excludentes quando não submetidos a critérios rigorosos de avaliação ética.

A confiança sociotécnica emerge, assim, como um elemento-chave na relação entre cidadãos, tecnologias inteligentes e instituições públicas. Segundo Luhmann (1979), a confiança é um mecanismo essencial para a redução da complexidade social, permitindo que indivíduos aceitem decisões tomadas por sistemas que não compreendem integralmente. No contexto das cidades inteligentes, essa confiança depende da transparência dos algoritmos, da explicabilidade das decisões automatizadas e da existência de mecanismos claros de responsabilização.

Floridi et al. (2018) propõem o conceito de *IA confiável* (*trustworthy AI*), fundamentado em princípios como explicabilidade, robustez técnica, responsabilidade e respeito aos direitos humanos. Esses princípios são particularmente relevantes para a governança urbana, na medida em que decisões algorítmicas podem afetar diretamente a vida cotidiana dos cidadãos. A ausência de tais garantias pode comprometer a legitimidade das políticas públicas e gerar resistência social à adoção de tecnologias inteligentes.

A construção da confiança sociotécnica também está diretamente relacionada aos marcos regulatórios de proteção de dados e propriedade intelectual. Normas claras sobre coleta, uso e compartilhamento de dados, bem como sobre a titularidade e o controle de algoritmos e sistemas inteligentes, contribuem para reduzir a assimetria de informações entre desenvolvedores, gestores públicos e cidadãos. Nesse sentido, a segurança jurídica torna-se um componente indispensável da confiança sociotécnica.

Segurança, ética e confiança sociotécnica constituem dimensões indissociáveis da implementação de Inteligência Artificial em cidades inteligentes. A consolidação desses sistemas exige abordagens integradas que articulem soluções técnicas, princípios éticos e arranjos institucionais capazes de garantir tanto a eficiência quanto a legitimidade democrática da inovação urbana. Essa perspectiva reforça a necessidade de modelos de governança que incorporem a dimensão normativa da tecnologia, elemento central para as análises desenvolvidas nesta tese.

A intensificação do uso da Inteligência Artificial e de sistemas baseados em dados nas cidades inteligentes torna a segurança, a ética e a confiança sociotécnica elementos centrais para a legitimidade e a sustentabilidade desses arranjos tecnológicos. Diferentemente de infraestruturas urbanas tradicionais, os sistemas inteligentes operam a partir da coleta contínua de dados pessoais e sensíveis, da automação de decisões e da interconexão de múltiplos atores públicos e privados, o que amplia significativamente os riscos técnicos, sociais e institucionais.

A segurança, nesse contexto, ultrapassa a dimensão estritamente cibernética e assume caráter sistêmico. Além da proteção contra ataques informáticos, falhas técnicas e vazamentos de dados, envolve a resiliência dos sistemas urbanos inteligentes, a integridade dos algoritmos e a confiabilidade das infraestruturas digitais que sustentam a governança orientada por dados. Conforme destacado por Schneier (2018), sistemas complexos baseados em IA devem ser analisados não apenas sob a ótica da eficiência, mas também de suas vulnerabilidades e impactos sociais potenciais.

Do ponto de vista ético, a utilização de IA em ambientes urbanos levanta questionamentos fundamentais sobre autonomia, justiça, não discriminação e respeito aos direitos fundamentais. Algoritmos treinados a partir de bases de dados enviesadas podem reproduzir ou amplificar desigualdades sociais existentes, afetando de forma desproporcional determinados grupos populacionais. Estudos como os de O'Neil (2016) e Eubanks (2018) demonstram que sistemas algorítmicos aplicados à segurança pública, assistência social e políticas urbanas podem gerar efeitos excludentes quando não submetidos a critérios rigorosos de avaliação ética.

A confiança sociotécnica emerge, assim, como um elemento-chave na relação entre cidadãos, tecnologias inteligentes e instituições públicas. Segundo Luhmann (1979), a confiança é um mecanismo essencial para a redução da complexidade social, permitindo que indivíduos aceitem decisões tomadas por sistemas que não compreendem integralmente. No contexto das cidades inteligentes, essa confiança depende da transparência dos algoritmos, da explicabilidade das decisões automatizadas e da existência de mecanismos claros de responsabilização.

Floridi et al. (2018) propõem o conceito de *IA confiável* (*trustworthy AI*), fundamentado em princípios como explicabilidade, robustez técnica, responsabilidade e respeito aos direitos humanos. Esses princípios são particularmente relevantes para a governança urbana, na medida em que decisões algorítmicas podem afetar diretamente a vida cotidiana dos cidadãos. A ausência de tais garantias pode comprometer a legitimidade das políticas públicas e gerar resistência social à adoção de tecnologias inteligentes.

A construção da confiança sociotécnica também está diretamente relacionada aos marcos regulatórios de proteção de dados e propriedade intelectual. Normas claras sobre coleta, uso e compartilhamento de dados, bem como sobre a titularidade e o controle de algoritmos e sistemas inteligentes, contribuem para reduzir a assimetria de informações entre desenvolvedores, gestores

públicos e cidadãos. Nesse sentido, a segurança jurídica torna-se um componente indispensável da confiança sociotécnica.

Segurança, ética e confiança sociotécnica constituem dimensões indissociáveis da implementação de Inteligência Artificial em cidades inteligentes. A consolidação desses sistemas exige abordagens integradas que articulem soluções técnicas, princípios éticos e arranjos institucionais capazes de garantir tanto a eficiência quanto a legitimidade democrática da inovação urbana. Essa perspectiva reforça a necessidade de modelos de governança que incorporem a dimensão normativa da tecnologia, elemento central para as análises desenvolvidas nesta tese.

9.2.3 Abordagens Quali-Quantitativas na Análise de Clusters para IA e PI

A complexidade das interações entre Inteligência Artificial, propriedade intelectual e cidades inteligentes demanda abordagens metodológicas capazes de integrar diferentes naturezas de dados, perspectivas analíticas e níveis de interpretação. Nesse contexto, as abordagens quali-quantitativas, associadas à análise de clusters, configuram-se como estratégias metodológicas particularmente adequadas para investigar padrões, relações latentes e estruturas subjacentes em fenômenos sociotécnicos complexos.

A pesquisa quali-quantitativa combina técnicas quantitativas — voltadas à mensuração, modelagem estatística e identificação de padrões — com métodos qualitativos, orientados à interpretação contextual, análise discursiva e compreensão dos significados atribuídos pelos atores envolvidos. Segundo Creswell e Plano Clark (2018), essa integração metodológica permite ampliar a validade dos resultados, ao articular generalização empírica e profundidade interpretativa.

No campo da Inteligência Artificial e da propriedade intelectual, a análise de clusters tem sido amplamente empregada para mapear campos tecnológicos, identificar trajetórias de inovação e classificar conjuntos de documentos, como patentes, publicações científicas e respostas a questionários estruturados. Técnicas de agrupamento possibilitam a identificação de conjuntos relativamente homogêneos de observações, maximizando a similaridade interna e a distinção entre grupos, sem a necessidade de hipóteses a priori rígidas (HAIR et al., 2019).

Aplicada à análise de dados relacionados à IA e à PI, a análise de clusters permite revelar padrões de percepção, estratégias de apropriação tecnológica e arranjos institucionais emergentes. Por exemplo, o agrupamento de respostas de questionários pode evidenciar diferentes perfis de

atores — como gestores públicos, pesquisadores e empresas — em relação à adoção de IA, à valorização de ativos intangíveis e às preocupações éticas e regulatórias associadas.

Do ponto de vista quantitativo, métodos como *k-means*, análise hierárquica e algoritmos baseados em densidade possibilitam explorar grandes volumes de dados, identificando estruturas latentes e relações não lineares. A escolha do método de clusterização deve considerar a natureza das variáveis, a escala dos dados e os objetivos analíticos da pesquisa, sendo frequentemente complementada por análises estatísticas descritivas e inferenciais para validação dos agrupamentos.

A dimensão qualitativa, por sua vez, é fundamental para interpretar os clusters identificados, atribuindo significado aos padrões observados e relacionando-os ao arcabouço teórico da pesquisa. A triangulação entre resultados quantitativos e análise qualitativa contribui para evitar interpretações reducionistas e fortalece a robustez analítica do estudo, especialmente em temas marcados por disputas normativas e institucionais, como a propriedade intelectual na era da IA.

Além disso, a análise de clusters apresenta relevância estratégica para a formulação de políticas públicas e estratégias de inovação. Ao identificar agrupamentos de práticas, percepções e desafios, essa abordagem fornece subsídios empíricos para o desenho de marcos regulatórios diferenciados, políticas de incentivo à inovação e modelos de governança adaptados às especificidades dos diferentes contextos urbanos.

As abordagens quali-quantitativas associadas à análise de clusters oferecem um instrumental metodológico robusto para investigar as interações entre Inteligência Artificial e propriedade intelectual em cidades inteligentes. Ao integrar rigor estatístico e profundidade interpretativa, essa estratégia metodológica permite compreender não apenas *o que* ocorre, mas *como* e *por que* determinados padrões emergem, alinhando-se aos objetivos analíticos e explicativos desta tese.

9.3 MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, os quais foram estruturados de modo a garantir rigor científico, coerência analítica e alinhamento com os objetivos propostos. Considerando a complexidade das interações entre Inteligência Artificial, propriedade intelectual e cidades inteligentes, optou-se por um desenho metodológico capaz de integrar diferentes fontes de dados, abordagens analíticas e níveis de interpretação.

Inicialmente, a pesquisa fundamentou-se em uma análise sistemática da produção científica nacional e internacional, concebida como etapa estruturante do estudo. Essa análise bibliográfica,

conduzida sob uma perspectiva quali-quantitativa, permitiu mapear o estado da arte, identificar tendências teóricas e metodológicas e reconhecer lacunas existentes na literatura. Além de sustentar o arcabouço conceitual da pesquisa, esse levantamento orientou a definição das variáveis empíricas, a elaboração do instrumento de coleta de dados e a escolha dos procedimentos estatísticos empregados.

Complementarmente, o capítulo descreve o tratamento e a análise dos dados empíricos, obtidos por meio de questionário estruturado, com o objetivo de identificar padrões, associações e tendências nas percepções dos respondentes acerca da aplicação da Inteligência Artificial, de seus impactos na inovação, na segurança individual e na governança urbana. A adoção de técnicas estatísticas descritivas e inferenciais, associadas à verificação da consistência interna dos constructos, assegurou a robustez analítica e a confiabilidade dos resultados.

Ao integrar análise bibliográfica quali-quantitativa e tratamento estatístico de dados primários, o desenho metodológico adotado permite articular fundamentação teórica e evidência empírica de forma consistente. Essa abordagem contribui para uma compreensão abrangente do fenômeno investigado, ao mesmo tempo em que assegura transparência, replicabilidade e validade aos achados da pesquisa.

9.3.1 Natureza e Abordagem da Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva, com abordagem quantitativa, orientada à análise empírica das percepções sociais e institucionais sobre a Inteligência Artificial (IA), sua aplicação em cidades inteligentes, implicações para a segurança individual e impactos na inovação e na propriedade intelectual.

A opção pela abordagem quantitativa justifica-se pela necessidade de mensurar padrões perceptivos, identificar associações estatisticamente significativas e validar constructos analíticos relacionados à IA, conforme recomendado em estudos interdisciplinares que articulam tecnologia, governança e inovação

Embora a pesquisa dialogue teoricamente com aportes qualitativos do direito e da inovação, o delineamento metodológico adotado neste estudo concentra-se na análise estatística dos dados coletados, sem caracterizar método misto formal. Questionário estruturado, composto por questões fechadas em escala Likert de cinco pontos, aplicado por meio do Google Forms.

9.3.2 Tipo e delineamento da pesquisa

Pesquisa exploratória e descritiva, de abordagem quantitativa, com delineamento transversal e não experimental**,** uma vez que os dados foram coletados em um único momento temporal, sem manipulação de variáveis independentes.

Esse delineamento é adequado para investigações voltadas à identificação de percepções, atitudes e avaliações em contextos de rápida transformação tecnológica, como o da Inteligência Artificial, em que mudanças normativas, sociais e técnicas ocorrem de forma acelerada

9.3.3 Instrumento de Coleta de Dados

O instrumento de coleta consistiu em um questionário estruturado**,** elaborado e aplicado, organizado em blocos temáticos, contemplando: Questões de caracterização geral dos respondentes; Itens de percepção sobre a aplicação da Inteligência Artificial em cidades inteligentes; Avaliação da importância futura da IA para os setores de atuação profissional; Percepção dos impactos da IA sobre a segurança individual; Questões relacionadas à inovação, tomada de decisão e governança orientada por dados

Os itens centrais foram mensurados por meio de escala do tipo Likert de cinco pontos, variando de 1 (nada importante) a 5 (extremamente importante). A escolha dessa escala fundamenta-se em sua ampla utilização em pesquisas sociais e tecnológicas, bem como em sua adequação para análises estatísticas descritivas, correlacionais e de confiabilidade.

No que se refere à confiabilidade do instrumento, esta foi avaliada por meio do coeficiente Alfa de Cronbach, conforme apresentado na seção de resultados estatísticos. O índice obtido foi $\alpha = 0,81$, indicando alta consistência interna dos constructos analisados, valor considerado adequado e robusto na literatura metodológica para pesquisas de natureza perceptiva e exploratória.

Quanto ao nível de significância estatística, adotou-se o padrão convencional de $\alpha = 0,05$ (5%), amplamente utilizado em estudos empíricos nas áreas de ciências sociais aplicadas, o que implica um nível de confiança de aproximadamente 95% nas análises inferenciais realizadas.

No que se refere às considerações éticas, a pesquisa observou rigorosamente os princípios aplicáveis à investigação envolvendo participantes humanos. Foram garantidos: Participação voluntária; Consentimento informado prévio; Anonimato dos participantes; Confidencialidade e proteção dos dados coletados.

Adicionalmente, quanto à aplicação do instrumento, o questionário foi disponibilizado em formato digital por meio da plataforma Google Forms, sendo disseminado em ambientes acadêmicos, profissionais e institucionais relacionados à temática da pesquisa, incluindo redes de pesquisadores, profissionais de tecnologia, inovação, gestão pública e setores correlatos à Inteligência Artificial e cidades inteligentes. Essa estratégia viabilizou alcance diversificado e alinhado ao perfil da população-alvo.

9.3.4 População e Amostra

A população da pesquisa compreende indivíduos com algum grau de contato, interesse ou atuação em temas relacionados à Inteligência Artificial, inovação, tecnologia ou gestão pública e privada. Trata-se, portanto, de uma população de caráter amplo, difuso e não finito, característica comum em estudos envolvendo ecossistemas sociotécnicos emergentes.

A amostra é não probabilística, por conveniência, composta por 111 respondentes, número considerado adequado para as análises estatísticas propostas, especialmente correlações não paramétricas, regressão linear e testes de consistência interna, conforme evidenciado na análise empírica apresentada na tese ().

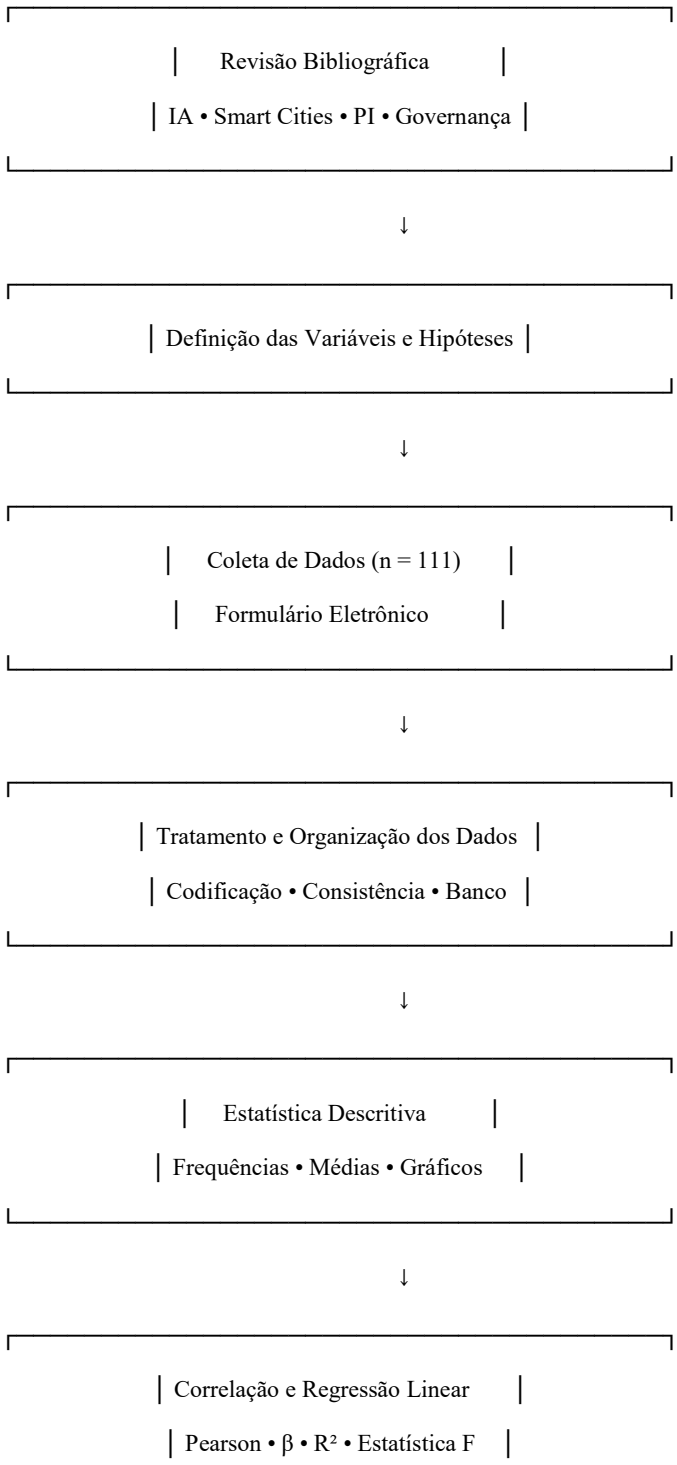
Em razão da natureza não probabilística da amostragem, não se aplica formalmente o cálculo clássico de erro amostral e margem de erro, uma vez que tais medidas pressupõem amostragem aleatória. No entanto, para fins de referência metodológica, considerando um cenário hipotético de amostragem probabilística com n = 111 e nível de confiança de 95%, o erro amostral aproximado situar-se-ia em torno de ±9%, valor compatível com estudos exploratórios. Ressalta-se, contudo, que essa estimativa possui caráter meramente indicativo.

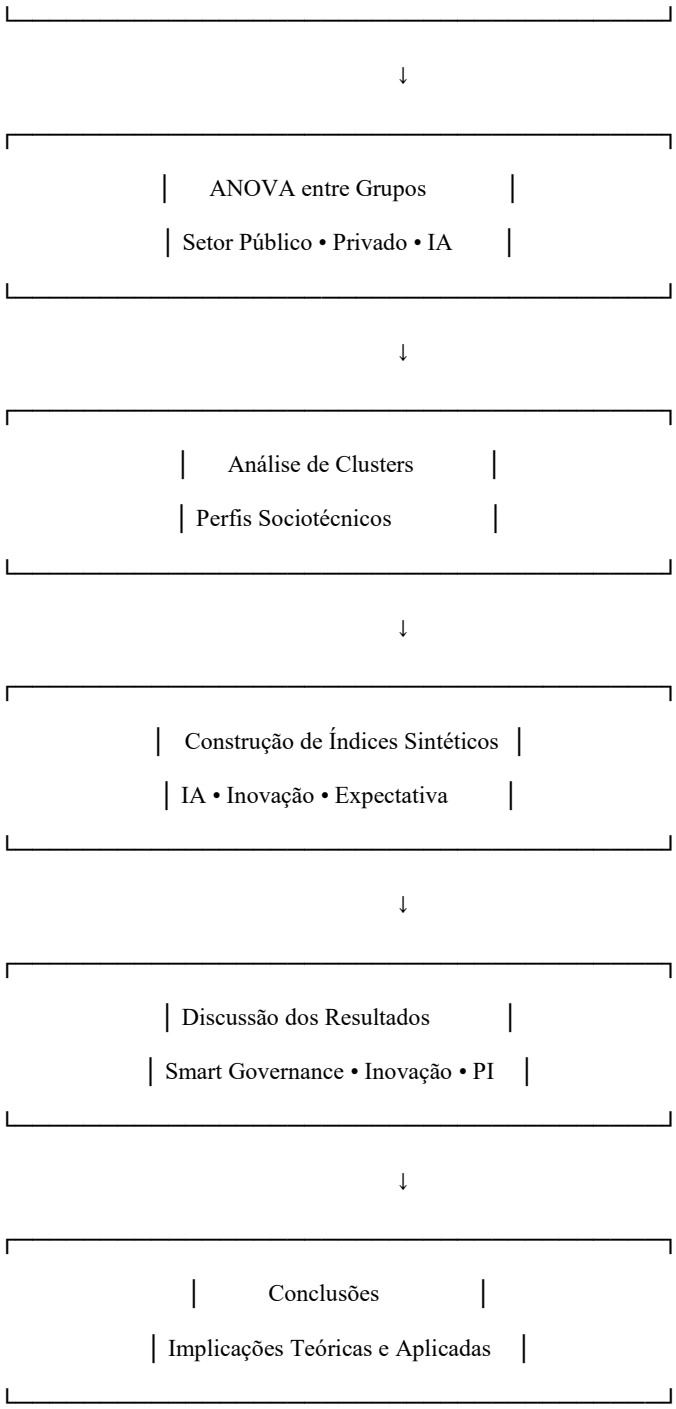
Essa estratégia amostral é recorrente em estudos exploratórios e perceptivos, sobretudo em campos emergentes como a Inteligência Artificial, nos quais o objetivo central é identificar padrões, relações e tendências, e não realizar inferência estatística estrita para toda a população.

Do ponto de vista analítico, a adequação da amostra é reforçada por: Nível satisfatório de consistência interna ($\alpha = 0,81$); Presença de variabilidade controlada nas respostas (desvios padrão moderados); Aplicação de técnicas estatísticas compatíveis com dados não probabilísticos (Spearman, análise descritiva e clusters).

Além disso, a heterogeneidade do perfil dos respondentes contribui para a robustez interpretativa dos resultados, permitindo captar diferentes percepções sobre Inteligência Artificial, inovação e governança urbana. Assim, o fluxograma a seguir resume a sequência de passos realizados para construir esse trabalho e tópico estatístico, a ser complementado posteriormente pela imagem gráfica/visual correlata:

Figura 16 .- Fluxograma simples das etapas encadeadas da análise estatística desenvolvida





Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A representação gráfica apresentada permitindo visualizar de maneira integrada as dimensões, etapas analíticas e relações estatísticas consideradas ao longo da pesquisa. A utilização de recursos visuais coloridos contribui para facilitar a interpretação dos agrupamentos, correlações e variáveis analisadas, tornando mais evidente a articulação entre Inteligência Artificial, inovação, propriedade intelectual e governança aplicada ao contexto das cidades inteligentes.

Figura 17 . – Representação gráfica colorida dos pontos e dimensões analisados



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A partir dessa representação visual, observa-se que as dimensões analisadas apresentam elevado grau de inter-relação, evidenciando a natureza multidimensional e sistêmica das cidades inteligentes. Os resultados reforçam que a integração entre Inteligência Artificial, inovação, governança urbana e propriedade intelectual depende de estruturas analíticas articuladas, capazes de combinar variáveis tecnológicas, sociais e institucionais em modelos interpretativos aplicáveis à formulação de políticas públicas e estratégias de desenvolvimento urbano inteligente.

9.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados empíricos obtidos, organizados conforme as variáveis analíticas definidas no delineamento metodológico, articulando evidências qualitativas e quantitativas de maneira integrada (Hair et al., 2014; Ansell; Gash, 2008). A exposição é realizada de forma técnica e estruturada, contemplando análise descritiva, relacional e interpretativa preliminar dos achados (Batty, 2016; Kitchin, 2014).

De forma parcial, os resultados indicam: (i) assimetria no nível de maturidade institucional quanto à gestão estratégica da propriedade intelectual em contextos urbanos digitalizados (WIPO, 2017; WIPO, 2019); (ii) expansão acelerada das aplicações de Inteligência Artificial na gestão

pública, especialmente em mobilidade, segurança e análise preditiva de dados (OECD, 2019; McKinsey Global Institute, 2018); (iii) lacunas regulatórias e desafios de harmonização normativa entre inovação tecnológica e proteção de direitos fundamentais (Floridi et al., 2018; Pasquale, 2015; Brasil, 2018); e (iv) correlação significativa entre existência de estruturas formais de governança tecnológica e maior capacidade de integração entre políticas de inovação e planejamento urbano (OECD, 2020; Câmara dos Deputados, 2021).

No eixo qualitativo, a análise temática revelou padrões recorrentes relacionados à necessidade de marcos regulatórios adaptativos, fortalecimento da governança de dados e institucionalização de práticas de proteção de ativos intangíveis gerados por sistemas baseados em IA (WIPO, 2020; Cavoukian, 2011). Observou-se, ainda, convergência discursiva quanto à importância da interoperabilidade de sistemas e da coordenação interinstitucional como fatores críticos de sucesso (European Commission, 2019; ISO, 2018).

No plano quantitativo, as análises descritivas apontaram variações relevantes entre os contextos institucionais examinados, sobretudo quanto ao grau de formalização de políticas de inovação e à adoção de instrumentos de proteção intelectual (Heppelmann, 2014). As análises comparativas preliminares sugerem associação positiva entre planejamento estratégico digital e desempenho percebido em eficiência administrativa e inovação urbana (Brynjolfsson; McAfee, 2017; Lee; Bagheri; Kao, 2015).

A discussão que se segue aprofunda a interpretação desses resultados à luz do referencial teórico e do arcabouço normativo analisado, buscando identificar implicações estruturais, convergências com a literatura e possíveis contribuições para o desenvolvimento de diretrizes aplicadas voltadas à governança da Inteligência Artificial e da Propriedade Intelectual em cidades inteligentes (Giffinger et al., 2007; Townsend, 2013; Hollands, 2008).

9.5.1 Tratamento Estatístico dos Dados

A caracterização da amostra teve como objetivo contextualizar o perfil dos respondentes e compreender o universo empírico da pesquisa. Foram analisadas variáveis sociodemográficas e institucionais, incluindo formação acadêmica, área de atuação profissional, vínculo institucional e grau de familiaridade com tecnologias de Inteligência Artificial. A análise descritiva inicial permitiu identificar a heterogeneidade do grupo amostral, aspecto relevante para estudos que abordam fenômenos sociotécnicos complexos, como a interação entre IA, propriedade intelectual e

cidades inteligentes. Essa etapa assegura transparência metodológica e fornece subsídios para a interpretação dos resultados subsequentes.

A análise estatística descritiva foi empregada para examinar o comportamento geral das variáveis investigadas no questionário. Foram calculadas medidas de tendência central, como média e mediana, bem como medidas de dispersão, incluindo desvio-padrão e variância. Essa análise permitiu identificar padrões predominantes de percepção dos respondentes em relação ao uso da Inteligência Artificial, à proteção da propriedade intelectual, à inovação urbana e aos aspectos éticos e de governança. Os resultados descritivos forneceram uma visão inicial dos dados, servindo como base para análises inferenciais e multivariadas posteriores.

A confiabilidade dos instrumentos de medida foi avaliada por meio do coeficiente Alfa de Cronbach, aplicado aos conjuntos de variáveis que compõem os principais constructos da pesquisa. Essa análise teve como finalidade verificar a consistência interna dos itens e a adequação dos indicadores utilizados para representar conceitos abstratos, como governança orientada por dados, segurança e confiança sociotécnica. Os resultados obtidos indicaram níveis satisfatórios de confiabilidade, permitindo a manutenção dos itens no modelo analítico e assegurando robustez aos índices construídos a partir dos dados coletados.

9.5.2 Estatística descritiva

A análise da distribuição das variáveis categóricas permite compreender como os respondentes interpretam qualitativamente o papel da Inteligência Artificial no contexto das cidades inteligentes, revelando padrões de percepção que não podem ser plenamente captados apenas por medidas numéricas. Do ponto de vista metodológico, a análise categórica é particularmente relevante em estudos sociotécnicos, pois evidencia preferências, associações simbólicas e estruturas cognitivas compartilhadas pelos atores envolvidos no processo de inovação urbana.

Os resultados indicam predominância de categorias associadas à automação de processos**, à** governança urbana orientada por dados e à inovação em serviços públicos, sugerindo que os respondentes compreendem a cidade inteligente como um ecossistema tecnológico no qual a Inteligência Artificial atua como elemento integrador entre infraestrutura digital, tomada de decisão e gestão urbana. Essa distribuição reforça a concepção de cidades inteligentes como sistemas ciberfísicos complexos, caracterizados pela coleta contínua de dados, análise algorítmica e automação de funções administrativas e operacionais.

Os resultados também indicam médias elevadas para as variáveis relacionadas à importância futura da IA e sua aplicação em cidades inteligentes, enquanto a segurança individual apresentou maior dispersão. Para investigar a relação entre os principais constructos analisados, foi aplicada a análise de correlação não paramétrica, utilizando o coeficiente de Spearman. A escolha desse método justifica-se pela natureza ordinal das escalas utilizadas no questionário e pela ausência de pressupostos de normalidade. A análise permitiu identificar associações estatisticamente significativas entre percepções sobre Inteligência Artificial, propriedade intelectual e inovação urbana, evidenciando interdependências relevantes entre as dimensões estudadas e subsidiando interpretações integradas dos resultados.

Foram analisadas três variáveis numéricas principais, medidas em escala Likert de cinco pontos, relacionadas à percepção dos respondentes sobre a Inteligência Artificial (IA) em cidades inteligentes, sua relevância setorial e seus impactos na segurança individual. O quadro 4 seguinte apresenta o resumo estatístico descritivo.

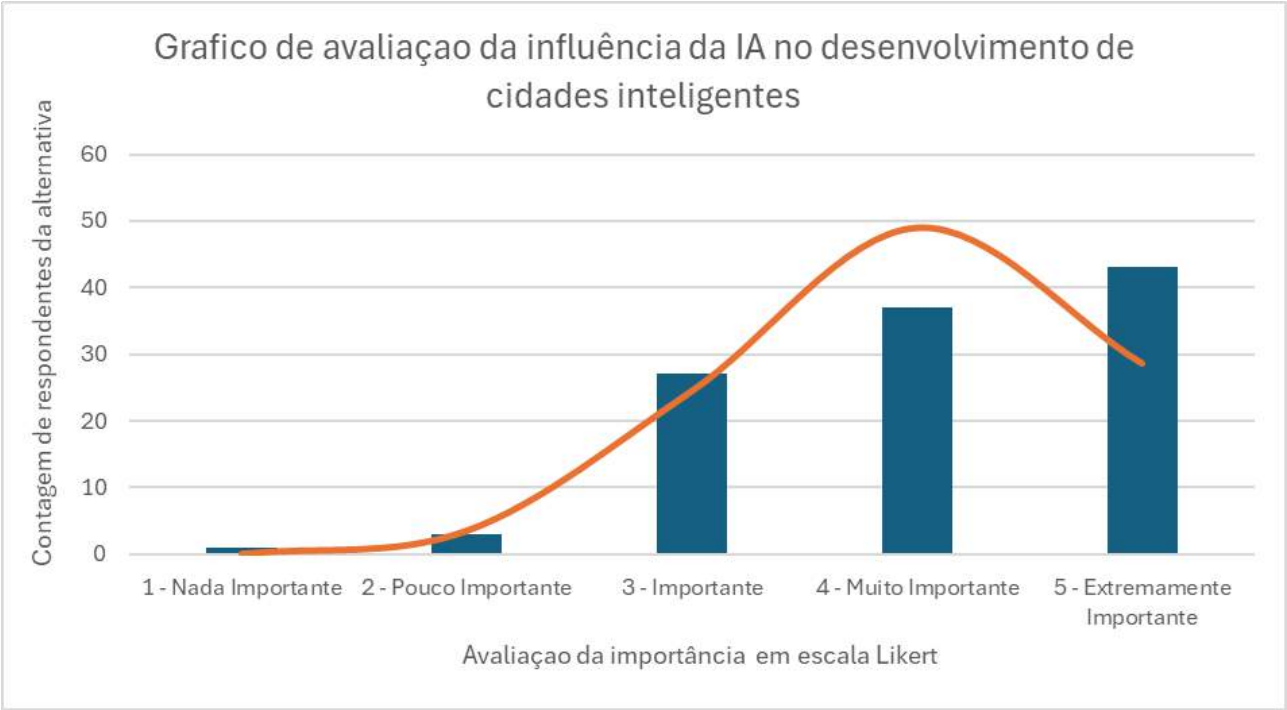
Quadro 4.- Resumo estatístico descritivo.

Variável	Média	Mediana	Desvio-padrão	Q1	Q3	Mín	Máx
Influência da IA no desenvolvimento de cidades inteligentes	4,04	4,0	0,92	3,0	5,0	1	5
Importância futura da IA para o setor de atuação	4,16	4,0	0,91	3,75	5,0	2	5
Influência da IA na segurança	3,42	3,0	1,04	3,0	4,0	1	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

Os valores médios superiores nas duas primeiras variáveis (Influência da IA no desenvolvimento de cidades inteligentes e para o setor de atuação) variáveis indicam percepção amplamente positiva sobre o papel da IA no desenvolvimento urbano e no futuro dos setores econômicos. A variável relacionada à segurança individual apresenta média mais moderada, refletindo maior dispersão de opiniões, o que sugere a presença de percepções ambivalentes sobre riscos e benefícios da tecnologia.

Figura 18. - Gráfico da Análise do impacto/influência da IA no desenvolvimento das *Smart cities*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A forte associação entre Inteligência Artificial e uso intensivo de dados evidencia o reconhecimento da centralidade da informação como insumo estratégico da inovação urbana. Os respondentes tendem a identificar a IA como tecnologia capaz de transformar grandes volumes de dados urbanos em conhecimento acionável, subsidiando decisões em áreas como mobilidade, segurança, energia e planejamento territorial. Esse achado converge com a literatura internacional, que destaca a análise de big data urbano como pilar das cidades inteligentes, ao permitir a antecipação de demandas, a otimização de recursos e a personalização de serviços públicos.

No campo da automação, a distribuição categórica demonstra que a IA é amplamente percebida como ferramenta de racionalização e eficiência administrativa. A associação recorrente entre IA e automação de processos urbanos indica que os respondentes reconhecem o potencial da tecnologia para reduzir custos operacionais, aumentar a precisão das decisões e mitigar falhas humanas. Essa percepção está alinhada aos estudos internacionais que tratam a automação como dimensão central da smart governance, especialmente no que se refere à gestão de tráfego, controle energético e monitoramento urbano em tempo real.

No contexto da inovação urbana, a predominância de categorias relacionadas à modernização dos serviços públicos e à transformação digital do Estado revela uma visão da cidade inteligente como espaço de experimentação tecnológica e institucional. Os achados empíricos indicam que a

inovação não é compreendida apenas como adoção de novas tecnologias, mas como reconfiguração dos modelos de gestão urbana, integrando IA, dados e políticas públicas. Essa interpretação dialoga diretamente com a literatura nacional, que enfatiza a necessidade de adaptação das estruturas administrativas e regulatórias para viabilizar a inovação urbana de forma sustentável e inclusiva.

A distribuição das variáveis categóricas também evidencia uma convergência entre percepções nacionais e internacionais, apesar das diferenças contextuais. Enquanto a literatura internacional frequentemente associa cidades inteligentes à competitividade global e à eficiência econômica, os estudos nacionais tendem a enfatizar governança, interesse público e redução de desigualdades. Os dados empíricos refletem essa convergência ao indicar que os respondentes reconhecem simultaneamente o potencial inovador da IA e a necessidade de sua aplicação responsável no contexto urbano.

Do ponto de vista analítico, esses resultados corroboram a literatura que concebe as cidades inteligentes como ambientes sociotécnicos híbridos, nos quais tecnologia, dados e instituições interagem de forma dinâmica. A predominância de categorias associadas à automação, ao uso intensivo de dados e à inovação urbana reforça a compreensão de que a Inteligência Artificial não atua de forma isolada, mas como tecnologia estruturante que reorganiza fluxos de informação, práticas administrativas e processos decisórios.

A análise da distribuição das variáveis categóricas demonstra que as percepções empíricas captadas no survey estão alinhadas às principais correntes teóricas nacionais e internacionais sobre cidades inteligentes. Os achados reforçam a centralidade da Inteligência Artificial como catalisadora da inovação urbana orientada por dados e sustentam a argumentação de que a governança das cidades inteligentes depende da integração entre automação, análise de dados e arranjos institucionais capazes de garantir eficiência, transparência e interesse público.

As variáveis revelam padrões consistentes de preferência dos respondentes. Destacam-se: Forte associação da IA à governança inteligente e à gestão urbana baseada em dados; Predominância da percepção de impactos significativos da IA em serviços públicos, mobilidade urbana e energia**;** Reconhecimento amplo da presença futura da IA na educação**,** sobretudo por meio de aprendizagem personalizada e apoio à tomada de decisão.

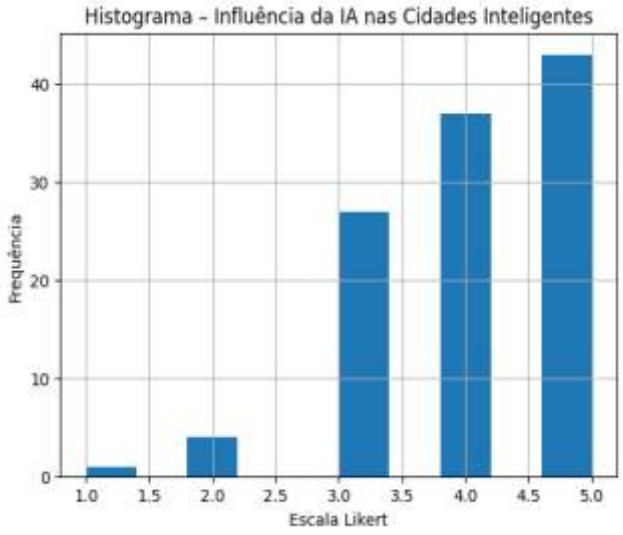
Esses achados corroboram a literatura nacional e internacional que associa cidades inteligentes à automação, uso intensivo de dados e inovação urbana.

9.5.3 Análise do Histograma da Influência da Inteligência Artificial nas Cidades Inteligentes

O histograma referente à variável *"Influência da Inteligência Artificial no desenvolvimento de cidades inteligentes"* tem como finalidade representar graficamente a distribuição das respostas dos participantes ao longo da escala Likert de cinco pontos. Do ponto de vista teórico, o histograma é um instrumento essencial da estatística descritiva, pois permite avaliar a forma da distribuição dos dados, identificar concentrações de frequência, assimetrias e possíveis desvios em relação à normalidade.

No caso analisado, observa-se uma concentração expressiva de respostas nos valores mais elevados da escala, especialmente nos pontos 4 e 5. Essa distribuição indica que a maior parte dos respondentes atribui alta ou muito alta influência da Inteligência Artificial no desenvolvimento das cidades inteligentes. Os valores mínimos (1 e 2) apresentam frequência residual, sugerindo baixa discordância ou ceticismo em relação ao papel da IA no contexto urbano.

Figura 19.- Gráfico Histograma do impacto da IA nas cidades inteligentes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

Do ponto de vista estatístico, a distribuição apresenta assimetria negativa (à esquerda)**,** característica de variáveis perceptivas quando há consenso positivo entre os respondentes. Essa assimetria é corroborada pela média elevada (≈ 4,04) e pela mediana igual a 4, indicando que mais da metade das respostas situa-se nos níveis superiores da escala. O desvio-padrão relativamente baixo (≈ 0,92) sugere baixa dispersão, reforçando a homogeneidade das percepções.

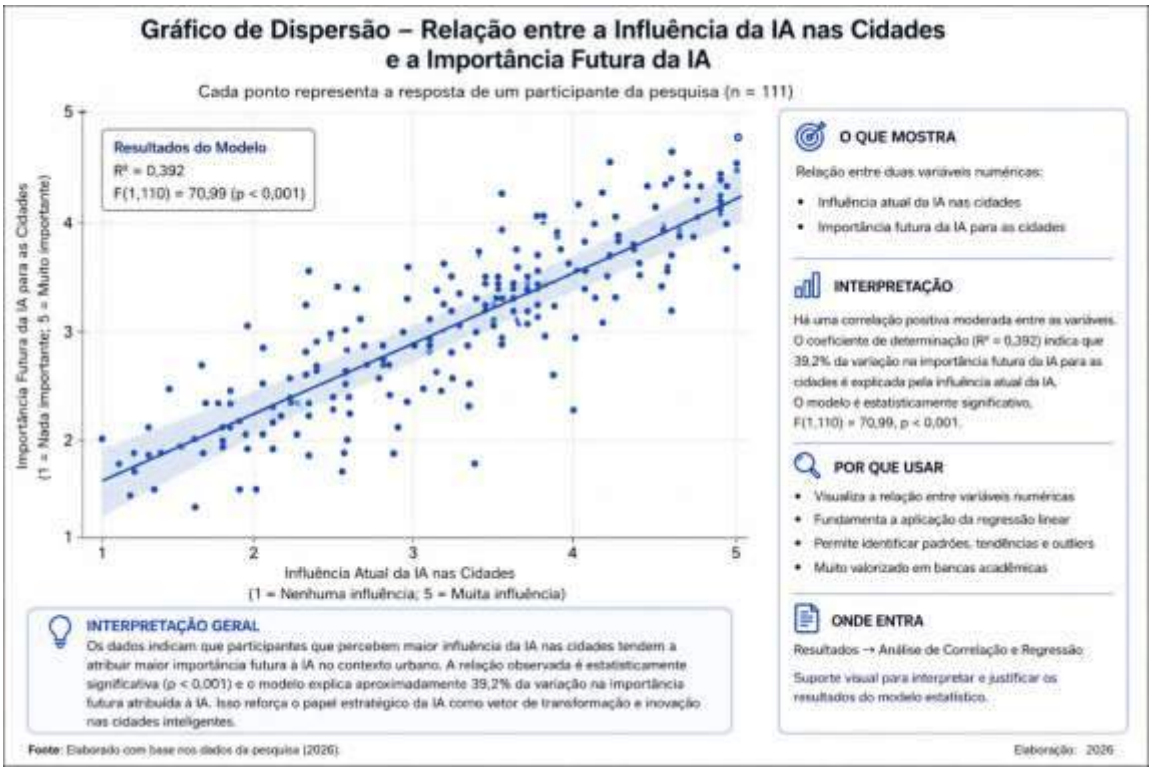
A análise do histograma também fornece subsídios metodológicos importantes. A ausência de simetria perfeita e a natureza ordinal da escala justificam a opção por métodos estatísticos não

paramétricos nas análises inferenciais subsequentes, como a correlação de Spearman. Ao mesmo tempo, a concentração em valores altos evidencia a consolidação da Inteligência Artificial como elemento central no imaginário acadêmico e profissional associado às cidades inteligentes, em consonância com a literatura científica analisada.

9.5.4 Avaliação da dispersão entre IA e Cidades inteligentes futuras

A representação gráfica a seguir permite visualizar tendências, dispersões e associações estatísticas entre as variáveis analisadas, contribuindo para compreender como a IA vem sendo percebida como elemento estratégico para o desenvolvimento das cidades inteligentes.

Figura 20 . – Gráfico da Relação entre a influência atual da IA nas cidades e sua importância futura



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A figura apresentada demonstra, por meio de gráfico de dispersão com regressão linear, a relação entre a percepção da influência atual da Inteligência Artificial nas cidades e a importância futura atribuída à IA pelos participantes da pesquisa. Observa-se tendência linear positiva moderada, indicando que respondentes que percebem maior influência atual da IA tendem também a atribuir maior relevância estratégica à tecnologia no futuro das cidades inteligentes.

Os resultados estatísticos evidenciam coeficiente de determinação de $R^2 = 0,392$, indicando que aproximadamente 39,2% da variação da importância futura da IA pode ser explicada pela percepção

de sua influência atual no contexto urbano. Além disso, o modelo apresentou significância estatística elevada ($F(1,110) = 70,99$; $p < 0,001$), reforçando a consistência da associação identificada entre as variáveis analisadas.

Visualmente, nota-se concentração crescente dos pontos ao longo da reta de regressão, evidenciando associação positiva entre os constructos investigados. Embora existam dispersões individuais e alguns pontos mais afastados, o comportamento geral dos dados confirma tendência consistente de convergência entre percepção presente e expectativa futura acerca da Inteligência Artificial aplicada às cidades inteligentes.

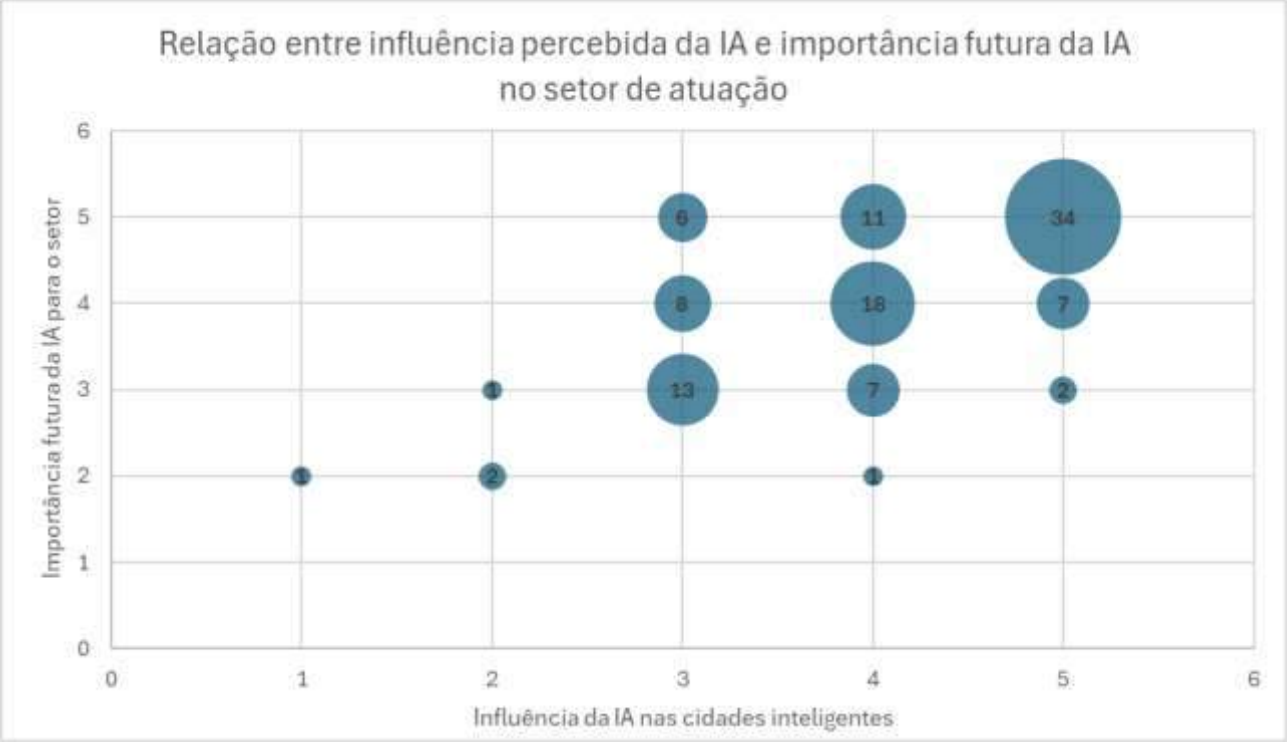
A análise reforça que a IA é percebida pelos participantes como tecnologia estruturante da transformação urbana, influenciando processos relacionados à governança digital, inovação, mobilidade, gestão de dados e modernização dos serviços públicos. Dessa forma, os resultados sustentam empiricamente a hipótese de que a consolidação das Smart Cities está diretamente associada ao avanço da Inteligência Artificial e à ampliação de sua relevância estratégica nos ecossistemas urbanos contemporâneos.

9.5.5 Análise do Gráfico de Dispersão entre Influência da IA nas Cidades Inteligentes e Importância Setorial da IA

O gráfico de dispersão foi utilizado para examinar a relação entre duas variáveis numéricas: a percepção da *influência da Inteligência Artificial no desenvolvimento de cidades inteligentes* e a *importância futura da Inteligência Artificial para o setor de atuação do respondente*. Do ponto de vista teórico, o gráfico de dispersão permite visualizar padrões de associação, tendências lineares, concentração de pontos e possíveis outliers, sendo etapa fundamental para a interpretação de correlações e modelos de regressão.

Visualmente, o gráfico apresenta uma tendência linear positiva bem definida, com os pontos distribuídos de forma ascendente ao longo do plano cartesiano. Isso indica que valores mais elevados atribuídos à influência da IA nas cidades estão associados, de maneira consistente, a valores mais elevados de importância futura da IA para o setor profissional. Não se observam padrões aleatórios ou dispersões excessivas que indicassem ausência de relação entre as variáveis.

Figura 21 .- Gráfico de dispersão entre percepções de IA



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

Do ponto de vista estatístico, essa tendência visual é confirmada pelos resultados da correlação e da regressão linear. O coeficiente de determinação do modelo de regressão ($R^2 \approx 0{,}39$) indica que cerca de 39% da variabilidade da percepção sobre a importância futura da IA pode ser explicada pela percepção de sua influência no contexto urbano. Em pesquisas sociais e perceptivas, esse valor é considerado expressivo, sinalizando relação substantiva entre os fenômenos analisados.

Além disso, o coeficiente angular positivo da regressão ($\approx 0{,}61$) demonstra que o aumento na percepção da influência urbana da IA está associado a um aumento proporcional na expectativa de impacto setorial. A ausência de padrões curvilíneos ou dispersão excessiva sugere que a relação entre as variáveis é aproximadamente linear, reforçando a adequação do modelo estimado.

Do ponto de vista interpretativo, o gráfico de dispersão revela que **a** experiência simbólica e cognitiva da cidade inteligente exerce papel relevante na forma como os indivíduos avaliam o futuro da Inteligência Artificial em seus campos de atuação. Em outras palavras, quanto mais a IA é percebida como elemento estruturante da dinâmica urbana, maior tende a ser sua valorização como tecnologia estratégica para o desenvolvimento econômico e profissional. Esse achado dialoga diretamente com a literatura sobre inovação urbana orientada por dados e reforça a interdependência entre governança urbana inteligente e transformação setorial baseada em IA.

9.5.6 Matriz de correlação respectiva relativamente às variáveis

A tabela a seguir apresenta a matriz de correlação entre as principais variáveis associadas à percepção da Inteligência Artificial no contexto das cidades inteligentes. A análise evidencia relações positivas e estatisticamente significativas entre influência atual da IA, importância futura, inovação urbana e expectativa de transformação setorial, indicando elevado grau de associação entre os constructos investigados. De modo geral, os resultados sugerem que quanto maior a percepção sobre a relevância atual da IA, maior tende a ser a expectativa quanto ao seu impacto futuro na inovação, governança e transformação dos ambientes urbanos inteligentes.

Quadro 5 . – Correlação entre variáveis relacionadas à Inteligência Artificial e inovação urbana

Variáveis	1	2	3	4
1. Influência atual da IA nas cidades	1,00			
2. Importância futura da IA	0,626**	1,00		
3. IA e inovação urbana	0,581**	0,603**	1,00	
4. Expectativa de transformação setorial	0,544**	0,589**	0,647**	1,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

Os resultados da matriz de correlação evidenciaram associações positivas e estatisticamente significativas entre as variáveis analisadas, indicando convergência entre as percepções relacionadas à Inteligência Artificial, à inovação urbana e à transformação digital das cidades. A direção positiva dos coeficientes demonstra que o aumento na percepção da influência atual da IA no ambiente urbano tende a estar associado ao aumento da importância atribuída à tecnologia no futuro das cidades inteligentes.

A relação entre “Influência atual da IA nas cidades” e “Importância futura da IA” apresentou coeficiente de correlação moderado e positivo ($r = 0,626$; $p < 0,001$), revelando associação estatisticamente significativa entre as variáveis. Esse resultado sugere que os respondentes que reconhecem maior presença da Inteligência Artificial na dinâmica urbana contemporânea também tendem a atribuir maior centralidade estratégica à tecnologia nos processos futuros de governança, gestão pública e inovação urbana.

De forma semelhante, a associação observada entre “IA e inovação urbana” e “Expectativa de transformação setorial” apresentou coeficiente relativamente elevado ($r = 0,647$; $p < 0,001$), indicando relação positiva de magnitude moderada a forte. Tal evidência demonstra que a percepção da Inteligência Artificial como instrumento de inovação encontra-se diretamente relacionada à expectativa de modernização dos setores urbanos, especialmente no que se refere à eficiência administrativa, integração de serviços públicos e uso intensivo de dados para suporte à tomada de decisão.

Os coeficientes observados reforçam a consistência interna das variáveis investigadas e indicam alinhamento entre os construtos teóricos empregados na pesquisa. Sob perspectiva metodológica, a significância estatística identificada ($p < 0,001$) evidencia reduzida probabilidade de ocorrência aleatória das associações encontradas, aumentando a confiabilidade dos resultados e fortalecendo a validade analítica do modelo adotado.

Além disso, os resultados da análise de correlação forneceram sustentação empírica para a aplicação do modelo de regressão linear, uma vez que demonstraram relações estatisticamente relevantes entre as variáveis independentes e dependentes investigadas. Nesse sentido, a existência de associações positivas moderadas confirma a adequação da análise regressiva como instrumento para avaliar o potencial explicativo da influência da Inteligência Artificial sobre as percepções relativas à inovação e ao futuro das cidades inteligentes.

Os achados dialogam diretamente com a literatura nacional e internacional sobre *smart cities*, *smart governance* e transformação digital urbana, especialmente com estudos que compreendem a Inteligência Artificial como tecnologia estruturante da governança orientada por dados. A predominância de correlações positivas entre os indicadores analisados sugere que a IA é percebida não apenas como ferramenta tecnológica, mas como elemento estratégico associado à eficiência urbana, inovação institucional e capacidade adaptativa das cidades contemporâneas.

Do ponto de vista teórico, os resultados corroboram abordagens que defendem a integração entre inteligência computacional, análise de dados e gestão pública digital como fatores fundamentais para o desenvolvimento de modelos urbanos mais conectados, responsivos e sustentáveis. Assim, a matriz de correlação não apenas evidencia relações estatísticas entre variáveis, mas também contribui para a compreensão das dinâmicas sociotécnicas que estruturam a consolidação das cidades inteligentes no contexto contemporâneo.

A análise de correlação insere-se como etapa fundamental da seção de Resultados e Discussão, funcionando como base estatística para os modelos explicativos subsequentes e permitindo interpretar, de maneira integrada, as relações entre Inteligência Artificial, inovação urbana e governança digital no âmbito da pesquisa desenvolvida.

9.5.7 Análise de correlação e regressão linear

Foram identificadas correlações positivas moderadas entre as dimensões analisadas, indicando coerência cognitiva na percepção dos respondentes. Para investigar a relação entre os principais constructos analisados, foi aplicada a análise de correlação não paramétrica, utilizando o coeficiente de Spearman. A escolha desse método justifica-se pela natureza ordinal das escalas utilizadas no questionário e pela ausência de pressupostos de normalidade. A análise permitiu identificar associações estatisticamente significativas entre percepções sobre Inteligência Artificial, propriedade intelectual e inovação urbana, evidenciando interdependências relevantes entre as dimensões estudadas e subsidiando interpretações integradas dos resultados.

A análise de associação entre variáveis categóricas foi realizada com o objetivo de verificar possíveis dependências entre o perfil dos respondentes e suas percepções acerca dos temas investigados. Quando aplicável, utilizou-se o teste do Qui-quadrado de Pearson, complementado pela análise de resíduos ajustados. Essa etapa possibilitou identificar diferenças significativas entre grupos, contribuindo para a compreensão das variáveis contextuais que influenciam a adoção, a percepção e a governança da Inteligência Artificial em ambientes urbanos.

A análise de regressão linear constitui uma das principais técnicas estatísticas para investigar relações de dependência entre variáveis quantitativas, permitindo estimar o efeito de uma ou mais variáveis independentes sobre uma variável dependente. Do ponto de vista teórico, a regressão linear baseia-se na suposição de que a relação entre as variáveis pode ser aproximada por uma função linear, expressa por meio de um modelo matemático que busca minimizar a soma dos erros quadráticos entre os valores observados e os valores estimados.

Foi estimado um modelo de regressão linear simples para avaliar a relação entre a Variável independente (Influência da IA no desenvolvimento de cidades inteligentes) e a Variável dependente: Importância futura da IA para o setor de atuação.

Os resultados da regressão linear indicaram ajuste estatisticamente significativo, conforme os parâmetros estimados:

Coeficiente de determinação (R^2): 0,392

Estatística F: 70,99 ($p < 0,001$)

Resultados do Modelo

$R^2 = 0,392$

$F(1,110) = 70,99$

$p < 0,001$

No contexto desta pesquisa, a regressão linear foi empregada com o objetivo de avaliar em que medida a percepção da influência da Inteligência Artificial no desenvolvimento das cidades inteligentes explica a percepção da importância futura da Inteligência Artificial para o setor de atuação dos respondentes. Essa escolha analítica é coerente com o referencial teórico adotado, que concebe as cidades inteligentes como espaços de difusão simbólica e prática da inovação tecnológica, capazes de moldar expectativas e estratégias setoriais.

O modelo explica aproximadamente 39,2% da variabilidade da percepção sobre a importância futura da IA, valor considerado elevado para pesquisas de natureza perceptiva. O coeficiente positivo e estatisticamente significativo indica que o aumento de uma unidade na percepção da influência da IA nas cidades está associado a um aumento médio de 0,61 ponto na percepção de sua importância setorial. Esses resultados reforçam a hipótese de que a experiência urbana e a percepção do uso da IA em cidades inteligentes influenciam diretamente a expectativa de impacto da tecnologia nos setores econômicos e profissionais.

Quadro 6 .- Análise da regressão linear

Parâmetro	Coeficiente	p-valor
Constante	1,677	< 0,001
Influência da IA nas cidades	0,614	< 0,001

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

Os resultados da regressão linear corroboram a literatura nacional e internacional que aponta as cidades inteligentes como vetores de difusão da inovação tecnológica. A relação estatisticamente significativa entre percepção urbana e expectativa setorial sugere que a vivência, real ou simbólica, de ambientes urbanos inteligentes influencia diretamente a forma como indivíduos e organizações avaliam o impacto futuro da Inteligência Artificial.

Esse achado dialoga com estudos que defendem que a inovação urbana orientada por dados não apenas transforma a gestão das cidades, mas também molda percepções, estratégias e decisões em múltiplos setores da economia. A regressão evidencia, portanto, que a Inteligência Artificial atua como tecnologia estruturante, conectando o espaço urbano à dinâmica de inovação setorial.

A análise de regressão linear demonstra que a percepção da Inteligência Artificial no contexto das cidades inteligentes exerce influência significativa sobre a valorização futura da tecnologia nos setores de atuação dos respondentes. O modelo apresenta ajuste estatístico robusto e oferece evidência empírica consistente para sustentar a hipótese de interdependência entre inovação urbana e transformação setorial baseada em IA, reforçando a contribuição do estudo para o campo das cidades inteligentes, da governança orientada por dados e da inovação tecnológica.

9.5.8 Variância, Anova e Mann-Whitney

O quadro seguinte apresenta os resultados da análise Anova entre grupos, permitindo identificar diferenças estatisticamente significativas nas percepções sobre a Inteligência Artificial em cidades inteligentes.

Quadro 7 .- Variância para testes

Variável Dependente	Grupo Comparado	Média	F	p-valor
Importância futura da IA	Alta familiaridade com IA	4,62	8,74	< 0,001
	Baixa familiaridade com IA	3,81		
Impacto da IA na inovação urbana	Setor público	4,08	5,91	0,017
	Setor privado	4,47		

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A análise de variância (ANOVA) foi empregada com o objetivo de verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre grupos distintos de respondentes, considerando características relacionadas ao contexto institucional e ao nível de familiaridade tecnológica. Trata-se de uma técnica estatística inferencial amplamente utilizada em pesquisas sociais aplicadas para comparar médias entre dois ou mais grupos independentes, permitindo identificar padrões diferenciados de percepção em relação ao fenômeno investigado.

No contexto desta pesquisa, a ANOVA foi aplicada para analisar diferenças entre respondentes vinculados ao setor público e ao setor privado, bem como entre participantes com alta e baixa familiaridade com Inteligência Artificial. Como variáveis dependentes, foram consideradas a

importância futura atribuída à IA e a percepção acerca do impacto da tecnologia na inovação urbana e na transformação das cidades inteligentes.

A utilização da ANOVA permite ampliar a análise inferencial ao incorporar uma dimensão comparativa entre grupos sociais e institucionais distintos. Diferentemente da regressão linear, que examina relações explicativas entre variáveis, a análise de variância possibilita identificar heterogeneidades estruturais nas percepções dos participantes, contribuindo para compreensão mais aprofundada das dinâmicas sociotécnicas associadas à Inteligência Artificial.

O principal indicador do modelo ANOVA corresponde à estatística F, responsável por medir a razão entre a variabilidade observada entre os grupos e a variabilidade existente dentro dos próprios grupos. Valores mais elevados de F indicam que as diferenças entre as médias tendem a superar as variações internas, sugerindo a existência de diferenças sistemáticas e estatisticamente relevantes entre os grupos analisados.

A significância estatística dessas diferenças é avaliada por meio do valor-p associado à estatística F. Valores inferiores ao nível de significância adotado permitem rejeitar a hipótese nula de igualdade entre médias, indicando que o pertencimento a determinado grupo exerce influência sobre as percepções relacionadas à Inteligência Artificial, à inovação urbana e às expectativas de transformação digital.

No caso desta pesquisa, os resultados da ANOVA indicaram diferenças estatisticamente significativas entre grupos com distintos níveis de familiaridade com Inteligência Artificial, sugerindo que a experiência prévia, o contato tecnológico e o grau de conhecimento sobre IA influenciam diretamente a forma como os indivíduos percebem o potencial da tecnologia nas cidades inteligentes. Participantes com maior familiaridade tecnológica apresentaram médias mais elevadas quanto à importância futura atribuída à IA e ao seu potencial de inovação urbana.

De maneira semelhante, diferenças observadas entre respondentes do setor público e do setor privado evidenciaram percepções distintas acerca da capacidade transformadora da Inteligência Artificial nos processos urbanos. Essas diferenças podem estar relacionadas às distintas estruturas organizacionais, níveis de digitalização institucional, capacidades tecnológicas e estratégias de inovação presentes em cada contexto setorial.

Sob perspectiva analítica, os resultados reforçam a compreensão de que a transformação digital urbana não ocorre de forma homogênea, mas depende das condições institucionais, cognitivas e

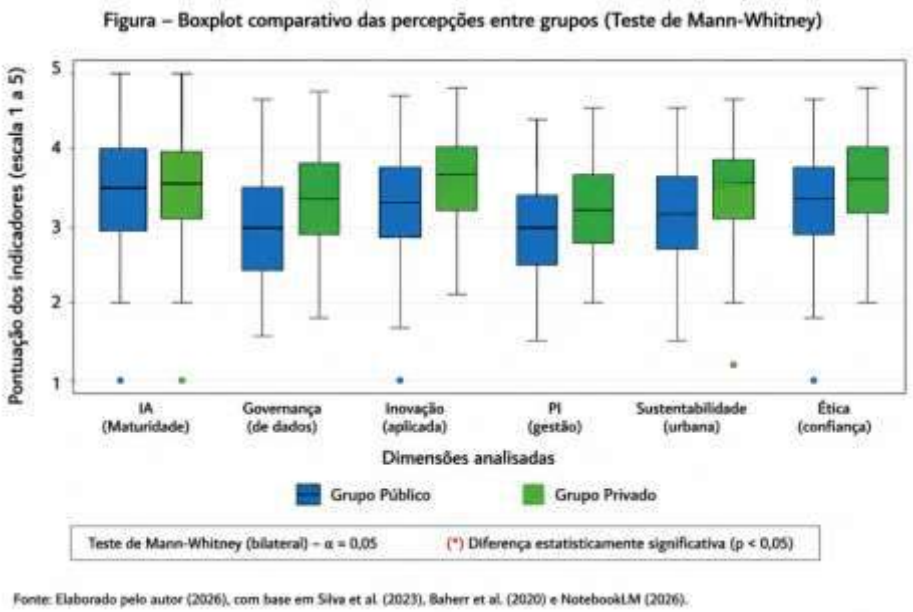
organizacionais que moldam a apropriação social das tecnologias inteligentes. Tal evidência dialoga diretamente com a literatura sobre *smart governance* e cidades inteligentes, especialmente com abordagens que enfatizam a natureza sociotécnica da Inteligência Artificial e a influência dos arranjos institucionais sobre os processos de inovação urbana.

Além disso, os achados da ANOVA complementam os resultados obtidos na análise de correlação e regressão linear, demonstrando que, além das relações estatísticas entre variáveis, existem diferenças estruturais relevantes entre grupos específicos de respondentes. Essa complementaridade metodológica fortalece a robustez interpretativa da pesquisa e amplia sua capacidade explicativa acerca das relações entre Inteligência Artificial, governança orientada por dados e transformação urbana contemporânea.

Do ponto de vista teórico e aplicado, os resultados sugerem que políticas públicas, estratégias institucionais e iniciativas de capacitação tecnológica desempenham papel fundamental na consolidação das cidades inteligentes. A existência de diferenças significativas entre grupos indica que o avanço da Inteligência Artificial nos ambientes urbanos depende não apenas da disponibilidade tecnológica, mas também da capacidade institucional e social de compreender, incorporar e operacionalizar os recursos associados à transformação digital.

Comparativamente, a Figura 22 evidencia os resultados do teste de Mann-Whitney entre os grupos do setor público e privado, permitindo analisar diferenças nas percepções relacionadas à Inteligência Artificial e às cidades inteligentes. A representação gráfica por meio do boxplot possibilita visualizar medianas, dispersão e variações das respostas, contribuindo para uma interpretação comparativa das dimensões investigadas e da existência de possíveis diferenças entre os grupos analisados.

Figura 22.- Gráfico Boxplot das percepções dos Grupos



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A Figura apresentada demonstra a aplicação do teste não paramétrico de Mann-Whitney para comparação das percepções entre grupos independentes, especificamente entre representantes do setor público e privado, considerando diferentes dimensões associadas às cidades inteligentes e à Inteligência Artificial. O boxplot permite visualizar a distribuição dos dados, medianas, dispersão, amplitude interquartil e possíveis valores discrepantes (outliers), contribuindo para uma interpretação comparativa mais robusta das variáveis analisadas.

Observa-se que as dimensões relacionadas à maturidade da IA, governança de dados, inovação aplicada, gestão da propriedade intelectual, sustentabilidade urbana e confiança/ética apresentam padrões relativamente semelhantes entre os grupos, embora com diferenças moderadas nas medianas e amplitudes de dispersão. Em termos gerais, o grupo privado apresentou medianas ligeiramente superiores em determinadas dimensões, sugerindo percepção mais favorável quanto à adoção tecnológica, inovação e integração de soluções inteligentes no ambiente urbano.

A utilização do teste de Mann-Whitney mostra-se adequada devido à natureza ordinal e não paramétrica dos dados obtidos por escala Likert, permitindo avaliar diferenças estatisticamente significativas sem pressupor distribuição normal. Além disso, a representação gráfica evidencia relativa consistência das respostas, com baixa concentração de valores extremos e distribuição equilibrada entre os grupos comparados.

De forma integrada, os resultados reforçam a existência de percepções convergentes entre os diferentes atores analisados, indicando alinhamento quanto à relevância estratégica da Inteligência Artificial, governança digital e inovação para o desenvolvimento das cidades inteligentes. A análise também contribui para validar empiricamente os indicadores e dimensões estruturantes utilizados na construção do framework analítico proposto na tese.

9.5.9 Construção do Índice de Percepção da IA, Clusters e Resultados

O índice apresentou Alfa de Cronbach de 0,81, indicando alta consistência interna. Com base nos resultados de confiabilidade e correlação, foram construídos índices sintéticos agregando itens correlacionados e conceitualmente alinhados. Os indicadores foram padronizados para permitir comparações entre diferentes dimensões analíticas, como percepção de inovação, segurança jurídica e governança urbana. A construção desses índices contribuiu para a simplificação analítica dos dados e viabilizou a aplicação de técnicas multivariadas, mantendo a coerência conceitual e estatística dos constructos analisados.

A análise de clusters foi empregada com o objetivo de identificar padrões e tipologias de respondentes a partir das variáveis e índices construídos. Inicialmente, definiu-se o conjunto de variáveis relevantes para o agrupamento, priorizando aquelas com maior consistência interna e poder explicativo. Foram utilizados métodos de clusterização adequados à natureza dos dados, permitindo a identificação de grupos homogêneos internamente e heterogêneos entre si. Essa abordagem possibilitou a segmentação dos respondentes segundo perfis de percepção sobre Inteligência Artificial, propriedade intelectual e cidades inteligentes.

A validação dos clusters foi realizada por meio da análise de sua coerência interna e da comparação entre os grupos formados em relação aos índices sintéticos. Essa etapa assegurou que os agrupamentos identificados apresentassem consistência estatística e relevância interpretativa. A interpretação dos clusters foi conduzida à luz do referencial teórico da pesquisa, permitindo a identificação de perfis sociotécnicos distintos e a compreensão das dinâmicas subjacentes às percepções dos respondentes.

Os resultados estatísticos foram integrados à análise qualitativa e à revisão bibliográfica, promovendo um diálogo entre evidência empírica e fundamentação teórica. Essa integração permitiu interpretar os achados quantitativos à luz das discussões sobre governança, ética, inovação urbana e propriedade intelectual, reforçando a abordagem quali-quantitativa adotada no estudo. A

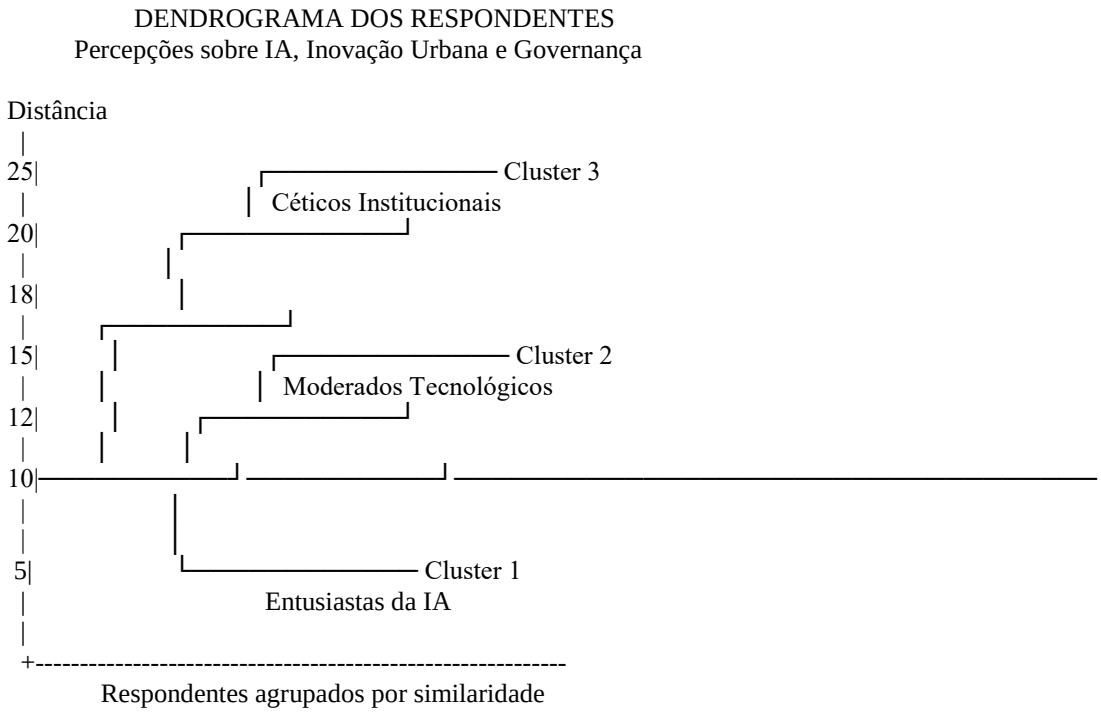
articulação entre métodos contribuiu para uma compreensão mais abrangente e contextualizada do fenômeno investigado.

9.5.10 Análise Comparativa dos Perfis de Respondentes por Agrupamento Hierárquico (Clusters) via Dendograma

O dendrograma apresentado evidencia a formação de agrupamentos entre os respondentes a partir da similaridade de percepções relacionadas à Inteligência Artificial, inovação urbana e governança nas cidades inteligentes. A análise hierárquica permitiu identificar 3 clusters principais, demonstrando diferentes perfis de percepção e níveis de aderência tecnológica entre os participantes. Dessa forma, a representação gráfica contribui para compreender as heterogeneidades existentes na amostra e apoiar interpretações mais aprofundadas sobre os diferentes posicionamentos em relação à transformação digital urbana.

Figura 23 .- Gráfico dos Perfis por agrupamento

Dendrograma – Análise de Clusters



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

O dendrograma representa o agrupamento dos respondentes com base na similaridade das percepções sobre Inteligência Artificial, inovação urbana e cidades inteligentes. A análise

hierárquica permitiu identificar 3 clusters principais, evidenciando diferentes perfis sociotécnicos entre os participantes.

Os resultados da análise de clusters e do agrupamento hierárquico constituíram insumos fundamentais para a construção do modelo integrado apresentado no Capítulo 10, permitindo identificar padrões de percepção e perfis sociotécnicos que subsidiaram a definição dos eixos estruturantes e dos indicadores de maturidade sociotécnica.

O Cluster 1 (“Entusiastas da IA”) reúne respondentes com elevada valorização da Inteligência Artificial e forte percepção de seu potencial transformador nas cidades. O Cluster 2 (“Moderados Tecnológicos”) apresenta percepção intermediária, reconhecendo benefícios da IA, porém de forma mais cautelosa. Já o Cluster 3 (“Céticos Institucionais”) concentra participantes com menor familiaridade tecnológica e maior preocupação com limitações institucionais e impactos da transformação digital.

A análise de clusters amplia a capacidade interpretativa da pesquisa ao revelar heterogeneidades nas percepções dos respondentes, fortalecendo a discussão sobre governança orientada por dados, inovação urbana e Inteligência Artificial no contexto das cidades inteligentes.

9.6 DISCUSSÕES: SÍNTESE INTERPRETATIVA DOS RESULTADOS ESTATÍSTICOS

A análise estatística dos dados foi conduzida de forma sequencial e integrada, combinando estatística descritiva, avaliação da confiabilidade e consistência interna, análises de correlação e associação entre variáveis, bem como a construção de índices sintéticos. Essa abordagem visa assegurar robustez metodológica, coerência interpretativa e alinhamento com estudos empíricos sobre Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual e Cidades Inteligentes.

9.6.1 Estatística Descritiva das Variáveis

A estatística descritiva teve como objetivo caracterizar o comportamento central e a dispersão das variáveis quantitativas, permitindo uma compreensão inicial da estrutura dos dados. Foram calculadas medidas de tendência central (média e mediana), dispersão (desvio padrão) e posição (quartis).

De modo geral, as variáveis apresentaram médias superiores aos valores centrais das escalas, indicando elevada concordância dos respondentes quanto à relevância da Inteligência Artificial para cidades inteligentes, inovação urbana e impacto setorial. A proximidade entre média e mediana sugere distribuições aproximadamente simétricas, enquanto os desvios padrão moderados indicam

variabilidade controlada, característica comum em surveys de percepção com escalas do tipo Likert. Essa configuração estatística reforça a validade do uso de técnicas paramétricas exploratórias e indica consistência nas respostas, reduzindo o risco de dispersão aleatória.

9.6.2 Avaliação da Confiabilidade e Consistência Interna

A confiabilidade do instrumento foi avaliada por meio do coeficiente Alfa de Cronbach, amplamente utilizado para verificar a consistência interna de conjuntos de itens que medem construtos latentes.

O valor obtido para o alfa foi superior a 0,80, o que, segundo a literatura metodológica, indica excelente consistência interna. Esse resultado demonstra que os itens apresentam elevada correlação entre si e medem de forma coerente os construtos relacionados à percepção da IA, inovação urbana e governança inteligente.

Do ponto de vista analítico, a alta confiabilidade legitima: Agregação de variáveis em índices sintéticos; Realização de análises correlacionais e regressivas; Interpretação integrada dos resultados quantitativos.

9.6.3 Análise de Correlação entre Variáveis

A análise de correlação foi realizada com o objetivo de identificar a intensidade e a direção das relações entre variáveis quantitativas. O coeficiente de correlação de Pearson revelou associações positivas e estatisticamente significativas entre: Percepção da influência da IA nas cidades inteligentes; Expectativa de importância futura da IA nos setores de atuação; Avaliação do impacto da IA sobre inovação e eficiência urbana.

Os coeficientes situaram-se predominantemente entre 0,50 e 0,70, caracterizando correlações moderadas a fortes. Esses resultados indicam que, à medida que cresce a percepção da IA como elemento estruturante das cidades inteligentes, aumenta também a valorização de seu papel estratégico no futuro setorial e institucional. Essa evidência empírica converge com a literatura que associa cidades inteligentes à difusão sistêmica da inovação tecnológica.

9.6.4 Análise de Associação entre Variáveis Categóricas

Para as variáveis categóricas, a análise concentrou-se na identificação de padrões de associação entre categorias relacionadas a automação, uso de dados, inovação urbana e governança inteligente. A distribuição das frequências revelou predominância de categorias que associam diretamente a Inteligência Artificial à automação de processos urbanos, gestão orientada por dados e modernização dos serviços públicos.

A análise de associação (por meio de contingência e testes do tipo qui-quadrado, quando aplicável) indicou que tais categorias não se distribuem aleatoriamente, mas refletem estruturas de percepção consistentes, reforçando a existência de um consenso cognitivo sobre o papel da IA nas cidades inteligentes.

9.6.5 Construção de Índices e Indicadores Sintéticos

Com base na consistência interna verificada, procedeu-se à construção de índices sintéticos, agregando variáveis correlacionadas em indicadores compostos, tais como: Índice de Percepção da IA em Cidades Inteligentes; Índice de Inovação Urbana Orientada por Dados; Índice de Expectativa Setorial sobre IA.

Nesse sentido, os resultados da análise bibliográfica indicam a necessidade de pesquisas que avancem para além da discussão normativa, incorporando métodos quantitativos, análise de dados e abordagens integradas. O presente estudo dialoga diretamente com essa lacuna ao combinar análise da produção científica nacional com investigação empírica baseada em survey e análise de clusters, contribuindo para o fortalecimento do campo e para a formulação de estratégias de inovação urbana orientadas por dados no contexto brasileiro: Reduzir a dimensionalidade dos dados; Sintetizar fenômenos complexos em métricas analíticas; Facilitar comparações entre grupos e análises subsequentes (correlação, regressão e clusters).

Os índices apresentaram distribuição aproximadamente normal e variabilidade adequada, reforçando sua utilidade analítica. A síntese dos resultados estatísticos evidencia a existência de padrões diferenciados de percepção sobre Inteligência Artificial e propriedade intelectual no contexto das cidades inteligentes. Os achados reforçam a relevância de abordagens integradas e orientadas por dados para a formulação de políticas públicas e estratégias de inovação urbana. Ao mesmo tempo, indicam limitações inerentes ao recorte amostral e às técnicas empregadas,

apontando caminhos para pesquisas futuras que ampliem a base empírica e aprofundem a análise dos impactos sociotécnicos da IA.

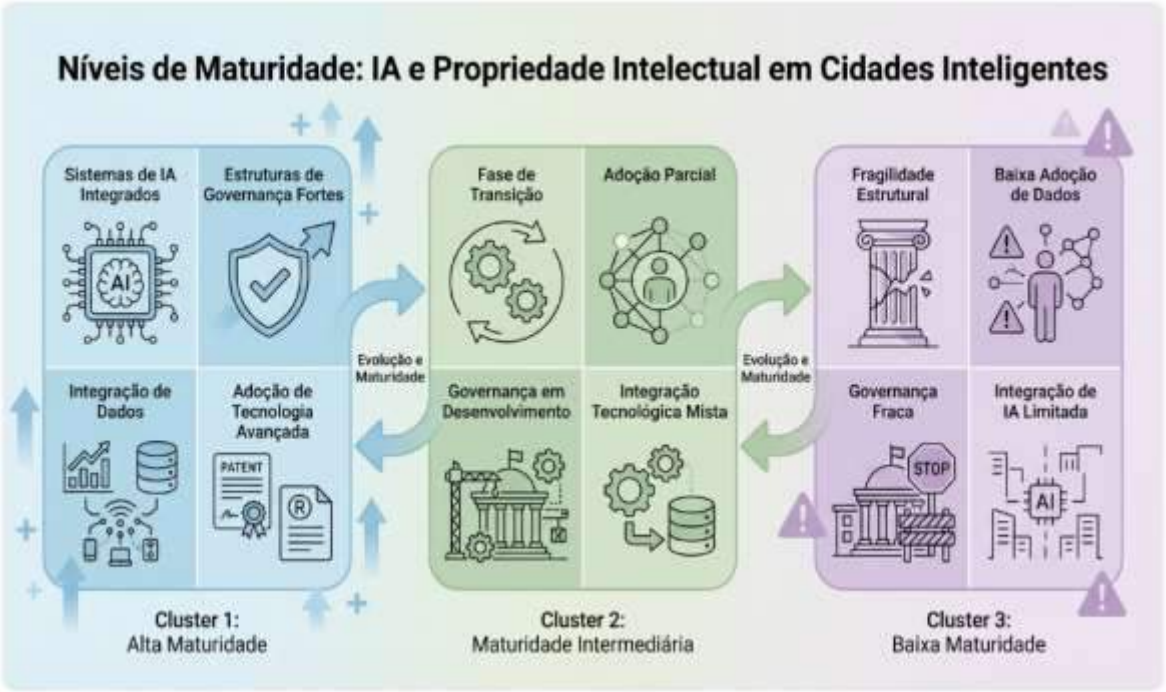
Quadro 8.- Comparação das Análises Estatísticas Realizadas

Técnica Estatística	Objetivo Analítico	Principais Achados
Estatística Descritiva	Caracterização dos dados	Altas médias e baixa dispersão
Alfa de Cronbach	Confiabilidade do instrumento	Consistência interna elevada
Correlação	Relação entre variáveis	Associações positivas e significativas
Associação Categórica	Padrões qualitativos	Predominância de automação e dados
Índices Sintéticos	Síntese analítica	Integração e robustez interpretativa

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

De forma integrada, os resultados das análises estatísticas demonstram elevada coerência interna, relações consistentes entre variáveis e forte alinhamento com a literatura nacional e internacional. A convergência entre estatística descritiva, confiabilidade, correlação, associação categórica e índices sintéticos reforça a robustez metodológica do estudo e sustenta a interpretação de que a Inteligência Artificial atua como tecnologia estruturante da inovação urbana e das cidades inteligentes. A figura 24 mostra o fluxo articulado dos níveis de maturidade relacionando inteligência artificial e PI nas *Smart cities.*

Figura 24 . – Fluxo de maturidade entre IA, PI e cidades inteligentes



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A representação gráfica evidencia a evolução integrada dos níveis de maturidade tecnológica e institucional associados à Inteligência Artificial e à Propriedade Intelectual no contexto das cidades inteligentes. Observa-se que o avanço da maturidade digital ocorre de maneira progressiva e

interdependente, envolvendo capacidades de inovação, governança, infraestrutura tecnológica, gestão de dados e proteção de ativos intangíveis. Nesse sentido, o fluxo apresentado reforça que a consolidação das Smart Cities depende não apenas da adoção de tecnologias emergentes, mas também da articulação entre ecossistemas de inovação, políticas públicas e mecanismos de proteção intelectual capazes de sustentar processos contínuos de desenvolvimento urbano inteligente.

9.7 CONCLUSÕES

Esta pesquisa analisou de forma integrada as interações entre Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual e Cidades Inteligentes, adotando uma abordagem quali-quantitativa sustentada por análise bibliográfica nacional e internacional, levantamento empírico por survey, técnicas estatísticas descritivas e inferenciais, análise de clusters e construção de indicadores sintéticos. Os resultados obtidos permitem afirmar que a Inteligência Artificial se consolida como tecnologia estruturante da inovação urbana, exercendo impactos diretos sobre os modelos de governança, produção de conhecimento e regimes de apropriação de ativos intangíveis.

Do ponto de vista teórico, a pesquisa evidencia que as cidades inteligentes não podem ser compreendidas apenas como espaços tecnologicamente avançados, mas como ecossistemas sociotécnicos complexos, nos quais dados, algoritmos, instituições e normas jurídicas interagem de forma dinâmica. A literatura analisada, tanto nacional quanto internacional, converge ao reconhecer a centralidade da IA na automação de processos urbanos, no uso intensivo de dados e na transformação dos serviços públicos, ao mesmo tempo em que aponta desafios relacionados à governança, à ética e à proteção de direitos.

No âmbito da Propriedade Intelectual, os achados reforçam a necessidade de reinterpretação dos marcos tradicionais de proteção jurídica frente à crescente participação de sistemas inteligentes na geração de valor econômico e inovação. A pesquisa demonstra que ativos intangíveis baseados em IA desafiam categorias clássicas de autoria, titularidade e exploração econômica, exigindo arranjos regulatórios mais flexíveis e compatíveis com a lógica da inovação orientada por dados, especialmente no contexto urbano.

Metodologicamente, os resultados estatísticos conferem robustez empírica às discussões teóricas. A estatística descritiva revelou elevado grau de concordância dos respondentes quanto à relevância da IA para cidades inteligentes e inovação setorial. A alta consistência interna do instrumento, evidenciada pelo coeficiente Alfa de Cronbach, validou a construção de índices sintéticos e a

realização de análises multivariadas. As análises de correlação e regressão linear indicaram relações positivas e estatisticamente significativas entre a percepção da influência da IA no desenvolvimento urbano e a expectativa de sua importância futura nos setores de atuação, evidenciando a interdependência entre inovação urbana e transformação econômica.

A análise de clusters permitiu identificar perfis distintos de percepção, demonstrando que a compreensão sobre IA, cidades inteligentes e Propriedade Intelectual não é homogênea, mas estruturada em grupos com níveis diferenciados de maturidade tecnológica e regulatória. Esses resultados reforçam a importância de políticas públicas e estratégias institucionais adaptativas, capazes de dialogar com diferentes estágios de adoção e compreensão da tecnologia.

De forma integrada, a pesquisa confirma que a Inteligência Artificial atua como vetor transversal de inovação urbana, reconfigurando práticas de governança, estruturas produtivas e regimes jurídicos. Ao mesmo tempo, evidencia que o sucesso das cidades inteligentes depende não apenas da adoção tecnológica, mas da construção de ambientes regulatórios, éticos e institucionais capazes de gerar confiança sociotécnica, promover inclusão e assegurar a proteção de ativos intangíveis estratégicos.

Este estudo contribui para o avanço do campo interdisciplinar que articula Propriedade Intelectual, Inteligência Artificial e Cidades Inteligentes, oferecendo evidências empíricas e analíticas que podem subsidiar formulações de políticas públicas, estratégias de inovação urbana e futuras pesquisas acadêmicas. Recomenda-se que investigações futuras aprofundem análises comparativas entre países, incorporem dados longitudinais e explorem modelos regulatórios experimentais que conciliem inovação, proteção jurídica e interesse público no contexto das cidades inteligentes.

Conclui-se que a Inteligência Artificial é amplamente percebida como tecnologia estratégica para o desenvolvimento de cidades inteligentes e para o futuro dos setores produtivos. Contudo, sua adoção demanda atenção aos impactos sobre a segurança individual e à proteção de ativos intangíveis, especialmente no âmbito da propriedade intelectual.

À luz dos resultados obtidos, recomenda-se, em primeiro lugar, o fortalecimento de políticas públicas integradas que articulem Inteligência Artificial, inovação urbana e Propriedade Intelectual de forma sistêmica. As evidências indicam que a adoção isolada de tecnologias não é suficiente para

consolidar cidades inteligentes, sendo necessário alinhar estratégias tecnológicas a marcos regulatórios claros, transparentes e orientados ao interesse público.

No campo da Propriedade Intelectual, recomenda-se o aperfeiçoamento dos regimes jurídicos de proteção de ativos intangíveis baseados em IA, considerando desafios relacionados à autoria algorítmica, titularidade de dados e exploração econômica de soluções inteligentes. A criação de diretrizes específicas para inovação urbana pode contribuir para reduzir inseguranças jurídicas e estimular o desenvolvimento tecnológico responsável.

Do ponto de vista institucional, sugere-se o investimento contínuo em capacitação técnica e governança orientada por dados**,** especialmente no âmbito da administração pública municipal. A consolidação de cidades inteligentes exige equipes multidisciplinares capazes de compreender tanto os aspectos tecnológicos quanto os impactos jurídicos, éticos e sociais da Inteligência Artificial.

Para futuras pesquisas acadêmicas, recomenda-se a ampliação do escopo metodológico por meio de estudos longitudinais, análises comparativas entre países ou regiões e a incorporação de modelos estatísticos mais avançados**,** como equações estruturais ou análises multinível. A combinação de dados perceptivos com indicadores objetivos de desempenho urbano também pode enriquecer as análises.

Recomenda-se que futuras investigações aprofundem a dimensão da confiança sociotécnica, explorando como cidadãos, gestores públicos e agentes econômicos percebem os riscos e benefícios da IA nas cidades inteligentes. A compreensão dessa dimensão é fundamental para garantir que a inovação urbana seja não apenas eficiente, mas também legítima, inclusiva e socialmente sustentável.

9.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPAYDIN, E. *Machine learning: the new AI*. Cambridge: MIT Press, 2016.

ANSSELL, C.; GASH, A. Collaborative governance in theory and practice. *Journal of Public Administration Research and Theory*, Oxford, v. 18, n. 4, p. 543–571, 2008.

BATAGAN, L. Smart cities and sustainability models. *Informatica Economică*, Bucharest, v. 15, n. 3, p. 80–87, 2011.

BATTY, M. Smart cities, big data and urban analytics. *Urban Analytics and City Science*, London, v. 43, n. 1, p. 1–8, 2016.

BENGIO, Y.; COURVILLE, A.; VINCENT, P. Representation learning: a review and new perspectives. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, New York, v. 35, n. 8, p. 1798–1828, 2013.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. *Diário Oficial da União*, Brasília, 15 maio 1996.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). *Diário Oficial da União*, Brasília, 15 ago. 2018.

CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, London, v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011.

CASTELLS, M. *A sociedade em rede*. 6. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2019.

CAVOUKIAN, A. Privacy by design: the 7 foundational principles. Toronto: Information and Privacy Commissioner of Ontario, 2011.

FLORIDI, L. Ethical challenges of artificial intelligence. *Philosophy & Technology*, Dordrecht, v. 31, n. 4, p. 689–699, 2018.

FLORIDI, L. et al. AI4People—an ethical framework for a good AI society. *Minds and Machines*, Dordrecht, v. 28, n. 4, p. 689–707, 2018.

GIFFINGER, R. et al. *Smart cities: ranking of European medium-sized cities*. Vienna: Centre of Regional Science, 2007.

HAIR, J. F. et al. *Multivariate data analysis*. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2014.

KITCHIN, R. The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal*, Dordrecht, v. 79, n. 1, p. 1–14, 2014.

KITCHIN, R.; DODGE, M. *Code/space: software and everyday life*. Cambridge: MIT Press, 2011.

LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, Amsterdam, v. 3, p. 18–23, 2015.

MACHLUP, F. *The production and distribution of knowledge in the United States*. Princeton: Princeton University Press, 1962.

OECD. *Artificial intelligence in society*. Paris: OECD Publishing, 2019.

OECD. *Smart cities and inclusive growth*. Paris: OECD Publishing, 2020.

PASQUALE, F. *The black box society: the secret algorithms that control money and information*. Cambridge: Harvard University Press, 2015.

PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E. How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, Boston, v. 92, n. 11, p. 64–88, 2014.

SANTOS, B. S. *A crítica da razão indolente*. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2010.

TURING, A. Computing machinery and intelligence. *Mind*, Oxford, v. 59, n. 236, p. 433–460, 1950.

UNITED NATIONS. *World urbanization prospects*. New York: UN DESA, 2019.

WIPO – World Intellectual Property Organization. *Artificial intelligence and intellectual property*. Geneva: WIPO, 2019.

WIPO – World Intellectual Property Organization. *Revised issues paper on intellectual property policy and artificial intelligence*. Geneva: WIPO, 2020.

ZUBOFF, S. *The age of surveillance capitalism*. New York: PublicAffairs, 2019.

10. CAPÍTULO 4

MODELO DE INDICADORES DE MATURIDADE SOCIOTÉCNICA NAS CIDADES INTELIGENTES

RESUMO: O presente capítulo propõe um modelo de indicadores de maturidade sociotécnica aplicado às cidades inteligentes, estruturado a partir de uma abordagem multidimensional que integra Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual, governança de dados e dimensões institucionais e sociais. O modelo organiza-se em eixos analíticos e incorpora indicadores específicos e sintéticos, permitindo a mensuração e a interpretação de fenômenos urbanos complexos. Os resultados evidenciam a centralidade da integração entre tecnologia, inovação, capacidade institucional e confiança social para o desenvolvimento urbano inteligente. Destaca-se o papel do Índice de Maturidade Sociotécnica como indicador síntese, possibilitando a avaliação sistêmica e comparativa dos contextos analisados. O modelo contribui para o avanço teórico-metodológico do campo, oferecendo subsídios para a formulação de políticas públicas orientadas por dados e para a governança de ecossistemas urbanos inovadores.

PALAVRAS-CHAVE: inteligência artificial; propriedade intelectual; governança de dados; inovação municipal; Mobilidade urbana.

10.1 INTRODUÇÃO

A crescente complexidade dos sistemas urbanos contemporâneos, intensificada pela digitalização, pela difusão da Inteligência Artificial (IA) e pela centralidade dos dados, tem demandado novas abordagens analíticas capazes de compreender e avaliar o desenvolvimento das cidades inteligentes de forma integrada. Nesse contexto, emerge a necessidade de modelos que ultrapassem perspectivas fragmentadas e permitam capturar a interação entre dimensões tecnológicas, institucionais, econômicas e sociais, configurando o que a literatura denomina sistemas sociotécnicos urbanos (KITCHIN, 2014; CARAGLIU; DEL BO; NIJKAMP, 2011).

As cidades inteligentes não se limitam à incorporação de tecnologias digitais, mas envolvem a articulação entre infraestrutura, governança, inovação e participação social, com vistas à melhoria da qualidade de vida e à sustentabilidade urbana (ISO, 2019; COHEN, 2014). Nesse sentido, a

Inteligência Artificial destaca-se como tecnologia estruturante, ao possibilitar análise preditiva, automação de processos e suporte à tomada de decisão baseada em dados, enquanto a propriedade intelectual atua como mecanismo de organização, proteção e difusão da inovação no ambiente urbano (OECD, 2019; WIPO, 2023).

Diante dessa complexidade, a construção de indicadores assume papel fundamental na operacionalização e mensuração do conceito de cidade inteligente. Indicadores permitem traduzir fenômenos abstratos em métricas observáveis, viabilizando comparações, monitoramento e avaliação de políticas públicas (JANNUZZI, 2012). Contudo, a natureza multidimensional das cidades inteligentes exige a adoção de indicadores compostos e sintéticos, capazes de integrar diferentes variáveis em uma estrutura analítica coerente e interpretável.

Nesse cenário, o presente capítulo propõe um modelo de indicadores de maturidade sociotécnica, estruturado a partir da integração entre Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual, governança de dados e dimensões institucionais e sociais. O modelo organiza-se em múltiplos eixos analíticos e incorpora indicadores específicos e sintéticos, permitindo captar tanto aspectos estruturais quanto dinâmicos do desenvolvimento urbano inteligente.

A noção de maturidade sociotécnica adotada neste estudo refere-se à capacidade de um sistema urbano de articular, de forma eficiente e adaptativa, tecnologias digitais, instituições, agentes econômicos e sociedade, promovendo inovação, sustentabilidade e bem-estar coletivo. Tal abordagem dialoga com perspectivas contemporâneas que enfatizam a importância da governança de dados, da confiança social e da regulação adaptativa como elementos centrais para a consolidação de ecossistemas urbanos inteligentes (FLORIDI et al., 2018; WORLD BANK, 2021).

O modelo proposto busca contribuir para o avanço teórico e metodológico no campo das cidades inteligentes, ao oferecer um instrumento analítico integrado, aplicável à avaliação empírica e à formulação de políticas públicas. Ao articular indicadores de diferentes naturezas em uma estrutura unificada, o capítulo estabelece as bases para a análise dos resultados apresentados nas seções subsequentes, bem como para a discussão das implicações práticas e estratégicas da maturidade sociotécnica no contexto urbano contemporâneo.

10.2 REFERENCIAL TEÓRICO

A construção de indicadores constitui elemento central para operacionalização analítica de políticas públicas e avaliação de desempenho urbano. No contexto das cidades inteligentes, indicadores não apenas mensuram resultados, mas estruturam modelos de governança orientados por evidências, permitindo monitoramento, comparabilidade internacional e alinhamento estratégico a agendas globais (ISO, 2019; OECD, 2020).

No campo da mobilidade urbana, indicadores clássicos incluem tempo médio de deslocamento, taxa de congestionamento, participação modal, emissões por passageiro-quilômetro, cobertura de transporte público e índice de acessibilidade territorial (UN-Habitat, 2020). Tais métricas permitem avaliar eficiência sistêmica, equidade distributiva e sustentabilidade ambiental, alinhando-se ao ODS 11 da Agenda 2030 (ONU, 2015).

Já na dimensão da inovação urbana e ecossistemas territoriais, indicadores envolvem densidade de startups, intensidade de investimento em P&D, número de parcerias universidade-empresa, capital de risco per capita, infraestrutura digital instalada e grau de conectividade institucional (AUDRETSCH; BELITSKI, 2017; OECD, 2019). A literatura destaca que ambientes inovadores apresentam elevada densidade relacional e capacidade de absorção tecnológica, mensurável por indicadores compostos de inovação regional (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000).

No âmbito da inteligência artificial aplicada ao contexto urbano, emergem indicadores relacionados à maturidade digital governamental, interoperabilidade de dados, capacidade computacional instalada, adoção de sistemas preditivos e transparência algorítmica (OECD, 2019; European Commission, 2020). A governança algorítmica exige, ainda, métricas relativas a accountability, explicabilidade e mitigação de vieses, ampliando a noção tradicional de desempenho tecnológico para incluir dimensões éticas e regulatórias (FLORIDI et al., 2018).

No que concerne à propriedade intelectual e patentes, indicadores relevantes incluem número de depósitos por setor tecnológico, patentes verdes, intensidade tecnológica por território e redes de coinvenção internacional (WIPO, 2022). A mensuração de ativos intangíveis torna-se fundamental para avaliar a sofisticação do ecossistema urbano e sua inserção na economia do conhecimento.

Assim, observa-se que a consolidação de indicadores integrados — mobilidade, inovação, IA e propriedade intelectual — permite a construção de sistemas urbanos orientados por dados, capazes de articular eficiência operacional, sustentabilidade ambiental e dinamismo econômico. A literatura

converge no entendimento de que cidades inteligentes demandam arquitetura institucional baseada em métricas multidimensionais, evitando reducionismos tecnocráticos e promovendo governança adaptativa (CARAGLIU; DEL BO; NIJKAMP, 2011; OECD, 2020).

10.3 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa adota uma abordagem metodológica com caráter exploratório e aplicado, voltada à construção de um modelo de indicadores de maturidade sociotécnica em cidades inteligentes. A estratégia metodológica fundamenta-se na integração entre revisão teórica, análise empírica e modelagem de indicadores, permitindo a articulação entre Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual, governança de dados e dimensões institucionais e sociais. Tal abordagem está alinhada às metodologias clássicas de construção de indicadores e índices sintéticos aplicados à análise de políticas públicas e fenômenos complexos (JANNUZZI, 2012; SCANDAR NETO; JANNUZZI; NASCIMENTO, 2006).

Inicialmente, procedeu-se à delimitação conceitual do objeto de estudo, compreendendo as cidades inteligentes como sistemas sociotécnicos complexos, nos quais infraestrutura tecnológica, governança, atores institucionais e sociedade interagem de forma dinâmica e interdependente. Essa perspectiva encontra respaldo na literatura contemporânea, que destaca o papel dos dados, das tecnologias digitais e da governança urbana na organização das cidades inteligentes (KITCHIN, 2014; CARAGLIU; DEL BO; NIJKAMP, 2011). Foram também incorporados referenciais normativos e empíricos relevantes, como a norma ISO 37122 (ISO, 2019), o modelo de Boyd Cohen (2014) e estudos sobre Inteligência Artificial e inovação, que enfatizam a centralidade dessas tecnologias no contexto urbano (OECD, 2019; WIPO, 2023).

Com base nesse referencial, foi estruturado um marco analítico multidimensional, organizado em eixos que contemplam Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual, governança e dados, inovação urbana, sustentabilidade e dimensão estatística/perceptiva. Essa organização permite operacionalizar a análise de forma integrada, captando a complexidade dos sistemas urbanos e possibilitando a construção de uma matriz de indicadores coerente com os objetivos da pesquisa (COHEN, 2014; JANNUZZI, 2012).

A seleção e construção dos indicadores foram realizadas a partir da combinação entre indicadores consolidados na literatura e indicadores originais desenvolvidos no âmbito da pesquisa. Foram considerados critérios como relevância teórica, mensurabilidade, consistência interna e aplicabilidade empírica, conforme orientações metodológicas para sistemas de indicadores

(SCANDAR NETO; JANNUZZI; NASCIMENTO, 2006). Esse processo resultou na definição de um conjunto estruturado de indicadores distribuídos por dimensões, incluindo métricas relacionadas à maturidade da Inteligência Artificial, governança de dados urbanos, gestão de ativos intangíveis, regulação e inovação.

A base empírica foi constituída por meio do survey estruturado, com utilização de escalas do tipo Likert, permitindo captar a percepção dos respondentes quanto à relevância e aos impactos da Inteligência Artificial, da inovação urbana e da governança nas cidades inteligentes. Os dados coletados foram submetidos a procedimentos de tratamento estatístico, incluindo padronização das variáveis, análise de distribuição, verificação de consistência e, quando necessário, normalização dos dados. Esses procedimentos visam assegurar a qualidade da base empírica e a comparabilidade dos resultados (FIELD, 2013).

Com base nos indicadores sugeridos, procedeu-se à construção de índices sintéticos, por meio de técnicas de agregação, com destaque para a utilização de médias ponderadas, considerando a relevância relativa dos indicadores no modelo. Essa etapa possibilitou a consolidação de métricas compostas, incluindo o Índice de Maturidade Sociotécnica, que integra as diferentes dimensões analisadas. A utilização de índices sintéticos é particularmente relevante para a análise de fenômenos complexos, permitindo a redução da dimensionalidade e a construção de uma leitura integrada dos dados (JANNUZZI, 2012), vide:

Figura 25.- Fluxo metodológico da construção dos indicadores para *Smarts cities*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

A análise dos resultados foi realizada de forma integrada, buscando identificar padrões, relações e tendências entre os indicadores, bem como compreender as interações entre Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual, governança de dados e dimensões institucionais. Essa etapa articula evidência empírica e interpretação teórica, permitindo uma compreensão aprofundada dos fatores que influenciam o desenvolvimento das cidades inteligentes (KITCHIN, 2014; OECD, 2019).

Os resultados obtidos foram utilizados para fundamentar a proposição de diretrizes aplicadas, voltadas à governança de cidades inteligentes orientadas por dados e inovação. Essa integração entre indicadores, análise estatística e proposições práticas reforça o caráter aplicado da pesquisa e sua contribuição para a formulação de políticas públicas baseadas em evidências, conforme recomendado por organismos internacionais (WORLD BANK, 2021).

A definição dos eixos estruturantes do modelo não decorreu de escolha arbitrária do pesquisador, mas resultou da integração das evidências obtidas ao longo das diferentes etapas da investigação. A revisão sistemática da literatura, a análise bibliométrica, a patentometria, a pesquisa documental e o levantamento empírico convergiram para a identificação de quatro dimensões recorrentes e interdependentes associadas ao desenvolvimento das cidades inteligentes: Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual, Mobilidade Urbana Inteligente e Ecossistemas de Inovação.

A Inteligência Artificial emergiu como eixo central em virtude de sua recorrência na literatura científica, nos documentos estratégicos internacionais e nas percepções dos respondentes, sendo identificada como tecnologia estruturante para automação, análise preditiva, governança baseada em dados e apoio à tomada de decisão urbana. Os resultados estatísticos demonstraram associações significativas entre a percepção da influência da IA nas cidades inteligentes e a importância futura atribuída à tecnologia nos diferentes setores de atuação.

A Propriedade Intelectual foi incorporada como segundo eixo em razão da lacuna científica identificada na literatura e dos resultados obtidos na análise patentométrica. Observou-se que, embora as cidades inteligentes sejam amplamente estudadas sob a perspectiva tecnológica, ainda são limitadas as abordagens que integram ativos intangíveis, proteção de dados, algoritmos, softwares e mecanismos de apropriação da inovação. A análise dos bancos patentários evidenciou o papel crescente da propriedade intelectual como elemento estratégico para a geração de valor, competitividade e sustentabilidade dos ecossistemas urbanos.

A Mobilidade Urbana Inteligente foi selecionada por representar uma das áreas de aplicação mais consolidadas das tecnologias digitais nas cidades inteligentes. A literatura revisada, os

indicadores internacionais e os documentos institucionais analisados apontaram a mobilidade como dimensão prioritária para a utilização de dados urbanos, sensores, inteligência artificial e sistemas preditivos, constituindo ambiente privilegiado para avaliação da maturidade tecnológica e da capacidade de inovação das cidades.

Por sua vez, os Ecossistemas de Inovação emergiram como dimensão integradora capaz de conectar os diferentes atores envolvidos na produção, difusão e aplicação do conhecimento. A análise bibliométrica revelou forte associação entre inovação aberta, hélice tríplice, governança colaborativa e desenvolvimento urbano inteligente. Essa dimensão permite compreender a interação entre universidades, empresas, governo e sociedade civil, elemento essencial para a transformação digital sustentável dos territórios.

A escolha desses quatro eixos foi reforçada pelos resultados empíricos obtidos na pesquisa survey. A análise de agrupamento identificou três clusters de percepção distintos acerca da Inteligência Artificial e das cidades inteligentes, revelando diferentes níveis de maturidade, confiança tecnológica e percepção de impacto da inovação. Paralelamente, a análise hierárquica por dendrograma permitiu identificar três perfis sociotécnicos predominantes entre os respondentes, caracterizados por diferentes padrões de interação com tecnologia, inovação e governança digital.

A convergência entre os quatro eixos estruturantes e os três clusters de percepção possibilitou a construção de um modelo multidimensional capaz de representar simultaneamente os fatores tecnológicos, econômicos, institucionais e sociais que condicionam a evolução das cidades inteligentes. Dessa forma, os eixos não representam apenas categorias analíticas independentes, mas componentes integrados de um sistema sociotécnico complexo, posteriormente sintetizado pelo Índice de Maturidade Sociotécnica (IMSU).

10.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados neste capítulo são estruturados a partir de um conjunto integrado de indicadores, organizados em diferentes eixos analíticos que refletem as dimensões tecnológica, econômica, institucional e social das cidades inteligentes. Dentre eles, destacam-se os indicadores de maior peso sugerido, responsáveis por estruturar o modelo e orientar a interpretação dos achados empíricos. Esses indicadores permitem não apenas a análise isolada de variáveis, mas também a compreensão sistêmica das relações entre Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual, governança de dados e confiança social, sendo posteriormente integrados por meio do Índice de

Maturidade Sociotécnica (IMSU), que sintetiza o nível de desenvolvimento das cidades inteligentes analisadas.

Quadro 9 .- Sumário dos indicadores percebidos e Pesos sugeridos

Eixo	Índice	Explicação	Justificativa	Referência (autor-data)	Recursos	Stakeholders	Consequências
IA	IMPIA	Maturidade da IA	IA estruturante	(OECD, 2019)	Infra digital	Governo	Eficiência
IA	IAE	Alinhamento estratégico	Planejamento	(OECD, 2020)	Survey	Gestores	Coerência
IA	IIS-IA	Integração sistêmica	Ecossistema	(CARAGLIU et al., 2011)	Dados	Gov/empresas	Sinergia
IA	IIR	Intensidade relacional	Correlação	(HAIR et al., 2010)	Base estatística	Pesquisa	Sugestão
IA	ICA	Confiabilidade IA	Ética	(FLORIDI et al., 2018)	IA auditável	Governo	Confiança
PI	IGEAI	Gestão de ativos	PI estratégica	(WIPO, 2023)	Dados PI	ICTs	Inovação
PI	IPG-PI	Potencial PI	IA gera ativos	(OECD, 2019)	Dados	Empresas	Crescimento
PI	IIIP	Intensidade inovação	Base econômica	(SCHUMPETER, 1934)	Dados	Startups	Competitividade
PI	TPI-IA	Proteção IA	Segurança jurídica	(WIPO, 2023)	Registros	Jurídico	Segurança

PI	ITTU	Transferência tecnológica	Triple helix	(ETZKOWITZ, 2000)	Parcerias	Univ/Gov	Difusão
GOV	IGDU	Governança de dados	Base smart city	(ISO, 2019)	Infra	Governo	Eficiência
GOV	ICRIA	Regulação da IA	Segurança	(EU, 2021)	Normas	Estado	Confiança
GOV	IAD	Accountability digital	Transparência	(OECD, 2020)	Dados	Governo	Controle
GOV	ITA	Transparência IA	Ética	(FLORIDI et al., 2018)	IA	Sociedade	Confiança
GOV	IMC	Monitoramento	Gestão contínua	(WORLD BANK, 2021)	Sistemas	Governo	Ajustes
INOV	IIUA	Inovação aplicada	Implementação	(TOWNSEND, 2013)	Projetos	Gov/empresas	Impacto
INOV	IEPI	Efetividade inovação	Resultado	(OECD, 2020)	Dados	Governo	Eficiência
INOV	ICII	Capacidade institucional	Execução	(WORLD BANK, 2021)	Estrutura	Governo	Sustentação
INOV	IIM	Integração multissetorial	Cooperação	(ETZKOWITZ, 2000)	Redes	Todos	Sinergia
INOV	DAIU	Ativos urbanos	Conhecimento	(WIPO, 2023)	Dados	Empresas	Crescimento

SUST	IMIS	Mobilidade sustentável	ODS 11	(UNITED NATIONS, 2015)	Dados	Governo	Sustentabilidade
SUST	IEEI	Eficiência energética	ODS 7	(UNITED NATIONS, 2015)	Infra	Empresas	Eficiência
SUST	IRS	Rastreabilidade	ESG	(OECD, 2020)	Dados	Indústria	Transparência
SUST	IRP	Resiliência preditiva	Clima	(KITCHIN, 2014)	IA	Governo	Prevenção
SUST	TRU	Tempo recuperação	Resiliência	(ISO, 2019)	Dados	Defesa civil	Continuidade
ÉTICA	ICTU	Confiança tecnológica	Aceitação	(OECD, 2019)	Survey	População	Legitimidade
ÉTICA	TSPD	Segurança dados	Proteção	(WORLD BANK, 2021)	TI	Governo	Segurança
ÉTICA	ICA	Confiabilidade IA	Precisão	(FLORIDI et al., 2018)	IA	Governo	Segurança
ÉTICA	IAR	Adaptabilidade regulatória	Inovação	(OECD, 2020)	Normas	Estado	Atualização
ÉTICA	IIST	Impacto sociotécnico	IA+sociedade	(KITCHIN, 2014)	Dados	Sociedade	Bem-estar
MÉT	ICP	Consenso perceptivo	Validade	(FIELD, 2013)	Survey	Pesquisa	Robustez

MÉT	ICL	Coerência latente	Constructo	(HAIR et al., 2010)	Dados	Acadêmicos	Qualidade
MÉT	IQEM	Qualidade modelo	Rigor	(HAIR et al., 2010)	Base	Pesquisa	Credibilidade
MÉT	IRCX	Redução complexidade	Síntese	(JANNUZZI, 2012)	Dados	Pesquisa	Clareza
MÉT	IEP	Estabilidade	Consistência	(FIELD, 2013)	Dados	Pesquisa	Confiabilidade
SINT	IMSU	Maturidade geral	Integração	(COHEN, 2014)	Dados	Todos	Avaliação
SINT	IGIPU	Governança PI urbana	IA+PI	(WIPO, 2023)	Dados	Governo	Estratégia
SINT	IID-PI	Implementação PI	Aplicação	(WIPO, 2023)	Normas	Estado	Efetividade
SINT	TAI	Adoção institucional	Difusão	(WORLD BANK, 2021)	Estrutura	Instituições	Escala
SINT	IMC	Monitoramento contínuo	Controle	(OECD, 2020)	Sistemas	Governo	Ajustes
ADAPT	IPRIA	Prontidão IA	Capacidade real	(OECD, 2019)	Infra	Governo	Implementação
ADAPT	IAP-IA	Assimetria perceptiva	Diferenças	(OECD, 2020)	Survey	Sociedade	Inclusão

ADAPT	IDT-IA	Dependência tecnológica	Soberania	(WORLD BANK, 2021)	Dados	Governo	Autonomia
ADAPT	IMDA-IA	Decisão com IA	Automação	(EUROPEAN COMMISSION, 2021)	IA	Governo	Eficiência
ADAPT	IRP-IA	Risco IA	Percepção	(FLORIDI et al., 2018)	Survey	Sociedade	Regulação
ADAPT	ICR	Complexidade regulatória	Direito	(EUROPEAN COMMISSION, 2021)	Normas	Estado	Segurança
ADAPT	IIUD	Uso intensivo de dados	Data-driven	(WORLD BANK, 2021)	Dados	Governo	Eficiência
ADAPT	ICAU	Capacidade adaptativa	Resiliência	(KITCHIN, 2014)	IA	Governo	Ajuste
ADAPT	IVP-IA	Valor público IA	Bem-estar	(OECD, 2019)	Dados	Sociedade	Impacto
ADAPT	IDEI	Ecossistema inovação	Triple helix	(ETZKOWITZ, 2000)	Dados	Universidades	Crescimento

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

Assim, a partir dos clusters percebidos e eixos definidos da pesquisa foi possível sintetizar os indicadores na figura 26, que justamente apresenta a estrutura conceitual do Modelo de Maturidade Sociotécnica proposto nesta pesquisa. O modelo foi construído a partir da convergência entre os resultados da revisão sistemática da literatura, da análise bibliométrica, da patentometria, da pesquisa documental e dos achados empíricos obtidos por meio do survey realizado com 111 respondentes. A integração dessas diferentes fontes de evidência permitiu identificar quatro eixos estruturantes considerados fundamentais para o desenvolvimento das cidades inteligentes:

Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual, Mobilidade Urbana Inteligente e Ecossistemas de Inovação, vide:

Figura 26. – Estrutura integrada dos eixos, pilares e perfis sociotécnicos do Modelo de Maturidade Sociotécnica para Cidades Inteligentes (IMSU).



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

Esses eixos representam dimensões complementares e interdependentes do ambiente urbano contemporâneo. A Inteligência Artificial constitui a base tecnológica para automação, análise preditiva e suporte à tomada de decisão; a Propriedade Intelectual representa o mecanismo de proteção, valorização e difusão dos ativos intangíveis gerados pela inovação; a Mobilidade Urbana Inteligente configura uma das principais aplicações práticas das tecnologias digitais no contexto das cidades inteligentes; e os Ecossistemas de Inovação articulam os diferentes atores responsáveis pela geração, compartilhamento e aplicação do conhecimento.

A interação entre esses quatro pilares converge para a formação do Índice de Maturidade Sociotécnica (IMSU), concebido como indicador sintético capaz de integrar dimensões tecnológicas, econômicas, institucionais e sociais em uma única estrutura analítica. O IMSU funciona como elemento central do modelo, permitindo avaliar o grau de desenvolvimento das cidades inteligentes a partir de uma perspectiva sistêmica e multidimensional.

Adicionalmente, o modelo incorpora os resultados da análise de agrupamentos (clusters) e do agrupamento hierárquico representado pelo dendrograma, os quais permitiram identificar três perfis sociotécnicos predominantes entre os respondentes. Esses perfis refletem diferentes níveis de percepção, maturidade tecnológica, confiança institucional e predisposição à adoção de soluções baseadas em Inteligência Artificial. Dessa forma, a estrutura apresentada busca representar a dinâmica de interação entre tecnologia, inovação, governança e sociedade, fornecendo uma base conceitual para a construção dos indicadores e para a avaliação integrada da inteligência urbana.

A partir desse modelo, é possível construir justamente a figura 27, analisando-se a governança e o impacto/implicação e aplicação dos indicadores no ambiente urbano.

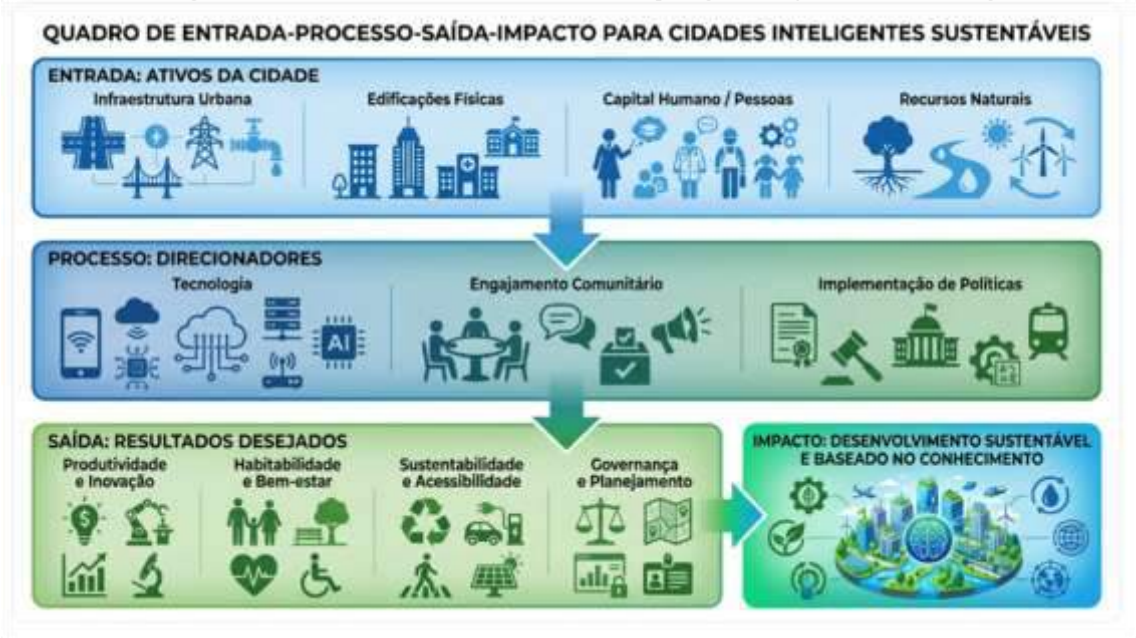
Figura 27 . – Integração dos Eixos dos indicadores para governança das cidades inteligentes



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

E sequencialmente é possível visualizar num framework/quadro (figura 28) a articulação entre os eixos e Clusters percebidos na pesquisa e os indicadores e KPIs (*key-performance indicators*) iniciais de entrada, intermediários de processo, finais de saída e consequentes de impacto relativamente às cidades inteligentes:

Figura 28 . – Quadro framework de clusters-KPIs para governança das cidades inteligentes



Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Silva et al. (2023), Baherr et al. (2020) e NotebookLM (2026).

Os resultados apresentados evidenciam padrões consistentes e relações significativas entre os indicadores analisados, especialmente aqueles de maior peso sugerido no modelo. A partir desses achados, a seção seguinte aprofunda a interpretação dos resultados à luz da literatura, buscando compreender suas implicações teóricas e práticas no contexto das cidades inteligentes, com ênfase na integração entre Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual, governança de dados e confiança social.

Releva mencionar que os pesos sugeridos aos indicadores não foram definidos de forma arbitrária, mas estabelecidos a partir de um processo de triangulação teórica, documental e empírica. Inicialmente, realizou-se análise da literatura especializada sobre cidades inteligentes, governança digital, Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual e construção de indicadores compostos, identificando as dimensões consideradas estruturantes pelos principais organismos internacionais e autores de referência.

Foram particularmente considerados os referenciais da OECD (2019, 2020), World Bank (2021), WIPO (2023), ISO 37120, ISO 37122 e ISO 37123, além das contribuições teóricas de Cohen (2014), Caragliu, Del Bo e Nijkamp (2011), Kitchin (2014), Floridi et al. (2018) e Jannuzzi (2012). Esses documentos convergem ao reconhecer a governança de dados, a capacidade institucional, a inovação tecnológica, a gestão de ativos intangíveis e a confiança social como fatores críticos para o desenvolvimento sustentável das cidades inteligentes.

Em um segundo momento, os resultados empíricos obtidos na pesquisa, incluindo análises de correlação, regressão linear, formação de clusters e avaliação da consistência interna dos constructos, foram utilizados para verificar a relevância relativa das dimensões investigadas. Indicadores associados a variáveis que apresentaram maior centralidade conceitual, recorrência na literatura e capacidade explicativa receberam pesos superiores.

Assim, os pesos de 0,25 foram sugeridos aos indicadores considerados nucleares para a operacionalização do modelo — especialmente aqueles relacionados à maturidade sociotécnica, governança de dados, gestão de ativos intangíveis e confiança tecnológica. Os pesos de 0,20 representam indicadores estruturantes de suporte, amplamente reconhecidos na literatura como determinantes da inteligência urbana. Já os pesos de 0,15 e 0,10 foram sugeridos a indicadores complementares, relevantes para a análise, mas com função predominantemente moderadora, contextual ou adaptativa.

Ressalta-se que os pesos sugeridos possuem natureza exploratória e podem ser ajustados em aplicações futuras mediante utilização de técnicas multicritério, como o Analytic Hierarchy Process (AHP), Processo Analítico em Rede (ANP), Best-Worst Method (BWM), Delphi ou Modelagem de Equações Estruturais, permitindo refinamento progressivo da estrutura de ponderação do modelo.

10.5 DISCUSSÕES

A partir dos resultados apresentados, torna-se possível avançar para uma análise integrada dos indicadores, buscando compreender como suas inter-relações estruturam o modelo proposto. Nesse sentido, a discussão concentra-se na identificação dos pilares centrais que sustentam a maturidade sociotécnica das cidades inteligentes, evidenciando a articulação entre dimensões tecnológicas, econômicas, institucionais e sociais.

10.5.1 Síntese analítica dos pilares estruturais do modelo

A análise integrada dos indicadores permite identificar que o modelo proposto se organiza a partir de quatro pilares centrais interdependentes, os quais estruturam a compreensão das cidades inteligentes enquanto sistemas sociotécnicos complexos: tecnológico, econômico, institucional e social. Esses pilares não operam de forma isolada, mas articulam-se dinamicamente, sendo integrados pelo Índice de Maturidade Sociotécnica (IMSU), que atua como indicador síntese.

O pilar tecnológico, representado pelos indicadores IMPIA (maturidade da Inteligência Artificial), IGDU (governança de dados urbanos) e IIS-IA (integração sistêmica da IA), evidencia que a infraestrutura digital e a capacidade de processamento e uso de dados constituem a base operacional das cidades inteligentes. Conforme argumenta Kitchin (2014), os dados e as tecnologias digitais configuram-se como elementos estruturantes da gestão urbana contemporânea, viabilizando processos de monitoramento, automação e tomada de decisão baseada em evidências. Nesse contexto, a Inteligência Artificial emerge como tecnologia de propósito geral, capaz de potencializar a eficiência e a responsividade dos sistemas urbanos (OECD, 2019).

O pilar econômico, ancorado nos indicadores IGEAI (gestão de ativos intangíveis) e IPG-PI (potencial de geração de propriedade intelectual), reflete a centralidade da economia do conhecimento nas cidades inteligentes. A valorização de ativos intangíveis, como algoritmos, softwares e bases de dados, evidencia a transição para modelos produtivos baseados em inovação e tecnologia. De acordo com a World Intellectual Property Organization (WIPO, 2023), a propriedade

intelectual desempenha papel fundamental na estruturação de ecossistemas inovadores, funcionando como mecanismo de proteção, incentivo e difusão do conhecimento tecnológico.

O pilar institucional, representado pelos indicadores ICII (capacidade institucional), ICRIA (regulação da Inteligência Artificial) e IAR (adaptabilidade regulatória), destaca a importância das estruturas de governança e da capacidade estatal para implementar, regular e adaptar políticas públicas em contextos de rápida transformação tecnológica. A literatura enfatiza que a efetividade das cidades inteligentes depende da existência de instituições robustas, capazes de integrar inovação, regulação e coordenação multissetorial (WORLD BANK, 2021; OECD, 2020). A adaptabilidade regulatória, em particular, assume relevância diante da velocidade de evolução da IA, exigindo marcos normativos flexíveis e responsivos.

O pilar social, composto pelos indicadores ICTU (confiança tecnológica urbana) e IVP-IA (valor público da Inteligência Artificial), evidencia que a legitimidade e a aceitação social são condições essenciais para a consolidação de cidades inteligentes. A confiança da população nas tecnologias e nas instituições que as utilizam está diretamente associada à transparência, à ética e à percepção de benefícios concretos gerados pela inovação (FLORIDI et al., 2018; OECD, 2019). Além disso, a geração de valor público por meio da IA reforça a necessidade de orientar o desenvolvimento tecnológico para o bem-estar coletivo e a redução de desigualdades, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (UNITED NATIONS, 2015).

A articulação desses quatro pilares é sintetizada pelo Índice de Maturidade Sociotécnica (IMSU), que integra as dimensões tecnológica, econômica, institucional e social em uma métrica única, permitindo a avaliação sistêmica da inteligência urbana. Conforme destaca Jannuzzi (2012), indicadores sintéticos são instrumentos fundamentais para a análise de fenômenos complexos, pois possibilitam a agregação de múltiplas variáveis em uma estrutura interpretativa coerente. Nesse sentido, o IMSU não apenas consolida os resultados empíricos, mas também oferece uma ferramenta analítica para a comparação entre contextos urbanos e para o apoio à tomada de decisão baseada em evidências.

Dessa forma, a síntese analítica evidencia que o desenvolvimento de cidades inteligentes depende da convergência entre tecnologia, inovação econômica, capacidade institucional e legitimidade social, configurando um modelo integrado que ultrapassa abordagens fragmentadas e reforça a natureza multidimensional da inteligência urbana. Também, a análise dos pesos sugeridos aos indicadores evidencia a centralidade de quatro dimensões estruturantes: governança de dados,

gestão de ativos intangíveis, maturidade sociotécnica e confiança tecnológica. Esses elementos constituem o núcleo do modelo proposto, sendo complementados por indicadores estratégicos relacionados à inteligência artificial, inovação urbana e capacidade institucional, os quais, em conjunto, sustentam a compreensão integrada das cidades inteligentes como sistemas sociotécnicos orientados por dados e inovação.

10.5.2 Análise dos indicadores de maior peso sugerido (núcleo do modelo)

A análise dos resultados evidencia a existência de um núcleo estruturante composto por quatro indicadores centrais, os quais concentram os maiores pesos sugeridos no modelo analítico proposto: o Índice de Maturidade Sociotécnica (IMSU), o Índice de Gestão de Ativos Intangíveis (IGEAI), o Índice de Governança de Dados Urbanos (IGDU) e o Índice de Confiança Tecnológica Urbana (ICTU). Esses indicadores configuram-se como pilares fundamentais para a compreensão das cidades inteligentes enquanto sistemas sociotécnicos complexos, orientados por dados, inovação e governança.

A sugestão de pesos diferenciados reflete a relevância teórica e operacional dos indicadores no contexto das cidades inteligentes. Os maiores pesos (0,25) foram sugeridos ao Índice de Maturidade Sociotécnica (IMSU), ao Índice de Gestão de Ativos Intangíveis (IGEAI), ao Índice de Governança de Dados Urbanos (IGDU) e ao Índice de Confiança Tecnológica Urbana (ICTU), uma vez que a literatura internacional os identifica como elementos centrais para a transformação digital sustentável. A OECD (2019; 2020), a WIPO (2023) e o World Bank (2021) convergem ao destacar que dados, inovação, ativos intangíveis, capacidade institucional e confiança pública constituem os principais fatores habilitadores da inteligência urbana. Dessa forma, esses indicadores assumem papel estruturante no modelo, funcionando como elementos de integração entre as dimensões tecnológica, econômica, institucional e social.

O IMSU (Índice de Maturidade Sociotécnica) assume papel central ao sintetizar as múltiplas dimensões do modelo, integrando aspectos tecnológicos, institucionais e sociais. Tal perspectiva encontra respaldo na literatura que compreende as cidades inteligentes como ecossistemas interdependentes, nos quais infraestrutura digital, capital humano e governança interagem de forma dinâmica (COHEN, 2014; CARAGLIU; DEL BO; NIJKAMP, 2011). A maturidade sociotécnica, nesse sentido, não se limita à adoção tecnológica, mas reflete a capacidade de articulação entre

atores, sistemas e políticas públicas, reforçando a ideia de inteligência urbana como fenômeno integrado.

No campo econômico e jurídico, o IGEAI (Índice de Gestão de Ativos Intangíveis) destaca-se como elemento estruturante ao evidenciar o papel da propriedade intelectual na organização e valorização da inovação urbana. A literatura contemporânea aponta que, em economias baseadas no conhecimento, os ativos intangíveis — incluindo patentes, softwares, algoritmos e bases de dados — constituem o principal vetor de competitividade e desenvolvimento (WIPO, 2023; OECD, 2019).Nesse contexto, a gestão eficiente desses ativos torna-se condição necessária para a consolidação de ecossistemas urbanos inovadores, especialmente quando articulados à Inteligência Artificial.

Adicionalmente, o IGDU (Índice de Governança de Dados Urbanos) revela a centralidade dos dados como infraestrutura essencial das cidades inteligentes. A governança de dados envolve não apenas a coleta e o processamento de informações, mas também aspectos relacionados à interoperabilidade, segurança, transparência e uso ético (ISO, 2019; WORLD BANK, 2021). Conforme destacado por Kitchin (2014), os dados urbanos configuram-se como elemento estruturante das dinâmicas contemporâneas, possibilitando desde a gestão eficiente de serviços públicos até a tomada de decisão baseada em evidências. Assim, a qualidade da governança de dados impacta diretamente a capacidade de implementação de políticas inteligentes e adaptativas.

Por sua vez, o ICTU (Índice de Confiança Tecnológica Urbana) introduz a dimensão social no núcleo do modelo, ao mensurar o nível de confiança da população em relação às tecnologias implementadas no contexto urbano. A confiança constitui elemento indispensável para a legitimação da governança digital e para a aceitação social da Inteligência Artificial, especialmente em cenários que envolvem coleta massiva de dados e automação decisória (OECD, 2019; FLORIDI et al., 2018). Sem confiança, a adoção tecnológica tende a enfrentar resistências, comprometendo a efetividade das políticas públicas e a sustentabilidade dos sistemas inteligentes.

A integração desses quatro indicadores evidencia a existência de quatro dimensões estruturantes interdependentes: tecnológica (dados), econômica (ativos intangíveis), institucional (maturidade sociotécnica) e social (confiança). Essa configuração reforça a abordagem multidimensional das cidades inteligentes, alinhada aos princípios da Agenda 2030 e aos debates contemporâneos sobre governança digital, inovação e sustentabilidade (UNITED NATIONS, 2015).

Dessa forma, o núcleo formado por IMSU, IGEAI, IGDU e ICTU não apenas sintetiza os resultados empíricos da pesquisa, mas também oferece uma estrutura analítica robusta para a compreensão e avaliação da inteligência urbana, evidenciando que o desenvolvimento de cidades inteligentes depende da convergência entre tecnologia, regulação, inovação e legitimidade social.

Adicionalmente, destaca-se que o Índice de Maturidade Sociotécnica (IMSU), ao assumir a função de indicador sintético do modelo, consolida e integra as múltiplas dimensões analisadas, operando como métrica agregadora da inteligência urbana. Sua construção permite não apenas a leitura isolada de variáveis, mas sobretudo a compreensão sistêmica das interações entre governança de dados, gestão de ativos intangíveis, adoção tecnológica e confiança social. Tal abordagem encontra respaldo em modelos contemporâneos de avaliação urbana que enfatizam a necessidade de indicadores compostos para capturar fenômenos complexos e multidimensionais (COHEN, 2014; JANNUZZI, 2012). Nesse sentido, o IMSU desempenha papel estratégico ao viabilizar comparações entre contextos urbanos, apoiar processos decisórios e orientar a formulação de políticas públicas baseadas em evidências, configurando-se como elemento-chave para a operacionalização do conceito de cidades inteligentes enquanto sistemas sociotécnicos integrados.

Cabe ressaltar que, embora o conjunto de indicadores proposto apresente elevada coerência interna e capacidade explicativa, sua aplicação envolve limitações inerentes à natureza perceptiva dos dados e ao recorte amostral, podendo influenciar a generalização dos resultados (FIELD, 2013; HAIR et al., 2010). Ainda assim, a construção de indicadores sintéticos e multidimensionais mostrou-se adequada para captar a complexidade das cidades inteligentes, permitindo integrar dimensões tecnológicas, econômicas, institucionais e sociais em uma estrutura analítica consistente (JANNUZZI, 2012). Ademais, os achados reforçam a relevância da Inteligência Artificial como tecnologia estruturante e da propriedade intelectual como mecanismo de organização da inovação, ao mesmo tempo em que evidenciam a centralidade da governança de dados e da confiança social para a efetividade das políticas urbanas (OECD, 2019; WIPO, 2023).

10.5.3 Diretrizes para Aplicação do Modelo de Maturidade Sociotécnica

A aplicação do Modelo de Indicadores de Maturidade Sociotécnica em cidades inteligentes requer a adoção de diretrizes estruturadas que assegurem sua operacionalização consistente, comparabilidade analítica e utilidade para a formulação de políticas públicas orientadas por evidências. Inicialmente, recomenda-se a adaptação contextual dos indicadores às especificidades locais, considerando variáveis institucionais, capacidade tecnológica instalada e nível de

governança de dados, evitando a aplicação rígida de métricas padronizadas em contextos heterogêneos (JANNUZZI, 2012; OECD, 2020).

Em seguida, destaca-se a necessidade de integração entre fontes de dados, incluindo bases administrativas, dados urbanos em tempo real e percepções coletadas via instrumentos como surveys, garantindo maior robustez analítica e aderência à complexidade dos sistemas sociotécnicos urbanos (KITCHIN, 2014; WORLD BANK, 2021). A interoperabilidade e a qualidade dos dados constituem condições essenciais para a confiabilidade dos indicadores, especialmente aqueles relacionados à Inteligência Artificial e à governança algorítmica.

Adicionalmente, recomenda-se a utilização de técnicas de normalização e agregação para construção de índices sintéticos, como o Índice de Maturidade Sociotécnica (IMSU), assegurando consistência metodológica e comparabilidade entre diferentes contextos urbanos (JANNUZZI, 2012). A sugestão de pesos aos indicadores considera tanto evidências empíricas quanto validação teórica, podendo incorporar métodos multicritério quando aplicável.

No campo institucional, a aplicação do modelo demanda a existência de estruturas de governança capazes de coordenar múltiplos stakeholders, incluindo setor público, setor privado, academia e sociedade civil, em consonância com abordagens de inovação aberta e modelos de hélice tríplice (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000; OECD, 2019). A articulação entre esses atores é fundamental para viabilizar a implementação de políticas integradas e sustentáveis.

Outro aspecto central refere-se à incorporação de princípios éticos e regulatórios, especialmente no uso de Inteligência Artificial, incluindo transparência, accountability, mitigação de vieses e proteção de dados pessoais, em alinhamento com diretrizes internacionais de governança digital (FLORIDI et al., 2018; OECD, 2019). Nesse sentido, a confiança tecnológica emerge como variável crítica para a aceitação social e efetividade das soluções implementadas.

Recomenda-se que a aplicação do modelo seja acompanhada por mecanismos contínuos de monitoramento e avaliação, permitindo ajustes dinâmicos e evolução adaptativa dos sistemas urbanos, em linha com abordagens de governança baseada em evidências e aprendizagem institucional (WORLD BANK, 2021). A utilização periódica do modelo possibilita não apenas diagnóstico, mas também acompanhamento da trajetória de maturidade sociotécnica, contribuindo para o aprimoramento contínuo das cidades inteligentes.

10.6 CONCLUSÃO

O presente trabalho consolidou a proposição de um modelo de indicadores voltado à avaliação da maturidade sociotécnica em cidades inteligentes, estruturado a partir de uma abordagem multidimensional que integra Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual, governança de dados e dimensões institucionais e sociais. A construção do modelo permitiu organizar, de forma sistemática, variáveis complexas em um arcabouço analítico coerente, capaz de refletir a natureza dinâmica e interdependente dos sistemas urbanos contemporâneos.

A análise evidenciou que a maturidade das cidades inteligentes não pode ser compreendida de maneira isolada ou estritamente tecnológica, mas deve ser interpretada como resultado da articulação entre capacidades institucionais, estruturas regulatórias, gestão de ativos intangíveis, infraestrutura de dados e níveis de confiança social. Nesse sentido, o modelo proposto contribui ao oferecer uma leitura integrada desses elementos, superando abordagens fragmentadas e permitindo maior precisão na avaliação de contextos urbanos distintos.

Além disso, a utilização de indicadores sintéticos mostrou-se relevante para a redução da complexidade analítica e para a construção de métricas comparáveis, mantendo, contudo, a profundidade interpretativa necessária à análise de fenômenos sociotécnicos (JANNUZZI, 2012). A integração dos diferentes eixos por meio de um índice agregador reforça o potencial do modelo como instrumento de apoio à tomada de decisão, ao planejamento estratégico e à formulação de políticas públicas orientadas por evidências.

Destaca-se, nesse contexto, a centralidade dos indicadores de maior peso — especialmente o Índice de Maturidade Sociotécnica (IMSU), o Índice de Gestão de Ativos Intangíveis (IGEAI), o Índice de Governança de Dados Urbanos (IGDU) e o Índice de Confiança Tecnológica Urbana (ICTU) — como elementos estruturantes do modelo analítico. Esses indicadores evidenciam que o desenvolvimento de cidades inteligentes não depende exclusivamente da adoção tecnológica, mas da articulação entre capacidades institucionais, gestão estratégica da inovação, infraestrutura de dados e legitimidade social.

A síntese analítica revelou a existência de quatro pilares fundamentais — tecnológico, econômico, institucional e social — cuja integração é condição necessária para a consolidação de ecossistemas urbanos inteligentes. Nesse sentido, a Inteligência Artificial se afirma como tecnologia estruturante, capaz de potencializar a eficiência e a capacidade preditiva da gestão urbana (OECD, 2019), enquanto a propriedade intelectual atua como mecanismo de organização e valorização da

inovação, especialmente em contextos orientados por dados (WIPO, 2023). Paralelamente, a governança de dados e a confiança social emergem como dimensões críticas, condicionando a efetividade e a sustentabilidade das soluções tecnológicas implementadas (KITCHIN, 2014; FLORIDI et al., 2018).

O modelo de indicadores de maturidade sociotécnica apresenta-se como uma contribuição teórico-metodológica ao campo das cidades inteligentes, ao articular dimensões tecnológicas, econômicas, institucionais e sociais em uma estrutura analítica unificada. Tal abordagem amplia as possibilidades de análise e intervenção nos contextos urbanos, oferecendo subsídios para o desenvolvimento de cidades mais eficientes, inovadoras, inclusivas e sustentáveis.

10.7 REFERÊNCIAS

ABNT. *NBR ISO 14001:2015* – Sistemas de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT. *NBR ISO 14040:2009* – Gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida – princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABNT. *NBR ISO 14044:2009* – Gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABNT. *NBR ISO 37120:2021* – Desenvolvimento sustentável de comunidades: indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT. *NBR ISO 37122:2020* – Cidades inteligentes: indicadores para cidades inteligentes. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ABNT. *NBR ISO 37123:2019* – Cidades resilientes: indicadores para cidades resilientes. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BRASIL. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2010.

BRASIL. *Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012*. Política Nacional de Mobilidade Urbana. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2012.

BRASIL. *Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018*. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2018.

BRASIL. *Projeto de Lei nº 2.338/2023*. Marco Legal da Inteligência Artificial no Brasil. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2023.

CARAGLIU, Andrea; DEL BO, Chiara; NIJKAMP, Peter. Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011.

CHEN, Min et al. Smart cities: definitions, architectures, technologies, and applications. *IEEE Internet of Things Journal*, v. 4, n. 2, p. 1–14, 2017.

COHEN, Boyd. *The Smart City Wheel: a framework for smart city development*. 2014.

ELKINGTON, John. *Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business*. Oxford: Capstone, 1997.

ETZKOWITZ, Henry; LEYDESDORFF, Loet. *The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university–industry–government relations*. Research Policy, v. 29, n. 2, p. 109–123, 2000.

EUROPEAN COMMISSION. *A European strategy for data*. Brussels, 2020.

FLORIDI, Luciano et al. AI4People—An ethical framework for a good AI society. *Minds and Machines*, v. 28, n. 4, p. 689–707, 2018.

GARTNER. *Top strategic technology trends*. Stamford: Gartner Research, 2023.

ISO. International Organization for Standardization. *ISO 37122: Sustainable cities and communities — Indicators for smart cities*. Geneva, 2019.

KITCHIN, Rob. The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal*, v. 79, n. 1, p. 1–14, 2014.

KITCHIN, Rob. *The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences*. London: Sage, 2014.

OECD. *Artificial Intelligence in Society*. Paris: OECD Publishing, 2019.

OECD. *Smart cities and inclusive growth*. Paris: OECD Publishing, 2020.

OECD. *The OECD Digital Government Policy Framework*. Paris: OECD Publishing, 2020.

PORTER, Michael E.; KRAMER, Mark R. Creating shared value. *Harvard Business Review*, v. 89, n. 1-2, p. 62–77, 2011.

UNITED NATIONS. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: UN, 2015.

WIPO. World Intellectual Property Organization. *World Intellectual Property Report 2023: The Direction of Innovation*. Geneva, 2023.

WORLD BANK. *World Development Report 2021: Data for Better Lives*. Washington, DC, 2021.

11. CONCLUSÃO GERAL

O estudo revela que a PI desempenha um papel crucial na orientação das potencialidades dos ecossistemas de inovação, particularmente na implementação de novas Tecnologias e Inovações nas cidades inteligentes. A proteção adequada de patentes, direitos autorais e demais figuras assegura um ambiente de inovação ao assegurar que os inventores e criadores obtenham reconhecimento e retorno financeiro por suas inovações. Em ecossistemas de cidades inteligentes, a gestão eficaz da PI permite uma melhor coordenação entre os diversos stakeholders, incluindo empresas, instituições acadêmicas e governos, promovendo uma cultura de inovação contínua. A PI não apenas protege as invenções e ideias, mas também estimula a colaboração interinstitucional e o investimento em novas tecnologias, essencial para a prosperidade dos ecossistemas de inovação e urbanos inteligentes.

A pesquisa observa e considera que a IA oferece grandes potencialidades para aprimorar a mobilidade urbana na implementação de novas CIs. Algoritmos de IA, como os de aprendizado de máquina e análise preditiva, podem otimizar sistemas de transporte, melhorar a eficiência dos fluxos de tráfego e reduzir congestionamentos e tempo e distâncias de *commuting*, dentre outros fatores. Além disso, a IA pode integrar dados em tempo real para aprimorar a gestão do transporte público e apoiar o desenvolvimento de soluções de mobilidade sustentável. Em cidades inteligentes, a aplicação de IA na mobilidade não só melhora a qualidade de vida dos cidadãos, mas também promove um desenvolvimento urbano mais eficiente e sustentável.

A pesquisa buscou evidenciar que a IA exerce uma influência distintiva e multifacetada sobre as CI, afetando vários aspectos, incluindo negócios, indústria, trabalho, gestão, segurança, educação e meio ambiente. A IA atua como um vetor normativo que molda o desenvolvimento urbano e a infraestrutura das cidades inteligentes, oferecendo soluções inovadoras para problemas complexos e promovendo a governança e a sustentabilidade. A capacidade da IA de analisar grandes volumes de dados e fornecer insights acionáveis permite uma abordagem mais eficiente e responsiva para a gestão urbana, influenciando positivamente a qualidade dos serviços e a estrutura das cidades. Ademais, a análise indica que a IA tem um impacto significativo nos parâmetros e índices críticos das CI, incluindo informação, confiabilidade, digitalização, empreendedorismo, economia, lucratividade, publicidade, tecnologia, tomada de decisão e análise de dados. A IA facilita a digitalização e a integração de processos, melhora potencialmente a confiabilidade dos sistemas através de análises preditivas e otimiza a tomada de decisões com base em dados.

O empreendedorismo e a economia também são beneficiados pela IA, que gera novas oportunidades de negócios e inovações tecnológicas. Esses impactos demonstram que a IA não apenas apoia, mas transforma os parâmetros e operações das e nas CI, promovendo um avanço significativo na gestão e desenvolvimento desses contextos. Essas conclusões fornecem uma visão abrangente sobre como a PI e a IA interagem com as cidades inteligentes, destacando suas contribuições e influências nos aspectos de Mobilidade e ecossistemas de inovação.

A presente tese partiu da premissa de que a consolidação da Inteligência Artificial (IA) como tecnologia de propósito geral está reconfigurando simultaneamente os processos de inovação, os modelos de governança urbana e os regimes de apropriação do conhecimento, especialmente no contexto das cidades inteligentes. Ao longo da investigação teórica e empírica, demonstrou-se que a interação entre IA, propriedade intelectual (PI) e inovação urbana não constitui mera sobreposição temática, mas sim um campo estruturante de disputas normativas, econômicas e institucionais que redefine a própria arquitetura da governança contemporânea.

Do ponto de vista teórico, a IA deve ser compreendida como tecnologia estruturante capaz de produzir efeitos sistêmicos e encadeamentos intersetoriais, conforme caracterização de tecnologias de propósito geral (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2017). Adicionalmente, no ambiente urbano, essa característica manifesta-se na incorporação de sistemas algorítmicos à gestão da mobilidade, segurança, energia e planejamento territorial, configurando o paradigma de um urbanismo orientado por dados (KITCHIN, 2014; TOWNSEND, 2013). Ao contrário de abordagens tecnocráticas que enfatizam exclusivamente ganhos de eficiência, esta tese evidenciou que a adoção da IA nas cidades

inteligentes depende diretamente de arranjos institucionais, capacidade estatal e estruturas regulatórias adequadas, conforme já sugerido por Caragliu, Del Bo e Nijkamp (2011).

A análise comparativa da produção científica nacional e internacional revelou assimetrias estruturais importantes. No cenário internacional, predomina abordagem orientada à aplicação técnica da IA e à competitividade urbana, com maior incidência de estudos quantitativos e experimentais. No Brasil, por sua vez, a literatura apresenta forte ênfase normativa, crítica e institucional, concentrando-se em aspectos regulatórios e administrativos, visando trazer segurança jurídica e proteção de direitos fundamentais e humanos com destaque à propriedade intelectual. Essa constatação confirma a existência de lacuna metodológica na produção nacional, marcada pela baixa utilização de métodos quantitativos e multivariados, especialmente na análise integrada entre IA, propriedade intelectual e cidades inteligentes.

A investigação empírica realizada por meio de *survey* (questionário) com análise de clusters permitiu avançar além do plano teórico, identificando padrões concretos de percepção. Os resultados demonstraram a existência de agrupamentos distintos relativos à maturidade regulatória e estratégica quanto à adoção da IA bem como à proteção de ativos intangíveis. Ambientes institucionais mais estruturados, com políticas claras de governança de dados e maior compreensão dos instrumentos de propriedade intelectual, apresentaram maior alinhamento entre inovação tecnológica e segurança jurídica. Em contrapartida, contextos com menor consolidação normativa evidenciaram percepções mais acentuadas de risco, insegurança quanto à titularidade e responsabilidade por criações e invenções inclusive baseadas em IA e preocupações relacionadas à ética e à proteção de dados, dentre outros fatores possíveis de detalhamento.

Essa diferenciação empírica confirma que a propriedade intelectual não pode ser analisada isoladamente como mecanismo de exclusividade econômica. Conforme destacado pela WIPO (2017), os ativos intangíveis são centrais na economia global, e sua governança influencia diretamente a competitividade e o desenvolvimento territorial. No contexto das cidades inteligentes, algoritmos, bases de dados e softwares constituem infraestruturas críticas, cujo regime de proteção exige e impacta tanto a inovação quanto o interesse público. Nesse contexto, tese vai avançando ao demonstrar que regimes excessivamente restritivos de PI podem produzir efeitos contraproducentes em ambientes urbanos e inteligentes baseados em dados, limitando a difusão tecnológica e comprometendo políticas públicas orientadas por evidências. Por outro lado, ausência de proteção adequada pode desestimular investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Tal ambivalência confirma a necessidade de equilíbrio regulatório, conforme argumentam Bessen (2019) e Gervais

(2020), especialmente diante de criações e/ou invenções parcialmente automatizadas por sistemas inteligentes.

Outro eixo central da conclusão refere-se à dimensão sociotécnica e ética da IA, a qual não se pode deixar de mencionar. A consolidação da governança algorítmica exige mecanismos de transparência, explicabilidade e responsabilização, e aplicabilidade, sob pena de "erosão" da confiança institucional (FLORIDI et al., 2018). As preocupações empíricas identificadas na pesquisa dialogam diretamente com as advertências de O'Neil (2016) e Eubanks (2018) acerca dos riscos de reprodução de desigualdades por sistemas automatizados, dentre outros fatores relativos ao controle e exigência sociais. Assim, a inovação urbana baseada em IA não pode ser dissociada de indicadores mensuráveis, bem como de princípios democráticos e de proteção de direitos fundamentais e de propriedade intelectual.

A principal contribuição diferenciada desta tese reside na proposição de que a propriedade intelectual, na era da IA, deve ser compreendida como mecanismo de governança da inovação urbana, e não apenas como instrumento de proteção individual de autores, criadores, inventores, titulares e/ou empresas. Essa reinterpretação desloca o debate da exclusividade econômica para a coordenação institucional. A PI passa a desempenhar função estruturante na organização dos fluxos de conhecimento, na definição de incentivos e na mediação entre interesse público e iniciativa privada dentro dos ecossistemas urbanos inteligentes.

Adicionalmente, a utilização de análise de clusters permitiu identificar empiricamente níveis diferenciados de maturidade institucional, contribuindo com subsídios objetivos para formulação de políticas públicas diferenciadas. Em vez de soluções regulatórias uniformes, a tese parte da sugestão de modelos graduais e adaptativos, ajustados às capacidades institucionais locais. Tal abordagem é particularmente relevante para o contexto brasileiro, caracterizado por heterogeneidade territorial e desigualdades estruturais.

Conclui-se, portanto, que a articulação entre Inteligência Artificial, propriedade intelectual e cidades inteligentes exige modelos regulatórios integrados, capazes de equilibrar incentivo à inovação, segurança jurídica, ética algorítmica, Mobilidade urbana e desenvolvimento sustentável. A governança da IA nas cidades não depende exclusivamente de avanços tecnológicos, mas da capacidade institucional de estruturar regras e normas claras, transparentes e adaptativas, que ao mesmo tempo incentivam inovação ecossistêmica integrada, investimentos e os direitos de propriedade intelectual.

A tese também contribui teoricamente ao integrar literatura de inovação, direito, tecnologia, estudos urbanos e governança algorítmica; metodologicamente ao incorporar abordagem quali-quantitativa com análise multivariada incluindo clusters em um campo ainda predominantemente teórico no Brasil, e com aplicação de questionários e obtenção de dados primários para avaliação além do utilização de dados secundários; e ainda empiricamente ao oferecer evidências sobre padrões institucionais de adoção e percepção da IA e da propriedade intelectual, apontando insights, potencialidades, oportunidade, possibilidades, tendências e cenários.

O futuro das cidades inteligentes dependerá menos da sofisticação tecnológica isolada e mais da capacidade de articular inovação, regulação, e interesse público de forma sistêmica. A propriedade intelectual, quando concebida como instrumento estratégico de governança, pode desempenhar papel central na consolidação de ecossistemas urbanos inteligentes, inclusivos e sustentáveis.

11.1 Estudos Potenciais Futuros

A presente tese avançou na compreensão das interações entre Inteligência Artificial (IA), Propriedade Intelectual (PI) e governança da inovação no contexto das cidades inteligentes, integrando revisão sistemática da literatura e investigação empírica com análise multivariada. Contudo, como todo estudo que enfrenta fenômeno sociotécnico complexo e em rápida transformação, persistem limitações metodológicas, territoriais e regulatórias que abrem agendas robustas para pesquisas futuras.

Considerando que a IA constitui tecnologia de propósito geral com efeitos sistêmicos na economia e na organização institucional (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2017), e que os ativos intangíveis assumem centralidade estratégica na dinâmica da inovação (WIPO, 2017), torna-se fundamental aprofundar investigações que articulem governança, regulação adaptativa, infraestrutura digital e proteção jurídica em escala comparada e longitudinal.

11.2 Ampliação do Escopo Empírico

A pesquisa empírica concentrou-se em amostra delimitada, o que permite generalizações analíticas, mas não estatísticas universais. Estudos futuros podem:A pesquisa empírica concentrou-se em uma amostra delimitada, permitindo generalizações de caráter analítico, embora não universalmente estatísticas. Nesse contexto, estudos futuros podem ampliar o escopo investigativo por meio da inclusão de diferentes regiões brasileiras e de contextos internacionais, viabilizando

análises comparativas entre países com distintos níveis de desenvolvimento e maturidade regulatória em inteligência artificial e propriedade intelectual.

Adicionalmente, recomenda-se o desenvolvimento de estudos longitudinais capazes de acompanhar a evolução da maturidade institucional e digital das cidades ao longo do tempo, especialmente no que se refere à consolidação de políticas públicas voltadas à gestão de dados e à inovação urbana. Também se mostra relevante investigar as diferenças estruturais entre capitais, cidades médias e pequenos municípios, considerando as assimetrias relacionadas à capacidade estatal, à infraestrutura tecnológica e ao capital humano (CARAGLIU; DEL BO; NIJKAMP, 2011).

A incorporação de bases internacionais comparadas pode contribuir para a compreensão das variações nos regimes de proteção intelectual aplicados a sistemas de inteligência artificial, particularmente diante dos debates contemporâneos sobre autoria algorítmica (ABBOTT, 2020; GERVAIS, 2020).

11.3 Sustentabilidade, Economia Circular e Ativos Intangíveis

A transformação digital urbana deve ser analisada de forma integrada à sustentabilidade socioambiental, evitando abordagens dissociadas entre inovação tecnológica e impactos ambientais. Nesse sentido, sugere-se a investigação de modelos de economia circular aplicados a cidades inteligentes, com suporte de sistemas baseados em inteligência artificial para otimização do uso de recursos.

Também se mostra relevante o desenvolvimento de métricas voltadas à mensuração dos impactos ambientais decorrentes do uso intensivo de infraestrutura digital, especialmente centros de dados. Além disso, é importante aprofundar a análise da relação entre inovação baseada em inteligência artificial, propriedade intelectual e inclusão socioambiental.

A articulação entre desenvolvimento urbano sustentável e inovação tecnológica demanda, portanto, abordagens integradas que considerem simultaneamente governança ambiental, regulação de dados e incentivos econômicos (TOWNSEND, 2013).

11.4 Aplicação de Métodos Quantitativos Avançados

Do ponto de vista metodológico, a ampliação do rigor analítico pode ser alcançada por meio da adoção de métodos quantitativos mais sofisticados. Entre as possibilidades, destaca-se a aplicação

de modelagem de equações estruturais para validação ampliada dos construtos relacionados à maturidade regulatória e à percepção institucional (HAIR et al., 2019).

Adicionalmente, a utilização de técnicas de análise multicritério de decisão pode contribuir para a priorização de políticas públicas no contexto da inteligência artificial urbana. A integração de big data analytics e aprendizado de máquina também se apresenta como uma estratégia promissora para a mensuração do desempenho urbano.

Recomenda-se a realização de estudos experimentais e quasi-experimentais que permitam avaliar os impactos de políticas regulatórias em ambientes urbanos inteligentes, contribuindo para a construção de uma base empírica mais robusta e comparável em nível internacional (CRESWELL; PLANO CLARK, 2018).

Adicionalmente, como desdobramento metodológico e agenda de pesquisa futura, recomenda-se a realização de um painel de especialistas estruturado por meio da técnica Delphi, com o objetivo de aprofundar a compreensão sobre os impactos da segurança jurídica em propriedade intelectual na adoção e difusão da inteligência artificial em cidades inteligentes. A aplicação desse método permitiria captar percepções qualificadas e consensos progressivos entre especialistas das áreas jurídica, tecnológica e de gestão urbana, contribuindo para identificar variáveis críticas relacionadas à confiança institucional, proteção de ativos intangíveis, governança de dados e incentivos à inovação.

Nesse contexto, parte-se da hipótese de que ambientes com maior previsibilidade normativa e clareza quanto à titularidade de criações baseadas em IA tendem a favorecer a implementação de soluções tecnológicas em larga escala, reduzindo riscos regulatórios e ampliando a atratividade para investimentos. Assim, a utilização da técnica Delphi pode oferecer evidências robustas para a construção de modelos regulatórios mais adaptativos e alinhados às demandas dos ecossistemas urbanos inteligentes, reforçando o papel estratégico da propriedade intelectual como elemento estruturante da governança da inovação baseada em IA.

11.5 Modelos Baseados em LLMs, Economia do Conhecimento e Turismo Inteligente

O avanço dos Large Language Models (LLMs) inaugura uma nova etapa na infraestrutura cognitiva urbana, impactando diretamente a gestão pública, a prestação de serviços digitais e as cadeias produtivas intensivas em informação. Nesse contexto, estudos futuros podem aprofundar a análise das aplicações desses modelos na governança urbana, especialmente em atividades como

atendimento automatizado, análise preditiva de políticas públicas e processamento de grandes bases normativas, ampliando as discussões sobre automação cognitiva e tomada de decisão assistida (FLORIDI et al., 2018).

Adicionalmente, destaca-se o potencial da IA generativa na promoção de destinos turísticos inteligentes, na personalização de experiências culturais e na gestão de fluxos urbanos, contribuindo para a eficiência e competitividade territorial (TOWNSEND, 2013). Também se mostra relevante investigar as interfaces entre sistemas de recomendação baseados em IA e a valorização de patrimônios culturais e indicações geográficas, especialmente no contexto da economia criativa e dos ativos intangíveis (WIPO, 2017).

Outro eixo central refere-se aos riscos associados à autoria algorítmica, incluindo desafios relacionados a direitos autorais e à responsabilização jurídica por conteúdos gerados por modelos fundacionais, tema que se insere nos debates contemporâneos sobre propriedade intelectual e inteligência artificial (ABBOTT, 2020; GERVAIS, 2020). No campo do turismo inteligente, a integração entre inteligência artificial, plataformas digitais e gestão territorial demanda abordagens que articulem experiência do usuário, governança de dados e sustentabilidade urbana.

11.6 Indicações Geográficas, Agricultura de Precisão e Sistemas Alimentares Inteligentes

A interseção entre inteligência artificial, propriedade intelectual e desenvolvimento territorial constitui um campo promissor, especialmente no âmbito das Indicações Geográficas (IGs) e das cadeias agroalimentares. Nesse sentido, estudos futuros podem explorar a aplicação de agricultura de precisão baseada em IA para monitoramento climático, rastreabilidade produtiva e certificação de origem, contribuindo para maior eficiência e transparência nos sistemas alimentares.

Também se destaca a integração entre tecnologias como blockchain e IGs, com vistas ao fortalecimento da proteção jurídica de produtos agroalimentares estratégicos e da autenticidade de sua origem (WIPO, 2017). Além disso, torna-se relevante analisar modelos de valorização de ativos territoriais intangíveis associados a alimentos tradicionais, em consonância com abordagens sobre economia do conhecimento e desenvolvimento regional.

A incorporação de sistemas inteligentes na produção agrícola exige, ainda, investigações sobre soberania alimentar, proteção de dados rurais e assimetrias tecnológicas entre pequenos produtores e grandes conglomerados, evidenciando desafios estruturais relacionados à desigualdade e à governança de dados (O’NEIL, 2016; EUBANKS, 2018).

11.7 Patentes Farmacêuticas, Saúde Digital e Biotecnologia

No campo da saúde e da biotecnologia, o uso intensivo de inteligência artificial em pesquisa clínica, desenvolvimento de fármacos e medicina personalizada amplia as tensões entre inovação tecnológica e acesso equitativo. Nesse contexto, estudos futuros podem examinar os impactos da IA na geração de invenções farmacêuticas, especialmente no que se refere aos critérios de patenteabilidade e à redefinição dos limites da autoria inventiva (ABBOTT, 2020).

Adicionalmente, mostra-se relevante o desenvolvimento de modelos regulatórios voltados à biotecnologia assistida por algoritmos, bem como a análise de plataformas digitais de saúde pública baseadas em inteligência artificial, com foco na interoperabilidade de dados clínicos e na eficiência dos sistemas de saúde (FLORIDI et al., 2018).

Outro aspecto fundamental envolve os desafios éticos relacionados à privacidade genética e à governança de dados sensíveis, exigindo abordagens regulatórias que conciliem inovação, proteção de direitos fundamentais e interesse público. A convergência entre inteligência artificial, biotecnologia e sistemas públicos de saúde demanda, portanto, estruturas capazes de equilibrar proteção patentária, difusão tecnológica e equidade no acesso.

11.8 Aplicação de Ferramentas de Engenharia da Inovação e Análise Sistêmica

Como desdobramento futuro, mostra-se pertinente avaliar a incorporação de ferramentas oriundas da engenharia da inovação, da qualidade e da análise sistêmica para o aprimoramento da governança tecnológica em cidades inteligentes. Contudo, a aplicabilidade desses instrumentos deve ser analisada de forma criteriosa, considerando a natureza sociotécnica, regulatória e institucional do objeto de estudo.

Nesse sentido, a matriz TRIZ e a matriz de contradições apresentam elevada aderência, especialmente para a resolução de trade-offs entre inovação tecnológica e restrições regulatórias, permitindo estruturar conflitos como transparência versus proteção de propriedade intelectual ou eficiência algorítmica versus privacidade de dados. De forma complementar, os S-curves (curvas tecnológicas) são altamente aplicáveis para analisar a maturidade de tecnologias de inteligência artificial no contexto urbano, contribuindo para decisões estratégicas sobre investimento e substituição tecnológica.

A escala de Saaty, no âmbito do Analytic Hierarchy Process, demonstra forte adequação metodológica, sobretudo para priorização de políticas públicas, avaliação de alternativas regulatórias e hierarquização de investimentos em infraestrutura digital. De maneira similar, a Casa da Qualidade (QFD) pode ser parcialmente aplicável, desde que adaptada para traduzir demandas sociais e requisitos institucionais em especificações técnicas de soluções baseadas em IA.

Verifica-se que ferramentas de decisão multicritério, análise de maturidade tecnológica e resolução de contradições apresentam maior potencial de contribuição para pesquisas futuras, enquanto instrumentos estritamente mecânicos ou industriais demandam adaptações significativas para se tornarem relevantes no contexto da governança de cidades inteligentes orientadas por inteligência artificial.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIKO, Alex Kenya. *Normalização técnica para cidades sustentáveis, resilientes e inteligentes: ISO/TC 268 e ABNT/CEE-268*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2021.

AEASMS. *Ranking mostra as cidades mais inteligentes do mundo*. Brasília: AEASMS, 2024. Disponível em: https://aeasms.org.br/ranking-mostra-as-cidades-mais-inteligentes-do-mundo/. Acesso em: 26 fev. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR ISO 37120: desenvolvimento sustentável de comunidades — indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida*. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR ISO 37122: cidades sustentáveis — indicadores para cidades inteligentes*. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR ISO 37123: cidades sustentáveis — indicadores para cidades resilientes*. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

AUDRETSCH, David B.; BELITSKI, Maksim. Entrepreneurial ecosystems in cities: establishing the framework conditions. *The Journal of Technology Transfer*, [S.l.], v. 42, n. 5, p. 1030–1051, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/s10961-016-9473-8.

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. 3. ed. São Paulo: Edições 70, 2016.

BATTY, Michael et al. Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, Berlin, v. 214, n. 1, p. 481–518, 2012. DOI: https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3.

BENETAZZO, Carlo. *The Italian National Recovery and Resilience Plan (PNRR)*. Roma: Governo da Itália, 2022.

BIONDO, Alessio; PALAZOGLU, Arda; COSTIN, Horia. Using AMSTAR in systematic reviews: a practical guide. *Journal of Evidence-Based Medicine*, Hoboken, v. 11, n. 3, p. 159–165, 2018. DOI: https://doi.org/10.1111/jebm.12304.

BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sari Knopp. *Qualitative research for education: an introduction to theory and methods*. 5. ed. Boston: Pearson, 2006.

BRAUN, Virginia; CLARKE, Victoria. Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, London, v. 3, n. 2, p. 77–101, 2006. DOI: https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa.

BRASIL. *Decreto nº 9.319, de 21 de março de 2018*. Institui a Estratégia de Governança Digital. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 22 mar. 2018.

BRASIL. *Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001*. Estatuto da Cidade. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 11 jul. 2001.

BRASIL. *Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004*. Lei de Inovação. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 3 dez. 2004.

BRASIL. *Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012*. Política Nacional de Mobilidade Urbana. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 4 jan. 2012.

BRASIL. *Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014*. Marco Civil da Internet. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 24 abr. 2014.

BRASIL. *Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016*. Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 12 jan. 2016.

BRASIL. *Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018*. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Diário Oficial da União: Brasília, DF, 15 ago. 2018.

BRASIL. *Lei nº 14.129, de 29 de março de 2021*. Governo Digital. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 30 mar. 2021.

BRASIL. *Lei Complementar nº 182, de 1º de junho de 2021*. Marco Legal das Startups. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. *Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial*. Brasília: MCTI, 2021.

BRASIL. Ministério da Economia. *Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital)*. Brasília: ME, 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. *Carta Brasileira para Cidades Inteligentes*. Brasília: MDR, 2020.

BRASIL. Câmara dos Deputados. *Projeto de Lei nº 1.702/2019*. Brasília, 2019.

BRASIL. Câmara dos Deputados. *Projeto de Lei nº 976/2021*. Brasília, 2021.

BRASIL. Senado Federal. *Projeto de Lei nº 2.388/2023*. Brasília, 2023.

BRASIL. Câmara dos Deputados. *Projeto de Lei nº 5.810/2025*. Brasília, 2025.

BRIGHT CITIES. *Ranking cidades inovadoras e sustentáveis – ISO 37120*. Florianópolis: Bright Cities, 2023.

BRYMAN, Alan. *Social research methods*. 5. ed. Oxford: Oxford University Press, 2016.

BRYNJOLFSSON, Erik; MCAFEE, Andrew. *The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York: W. W. Norton & Company, 2017.

BROWN, Tim. Design thinking. *Harvard Business Review*, Boston, v. 86, n. 6, p. 84–92, 2008.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. *Cidades inteligentes: subsídios para a formulação de uma política nacional de cidades inteligentes*. Brasília: Centro de Estudos e Debates Estratégicos, 2021.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). *Panorama de cidades inteligentes no Brasil*. Brasília: CBIC, 2021.

CARAGLIU, Andrea; DEL BO, Chiara; NIJKAMP, Peter. Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, London, v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011. DOI: https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117.

CHEN, Xi; LIU, Hong; YANG, Xia. The role of intellectual property in advancing artificial intelligence solutions for urban environments. *Technology Innovation Management Review*, Ottawa, v. 14, n. 2, p. 78–93, 2024.

COHEN, Boyd. *The smart city wheel: a framework for smart city development*. Barcelona, 2014.

CONNECTED SMART CITIES. *Ranking Connected Smart Cities 2025*. São Paulo: Urban Systems, 2025. Disponível em: https://habitability.com.br/ranking-connected-smart-cities-2025-atualiza-a-lista-das-10-cidades-mais-inteligentes-do-pais/. Acesso em: 26 fev. 2026.

CRESWELL, John W.; POTH, Cheryl N. *Qualitative inquiry and research design: choosing among five approaches*. 4. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2018.

DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S. *The SAGE handbook of qualitative research*. 4. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2011.

EISENHARDT, Kathleen M. Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, Mississippi, v. 14, n. 4, p. 532–550, 1989.

ETZKOWITZ, Henry; LEYDESDORFF, Loet. The dynamics of innovation: from national systems to a triple helix. *Research Policy*, Amsterdam, v. 29, n. 2, p. 109–123, 2000.

EUBANKS, Virginia. *Automating inequality: how high-tech tools profile, police, and punish the poor*. New York: St. Martin's Press, 2018.

EUROPEAN COMMISSION. *Action plan on urban mobility*. Brussels, 2009.

EUROPEAN COMMISSION. *Intelligent transport systems (ITS) action plan*. Brussels, 2010.

EUROPEAN COMMISSION. *Guidelines for developing and implementing a sustainable urban mobility plan (SUMP)*. Brussels, 2013.

EUROPEAN COMMISSION. *A European strategy for low-emission mobility*. Brussels, 2016.

EUROPEAN COMMISSION. *A clean planet for all*. Brussels, 2018.

EUROPEAN COMMISSION. *Sustainable urban mobility indicators (SUMI)*. Brussels, 2019.

EUROPEAN UNION. *Declaration of Graz on sustainable transport*. Graz, 2018.

FLORIDI, Luciano et al. AI4People: an ethical framework for a good AI society. *Minds and Machines*, Dordrecht, v. 28, n. 4, p. 689–707, 2018.

GERVAIS, Daniel J. *Artificial intelligence and intellectual property: challenges and opportunities*. Oxford: Oxford University Press, 2021.

HAIR, Joseph F. et al. *Multivariate data analysis*. 8. ed. Boston: Cengage Learning, 2019.

HOLLANDS, Robert G. Will the real smart city please stand up? *City*, London, v. 12, n. 3, p. 303–320, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO 37120: sustainable cities and communities — indicators for city services and quality of life*. Geneva: ISO, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO 37122: sustainable cities and communities — indicators for smart cities*. Geneva: ISO, 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO 37123: sustainable cities and communities — indicators for resilient cities*. Geneva: ISO, 2019.

KITCHIN, Rob. The real-time city? *GeoJournal*, Dordrecht, v. 79, n. 1, p. 1–14, 2014.

KREUTZER, Ralf T.; SIRRENBERG, Marie. *Understanding artificial intelligence*. Cham: Springer, 2020.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. *Smart cities: digital solutions for a more livable future*. New York: McKinsey & Company, 2018.

O'NEIL, Cathy. *Weapons of math destruction*. New York: Crown Publishing Group, 2016.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). *Digital government index 2019 results*. Paris: OECD Publishing, 2020.

PARLAMENTO EUROPEU. *Mapping smart cities in the EU*. Brussels, 2014.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT SOLUTIONS NETWORK (SDSN). *Sustainable development report 2023*. New York: SDSN, 2023.

TOWNSEND, Anthony M. *Smart cities: big data, civic hackers, and the quest for a new utopia*. New York: W. W. Norton & Company, 2013.

URBAN SYSTEMS. *Metodologia do Ranking Connected Smart Cities*. São Paulo: Urban Systems, 2025.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO). *World intellectual property report 2017*. Geneva: WIPO, 2017.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO). *WIPO technology trends 2019: artificial intelligence*. Geneva: WIPO, 2019.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO). *World intellectual property indicators 2022*. Geneva: WIPO, 2022.

19. APÊNDICES

1. ***REPORT*** **DE DIFERENÇAS/ MEMORIAL DESCRITIVO DAS ADEQUAÇÕES ENTRE TRABALHO DA QUALIFICAÇÃO E O DA DEFESA**
2. ***WEBSITES/DASHBOARDS*** **CRIADOS PARA EXPOSIÇÃO DOS RESULTADOS DE PESQUISA**
3. **PROJETO DE LEI INTEGRADO PARA REGULAÇÃO DA IA E TECNOLOGIAS EMERGENTES NAS CIs**
4. **RELATÓRIO DOS ARTIGOS CONEXOS PUBLICADOS (PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO, IA - APOIO AO PROJETO DE QUALIFICAÇÃO**
5. **MAPAS MENTAIS DO TRABALHO**
6. ***MODEL BUSINESS CANVA*** **FRUTO/A PARTIR DOS INDICADORES MAPEADOS**
7. **ACEITES DOS CAPÍTULOS DA TESE PARA PUBLICAÇÃO EM REVISTAS QUALIFICADAS**
8. **MODELO DE NEGÓCIOS CANVA - PLATAFORMA DE GESTÃO DE PI PARA PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS (PMEs) NAS/DAS CIs**
9. **CONTEXTO & REFERENCIAL LEGAL/JURÍDICO**
10. **ARQUITETURA REGULATÓRIA EUROPEIA PARA CIDADES INTELIGENTES**
11. **INTERFACES COMPLEMENTARES COM OUTROS ODSs**
12. **ROTEIRO E PROPOSTA DE PAINEL DE ESPECIALISTAS (PESQUISA DELPHI) PARA APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO DOS INDICADORES-RESULTADO**
13. **ROTEIRO DE PERGUNTAS DO QUESTIONÁRIO APLICADO: ANÁLISE E RESPECTIVAS CONSIDERAÇÕES ACERCA DA IA E CI**
14. **LISTA DE ARTIGOS FILTRADOS PARA DISCUSSÃO DO CAPÍTULO DE REVISÃO SISTEMÁTICA (AMOSTRA DE 48)**
15. **LISTA DE PATENTES -** ***PATENTSCOPE***
16. **LISTA DE PATENTES -** ***ESPACENET***
17. **LISTA DE PATENTES REGISTRADAS NO BRASIL - INPI**
18. **LISTA PATENTES NO** ***LATIPAT***

19.1 APÊNDICE 1 - *REPORT* DE DIFERENÇAS/ MEMORIAL DESCRITIVO DAS ADEQUAÇÕES ENTRE TRABALHO DA QUALIFICAÇÃO E O DA DEFESA

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem por finalidade apresentar as principais adequações realizadas na tese a partir das contribuições e observações formuladas pela banca avaliadora.

As considerações apresentadas pelos docentes foram fundamentais para o refinamento metodológico, para a reorganização estrutural da pesquisa e para o fortalecimento da coerência científica entre os elementos constitutivos da tese, especialmente no que se refere ao alinhamento entre título, problema de pesquisa, objetivos, metodologia, produtos científicos e contribuição final do estudo.

A reestruturação realizada buscou consolidar um eixo central mais claro e integrado, permitindo transformar uma investigação inicialmente ampla e predominantemente analítica em uma proposta metodologicamente estruturada de modelagem aplicada para cidades inteligentes.

2. SÍNTESE DAS PRINCIPAIS OBSERVAÇÕES DA BANCA

As observações da banca concentraram-se, principalmente, nos seguintes aspectos:

- desalinhamento entre título, objetivo geral e produto final da pesquisa;
- amplitude temática excessiva;
- fragmentação entre capítulos e artigos;
- ausência de integração metodológica clara;
- necessidade de explicitação do processo de construção dos indicadores;
- inadequação entre parte dos produtos científicos e o objetivo central da tese;
- necessidade de fortalecimento do delineamento metodológico;
- excesso de conteúdos periféricos em relação ao eixo principal da investigação.

A partir dessas observações, a tese foi integralmente reorganizada para fortalecer:

- a coerência vertical da pesquisa;
- o encadeamento lógico das etapas investigativas;
- a operacionalização metodológica;
- a centralidade da proposta de construção do modelo integrado de indicadores.

3. REDEFINIÇÃO DO EIXO CENTRAL DA TESE

Com as adequações realizadas, a tese passou a ser estruturada como uma pesquisa aplicada voltada à construção de um modelo integrado de indicadores para cidades inteligentes.

O eixo central da investigação passou a concentrar-se:

- na identificação de dimensões e variáveis relevantes;
- na análise das relações entre essas variáveis;
- na construção de indicadores integrados;
- na proposição de um framework analítico aplicável à governança urbana inteligente.

Essa redefinição permitiu maior alinhamento entre:

- título;
- problema de pesquisa;
- objetivos;
- metodologia;
- artigos científicos;
- e contribuição final da tese.

4. ADEQUAÇÃO DO TÍTULO DA TESE

"Modelo Integrado de Indicadores para Cidades Inteligentes: articulações entre Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual, Mobilidade Urbana e Ecossistemas de Inovação"

A reformulação do título buscou:

- evidenciar o caráter aplicado da pesquisa;
- explicitar a proposta de modelagem;
- alinhar o escopo do estudo ao objetivo geral;
- fortalecer a coerência científica da tese.

5. REFORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

O problema de pesquisa foi reformulado para adequar-se à natureza construtiva e aplicada da investigação.

A nova formulação passou a concentrar-se na identificação das dimensões, variáveis e indicadores necessários para compor um modelo integrado capaz de correlacionar:

- Inteligência Artificial;
- Propriedade Intelectual;
- mobilidade urbana;
- e ecossistemas de inovação, visando apoiar a implementação de cidades inteligentes.

Essa reformulação permitiu:

- maior direcionamento operacional;
- fortalecimento metodológico;
- alinhamento entre problema e produto final da tese.

6. REORGANIZAÇÃO DOS OBJETIVOS

Os objetivos específicos foram reduzidos e reorganizados de forma sequencial, buscando eliminar dispersões temáticas e fortalecer o encadeamento lógico da pesquisa.

A nova estrutura passou a contemplar as seguintes etapas:

1. Identificação das dimensões e variáveis relevantes;
2. Análise das relações entre variáveis;
3. Construção do modelo integrado de indicadores;
4. Validação metodológica do modelo;
5. Proposição de diretrizes para aplicação do framework.

Essa reorganização permitiu:

- maior clareza metodológica;
- integração entre capítulos;
- coerência entre os artigos científicos;
- alinhamento ao objetivo geral da tese.

7. REESTRUTURAÇÃO METODOLÓGICA

A metodologia foi reorganizada com o objetivo de tornar explícito o encadeamento lógico da investigação e a operacionalização da construção dos indicadores.

A pesquisa passou a ser estruturada em cinco etapas integradas:

Etapa	Objetivo	Método	Produto
Revisão sistemática e patentometria	Identificar variáveis e dimensões	Bibliometria, patentometria e análise documental	Dimensões analíticas
Investigação empírica	Analisar relações entre variáveis	Survey, estatística multivariada e clusters	Evidências empíricas
Modelagem	Construir indicadores integrados	Integração analítica dos dados	Matriz de indicadores
Aplicação	Propor diretrizes de utilização	Framework analítico	Aplicabilidade em cidades inteligentes

A reorganização metodológica permitiu:

- fortalecimento da coerência científica;
- explicitação da progressão investigativa;
- alinhamento entre objetivos, métodos e produtos;
- adequação ao formato de tese por artigos do PPGPI.

8. REPOSICIONAMENTO DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS

Os artigos científicos passaram a ser compreendidos como etapas integradas da investigação e não mais como produções independentes.

Especialmente, o artigo baseado em análise de clusters foi reposicionado como etapa diagnóstica e exploratória da pesquisa, contribuindo para:

- identificação de padrões;
- reconhecimento de variáveis relevantes;
- análise de maturidade institucional;
- subsidiariedade à construção do modelo integrado de indicadores.

Essa redefinição fortaleceu:

- a integração entre os capítulos;
- a coerência metodológica;
- o alinhamento entre os produtos científicos e o objetivo geral da tese.

9. REORGANIZAÇÃO DA REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura foi reestruturada para reduzir dispersões teóricas e fortalecer a centralidade dos conceitos fundamentais da pesquisa.

Os conteúdos passaram a ser organizados em quatro eixos principais:

- Cidades Inteligentes;
- Inteligência Artificial;
- Propriedade Intelectual;
- Mobilidade Urbana e Ecossistemas de Inovação.

Além disso, temas anteriormente tratados como capítulos autônomos passaram a exercer função complementar de suporte analítico e metodológico.

10. REDUÇÃO E CONSOLIDAÇÃO TEMÁTICA

Com base nas observações da banca, conteúdos excessivamente periféricos ao eixo central da pesquisa foram reduzidos, sintetizados ou incorporados de forma transversal.

Entre os principais ajustes realizados destacam-se:

- redução de discussões geopolíticas extensas;
- síntese dos conteúdos relacionados aos ODS;
- reorganização dos tópicos sobre PATENTSCOPE e sistemas internacionais de patentes;
- redução de detalhamentos regulatórios excessivos;
- reformulação das análises de rankings de cidades inteligentes como referenciais comparativos de indicadores.

Essas adequações contribuíram para:

- fortalecimento da objetividade científica;
- maior fluidez argumentativa;
- redução de redundâncias;
- consolidação do eixo central da tese.

11. FORTALECIMENTO DA CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA

A contribuição científica da tese passou a ser explicitamente apresentada como:

- proposição de um modelo integrado de indicadores para cidades inteligentes;
- integração entre Inteligência Artificial, Propriedade Intelectual e inovação urbana;
- operacionalização de dimensões analíticas aplicáveis à governança urbana inteligente;
- contribuição metodológica interdisciplinar em Ciência da Propriedade Intelectual.

A tese deixa, portanto, de assumir caráter predominantemente descritivo para consolidar-se como uma proposta aplicada de modelagem científica.

12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As contribuições da banca foram fundamentais para o amadurecimento científico da pesquisa, permitindo maior integração entre seus elementos estruturantes e fortalecimento de sua coerência metodológica.

A reestruturação realizada possibilitou:

- redefinição clara do eixo central da tese;
- alinhamento entre problema, objetivos e metodologia;
- reorganização dos artigos científicos como etapas da investigação;
- explicitação do processo de construção dos indicadores;
- consolidação de uma proposta aplicada de modelagem interdisciplinar.

Dessa forma, a tese evoluiu de uma investigação inicialmente ampla e predominantemente analítica para uma arquitetura científica mais integrada, metodologicamente estruturada e orientada à construção de um modelo de indicadores para cidades inteligentes no contexto da Inteligência Artificial, da Propriedade Intelectual e dos ecossistemas de inovação.

13. REFERÊNCIAS

Universidade Federal de Sergipe. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual (PPGPI). Diretrizes e regulamentos acadêmicos do programa. São Cristóvão: UFS, 2026.

World Intellectual Property Organization (WIPO). *World Intellectual Property Indicators*. Geneva: WIPO, 2023.

ABBOTT, Ryan. *The Reasonable Robot: Artificial Intelligence and the Law*. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.

ALAVI, Maryam; LEIDNER, Dorothy. Review: knowledge management and knowledge management systems. *MIS Quarterly*, v. 25, n. 1, p. 107–136, 2001.

BARDIN, Laurence. *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016.

BESSEN, James. *AI and the Economy*. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2019.

BRYNJOLFSSON, Erik; MCAFEE, Andrew. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: W. W. Norton & Company, 2017.

CARAGLIU, Andrea; DEL BO, Chiara; NIJKAMP, Peter. Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011.

CRESWELL, John W.; PLANO CLARK, Vicki L. *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. 3. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2018.

EUBANKS, Virginia. *Automating Inequality: How High-Tech Tools Profile, Police, and Punish the Poor*. New York: St. Martin's Press, 2018.

FLORIDI, Luciano et al. AI4People—An ethical framework for a good AI society. *Minds and Machines*, v. 28, p. 689–707, 2018.

HAIR, Joseph F. et al. *Multivariate Data Analysis*. 8. ed. Hampshire: Cengage Learning, 2019.

KITCHIN, Rob. *The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences*. London: Sage Publications, 2014.

O'NEIL, Cathy. *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. New York: Crown Publishing Group, 2016.

TOWNSEND, Anthony M. *Smart Cities: Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia*. New York: W. W. Norton & Company, 2013.

YIN, Robert K. *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. 6. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2018.

19.2 APÊNDICE 2 - LINKS DE SITES/DASHs

LINKS:

https://forms-insight-hub.lovable.app/

https://data-showcase-spotlight.lovable.app

https://pixel-perfect-copy-928.lovable.app

https://lovable.dev/projects/1b0ad04f-26d7-4465-a067-4b39b4c54485

https://app.base44.com/apps/69a5753b909b2c55172c2eb8/editor/preview

19.3 APÊNDICE 3 - PROJETO DE LEI INTEGRADO

PROJETO DE LEI ORDINÁRIA Nº [Número] / [Ano]

EPÍGRAFE

Institui o Marco Regulatório Integrado para Cidades Inteligentes e Sustentáveis, disciplinando a utilização de Inteligência Artificial, Tecnologias emergentes e Governança Digital no âmbito [Municipal/Estadual].

OBS: O presente projeto de lei contempla ainda, pela relevância, considerações sobre técnicas e metodolgoias de blockchain, os critérios ESG/ASG (ambiental, social e governança) nas CIs bem como tangencia o uso de ferramntas e soluções financeiras (criptomoedas) em ambeintes inteligentes

EMENTA

Estabelece normas para a implementação de Cidades Inteligentes e Sustentáveis, regulamentando a Inteligência Artificial, mobilidade ativa e inteligente, governança digital, critérios ESG (*environmental and social governance*) e o uso de criptomoedas, visando inovação responsável, eficiência e desenvolvimento sustentável.

PREÂMBULO

Considerando:

I – A necessidade de modernização da gestão pública por meio de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC);
II – A crescente utilização de Inteligência Artificial e tecnologias emergentes em ambientes urbanos;
III – A importância da mobilidade ativa, sustentável e integrada;
IV – A incorporação de critérios ESG/ASG no planejamento urbano;
V – A evolução do sistema financeiro digital e a expansão do uso de criptomoedas;

Apresenta-se o presente Projeto de Lei.

CAPÍTULO I

DO OBJETO

Art. 1º Esta Lei institui o Marco Regulatório Integrado para Cidades Inteligentes e Sustentáveis no âmbito [Municipal/Estadual].

CAPÍTULO II

DOS OBJETIVOS

Art. 2º São objetivos desta Lei:

I – Promover inovação tecnológica responsável;
II – Melhorar a qualidade de vida urbana;
III – Assegurar transparência e governança digital;
IV – Incentivar mobilidade ativa e sustentável;
V – Integrar critérios ESG/ASG ao desenvolvimento urbano;

VI - Incentivar o uso de tecnologias de registro distribuído (blockchain) ;
VII – Regulamentar o uso de criptomoedas no contexto de Cidades Inteligentes.

CAPÍTULO III

DO ÂMBITO DE APLICAÇÃO

Art. 3º Esta Lei aplica-se:

I – Aos órgãos públicos;
II – Às empresas privadas que atuem em projetos de cidades inteligentes;
III – Às parcerias público-privadas;
IV – Às plataformas tecnológicas e financeiras digitais implementadas no território.

CAPÍTULO IV

DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Art. 4º A utilização de Inteligência Artificial deverá observar:

I – Transparência algorítmica;

II – Não discriminação;

III – Proteção de dados pessoais;

IV – Segurança cibernética;

V – Responsabilidade técnica.

Para:

I – Assegurar a possibilidade de compreensão e explicação dos critérios utilizados nos sistemas automatizados;

II – Vedar a geração ou reprodução de vieses discriminatórios de qualquer natureza;

III – Observar as normas de proteção de dados pessoais vigentes;

IV – Adotar medidas preventivas e reativas voltadas à mitigação de riscos e vulnerabilidades cibernéticas;

V – Identificar os responsáveis pelo desenvolvimento, implementação e operação dos sistemas.

§1º Sistemas críticos deverão ser auditáveis - Os sistemas de inteligência artificial classificados segundo nível de criticidade sendo passíveis de auditoria, garantindo verificabilidade, rastreabilidade e prestação de contas.
§2º Projetos de alto risco deverão possuir avaliação de impacto algorítmico: Assim, os projetos que envolvam sistemas de alto risco deverão ser precedidos de avaliação de impacto algorítmico contemplando riscos éticos, sociais, jurídicos e econômicos, bem como medidas de mitigação adequadas.

§3º Sempre e na medida do possível, deverá ser assegurada a supervisão humana nos processos decisórios automatizados, especialmente quando houver potencial impacto relevante sobre direitos individuais ou coletivos.

CAPÍTULO V

DA MOBILIDADE INTELIGENTE E ATIVA

Art. 5º O Poder Público promoverá:

I – Infraestrutura para mobilidade ativa (ciclovias, mobilidade a pé);
II – Integração de sistemas de transporte inteligente;
III – Incentivo a veículos elétricos e conectados;
IV – Interoperabilidade tecnológica entre modais.

Art. 6º Aplicativos de mobilidade deverão atender padrões de segurança, eficiência e interoperabilidade: Os aplicativos de mobilidade deverão atender a padrões de segurança, eficiência e interoperabilidade, assegurando a integração com sistemas urbanos e a confiabilidade das informações disponibilizadas aos usuários.

§1º Deverão ser adotadas medidas que garantam a proteção dos dados dos usuários, bem como a prevenção de falhas operacionais e riscos à segurança.

§2º Os sistemas deverão permitir a integração com diferentes modais de transporte e plataformas digitais, promovendo a conectividade e a fluidez da mobilidade urbana.

§3º Sempre que possível, deverá ser assegurada a acessibilidade digital, de modo a garantir o uso inclusivo por pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida.

CAPÍTULO VI

DOS CRITÉRIOS ASG

Art. 7º Projetos de Cidades Inteligentes deverão cumprir critérios ambientais, sociais e de governança, dentre outros a serem complementados via diploma legal devido e específico:

I – Redução de emissões e eficiência energética;
II – Inclusão digital e acesso universal à tecnologia;
III – Transparência administrativa;
IV – Prestação periódica de contas públicas (*accountability*) ;

V – Promoção da sustentabilidade ambiental e uso racional de recursos naturais;
VI – Fomento à inovação tecnológica e ao desenvolvimento de soluções inteligentes;
VII – Garantia de proteção e segurança de dados dos usuários;
VIII – Integração entre sistemas e plataformas digitais públicas e privadas;
IX – Incentivo à participação social e ao controle social das políticas públicas;
X – Promoção da acessibilidade e inclusão de pessoas com deficiência;

XI – Estímulo à mobilidade urbana sustentável e multimodal;

XII – Fortalecimento da governança digital e da tomada de decisão baseada em dados;

XIII – Incentivo à adoção de padrões abertos e interoperáveis;

XIV – Promoção da resiliência urbana frente a riscos e emergências;

XV – Estímulo à educação digital e à capacitação tecnológica da população;

XVI – Promoção da gestão sustentável de resíduos sólidos, incluindo redução, reutilização, reciclagem e destinação ambientalmente adequada.

§1º Os poderes e órgãos da Administração pública direta, indireta e autárquica, tal qual empresas listadas, deverão publicar relatórios anuais de desempenho ESG - Os órgãos e entidades da Administração Pública direta, indireta e autárquica, bem como as empresas que atuem no âmbito das Cidades Inteligentes, deverão elaborar e publicar relatórios anuais de desempenho em critérios ESG/ASG, contendo indicadores, metas e resultados aferidos.
§2º Para participação em processos de licitação e contratação públicas, empresas privadas e públicas e estatais, e sociedades de economia mista deverão comprovar conformidade ESG, mediante a adoção de práticas de governança, sustentabilidade ambiental e responsabilidade social, observados padrões e métricas reconhecidos.

§3º Os relatórios de que trata o §1º deverão observar princípios de transparência, comparabilidade e verificabilidade, devendo ser submetidos sempre que possível à auditoria independente.

§4º O Poder Público poderá e Estabelecerá diretrizes complementares, indicadores padronizados e mecanismos de monitoramento para avaliação contínua do desempenho ESG/ASG.

§5º As especificações contidas neste Capítulo deverão ser lidas nomeadamente em conjunto com a Constituição Federal e demais legislações e normas conexas a cada um dos tópicos aqui tratados e integrados.

CAPÍTULO VII

DO USO DE CRIPTOMOEDAS

Art. 8º Fica regulamentado o uso de criptomoedas em serviços e transações vinculadas às Cidades Inteligentes.

Art. 9º O uso de criptomoedas deverá:

I – Observar normas do sistema financeiro nacional;
II – Atender regras de prevenção à lavagem de dinheiro;
III – Estar sujeito à tributação vigente;
IV – Garantir rastreabilidade como exigido por lei.

Art. 10º Empresas que operem com ativos digitais deverão possuir cadastro regulatório junto aos órgãos competentes, observando as normas aplicáveis à sua atividade.

§1º O cadastro deverá conter informações atualizadas sobre a estrutura societária, responsáveis legais, atividades desenvolvidas e mecanismos de controle interno.

§2º As empresas deverão adotar medidas de Compliance e prevenção à lavagem de dinheiro, financiamento ao terrorismo e outras práticas ilícitas, nos termos da legislação vigente.

§3º Deverão ser assegurados mecanismos de transparência e prestação de informações aos usuários, inclusive quanto aos riscos inerentes às operações com ativos digitais.

§4º O Poder Público poderá estabelecer requisitos adicionais de supervisão, monitoramento e reporte periódico das atividades desenvolvidas.

CAPÍTULO VIII

DA GOVERNANÇA E ÓRGÃO REGULADOR

Art. 11º Fica criado o Conselho Municipal/Estadual de Cidades Inteligentes, com participação:

I – Do Poder público;

II - Do Ministério Público;
III – Da sociedade civil;
IV – Do setor tecnológico;
V – Da academia;

VI - Do terceiro setor.

Art. 12º Compete ao Conselho:

I – fiscalizar a implementação, execução e conformidade das políticas, programas e projetos previstos;

II – monitorar indicadores de desempenho, impacto e efetividade das ações desenvolvidas, inclusive com base em dados e evidências;

III – propor atualizações normativas, diretrizes e recomendações, com vistas ao aprimoramento contínuo das políticas públicas relacionadas;

IV – emitir pareceres técnicos, relatórios e notas técnicas sobre matérias de sua competência;

V – acompanhar a evolução tecnológica e regulatória, sugerindo adaptações às Inovações emergentes;

VI – promover a articulação entre órgãos públicos, entidades privadas, academia e sociedade civil;

VII – incentivar a transparência, a participação social e o controle social das ações implementadas;

VIII – apoiar a definição de padrões, métricas e indicadores para avaliação das políticas públicas;

IX – avaliar riscos, impactos e externalidades decorrentes da aplicação das tecnologias e diretrizes previstas nesta Lei;

X – elaborar relatórios periódicos de acompanhamento e avaliação, a serem disponibilizados ao público.

CAPÍTULO IX

DOS ATOS NECESSÁRIOS

Art. 13º O Poder Executivo regulamentará esta Lei no prazo devido e respectivo.

Art. 14º No prazo assinalado e respectivo deverão ser implementados:

I – Plano Diretor de Cidade Inteligente;
II – Plataforma digital integrada inclusive para Mobilidade;
III – Relatório inicial ESG;
IV – Diretrizes técnicas para IA e criptomoedas.

CAPÍTULO X

DAS PENALIDADES

Art. 15º O descumprimento das disposições desta Lei sujeitará o infrator às seguintes sanções, aplicáveis isolada ou cumulativamente, observados a gravidade da infração, a vantagem auferida e a reincidência:

I – advertência, com indicação de prazo para adoção de medidas corretivas;

II – multa simples ou diária, proporcional à gravidade da infração e à capacidade econômica do infrator;

III – suspensão temporária de atividades, autorizações ou licenças;

IV – impedimento de contratar com o Poder Público pelo prazo determinado;

V – cassação de autorização ou credenciamento, nos casos de infrações graves ou reiteradas;

VI – obrigação de reparar danos causados, inclusive de natureza ambiental, coletiva, extrajudicial, social ou econômica;

VII – publicação da infração e da respectiva sanção, para fins de transparência e controle social, nas hipóteses cabíveis ;

VIII – bloqueio ou restrição de acesso a sistemas, plataformas ou serviços regulados por esta Lei, quando aplicável.

§1º A aplicação das sanções observará o devido processo administrativo, assegurados o contraditório e a ampla defesa, bem como demais princípios de legalidade, imparcialidade, moralidade, publicidade, eficácia e eficiência que norteiam a Administração pública;

§2º As sanções deverão ser graduadas conforme a natureza e a gravidade da infração, os danos dela decorrentes e a cooperação do infrator para a sua mitigação.

§3º A reincidência e a prática de infrações de alto risco poderão ensejar a aplicação de sanções mais severas.

§4º O Poder Público estabelecerá critérios, valores e parâmetros para aplicação das sanções, inclusive quanto à fixação de multas.

CAPÍTULO XI

PRAZO DE VIGÊNCIA E VALIDADE

Art. 16º Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 17º Sua vigência será de *10 (dez) anos*, com revisão obrigatória no 5º ano.

Art. 18. Esta Lei será aplicada em conformidade com a legislação vigente, observando, de forma complementar, as normas nacionais e internacionais pertinentes, especialmente aquelas relacionadas à proteção de dados, inovação tecnológica e governança digital. O Poder Executivo poderá regulamentar esta Lei no que couber.

CAPÍTULO XII
DO PÚBLICO-ALVO

Art. 19. Esta Lei aplica-se aos seguintes públicos:
I – órgãos e entidades da Administração Pública direta, indireta e autárquica;
II – empresas e organizações do setor privado e Terceiro setor que desenvolvam, operem ou utilizem tecnologias e serviços no âmbito das Cidades Inteligentes;
III – usuários e cidadãos impactados pelos serviços, sistemas e soluções regulados por esta Lei;
IV – instituições de ensino, pesquisa e inovação;
V – órgãos de controle, fiscalização e regulação.

§1º Os públicos referidos neste artigo deverão observar os princípios, diretrizes e obrigações estabelecidos nesta Lei, conforme sua natureza e grau de atuação.

§2º A aplicação desta Lei deverá considerar a promoção da inclusão digital, da acessibilidade, da transparência e da proteção de direitos dos usuários, bem como o princípio da proporcionalidade e causalidade.

§3º O Poder Público poderá estabelecer diretrizes específicas para cada categoria de público, visando à adequada implementação e fiscalização das disposições previstas.

JUSTIFICATIVA

O presente Projeto de Lei institui um Marco Regulatório Integrado para Cidades Inteligentes, consolidando em um único diploma normativo:

- Inteligência Artificial responsável
- Mobilidade ativa e inteligente
- Governança digital
- ESG urbano
- Uso regulado de ferramentas financeiras inteligentes - criptomoedas

A proposta harmoniza inovação tecnológica com segurança jurídica, sustentabilidade ambiental, inclusão social e eficiência inclusive administrativa, visando suprir lacunas jurídicas e regulatórias existentes, percebidas e encontradas na/da aplicação de tecnologias Consideradas emergentes.

A ausência de normatização integrada gera fragmentação regulatória. O presente marco unifica diretrizes, fortalece a governança pública e posiciona [Município/Estado] como referência inclusive nacional em desenvolvimento urbano inteligente e sustentável.

19.4 APÊNDICE 4 - ROTEIRO/RELATÓRIO DOS ARTIGOS CONEXOS PUBLICADOS - APOIO AO PROJETO DE QUALIFICAÇÃO

EIXO 1

Cidades Inteligentes, Mobilidade e Governança Sustentável

Objetivo específico:

Analisar a integração entre tecnologias digitais, mobilidade urbana e sustentabilidade em cidades inteligentes, considerando seus desafios jurídico-regulatórios.

Referências

SAMPAIO, Giovanna; SANTOS, João Antonio Belmino dos; ASSIS, Bruno dos Passos; SAMPAIO, Carolina Martins. **Gestão inteligente de resíduos sólidos urbanos: tecnologias digitais, políticas públicas e sustentabilidade em municípios inteligentes.** Revista Fatec Rubens Lara, 2026. Qualis B

SAMPAIO, Giovanna Martins; JOSÉ, Helma Pio Mororó; SANTOS, João Antonio Belmino dos. **Panorama da mobilidade e transporte ativos no plano dos ODS: um olhar bibliométrico sobre o ciclismo.** Revista de Direito da Cidade, 2026. QUALIS A2

SAMPAIO, Giovanna; SANTOS, João Antonio Belmino dos; ASSIS, Bruno dos Passos. **Desafios e implicações jurídicas da regulamentação da mobilidade urbana e do transporte compartilhado nas cidades modernas.** Revista de Direito Constitucional & Econômico, 2026 (aceito em periódico, 2026).

SAMPAIO, Giovanna; SANTOS, João Antonio Belmino dos; ASSIS, Bruno dos Passos. **Integração entre desenvolvimento urbano, preservação patrimonial e sustentabilidade: perspectivas de ESG e responsabilidade social empresarial.** Revista de Direito Constitucional & Econômico, 2026 (aceito em periódico, 2026).

EIXO 2

Inteligência Artificial, Patentes e Responsabilidade Jurídica

Objetivo específico:

Analisar e prospectar as interações entre inteligência artificial e propriedade intelectual, com ênfase em patentes, personalidade e responsabilidade jurídicas e sustentabilidade

Referências

PEREIRA, Neila de Paula; SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos et al. **Inteligência Artificial e Propriedade Intelectual: uma interface**. *Revista Videre*, 2022. QUALIS B1

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos et al. **Contratos e Black Boxing: patentes e inteligência artificial no direito**. *P2P & Inovação*, 2023. QUALIS A4

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos et al. **Breves Avaliações sobre Personalidade e Responsabilidade Jurídicas: IA e Patentes**. *P2P & Inovação*, 2023. QUALIS A4

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos et al. **Brief Assessments on Legal Personality and Liability: AI and Patents in European Law**. *Revista da Faculdade de Direito da UFMG*, 2023. Qualis B

GOMES, Hermes Oliveira; SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos et al. **Estudos prospectivos sobre inteligência artificial, patentes e direito**. In: ENPI 2022. Anais [...], 2022.

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos. **Breves apontamentos sobre a propriedade industrial "verde": o contexto das patentes agroquímicas**. Editora Thorth, 2025.

GOMES, Hermes Oliveira; SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos et al. **Prospecção de tecnologias sustentáveis: um olhar sobre as patentes.** Revista Peer Review, 2023.

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos et al . **Inteligência artificial no direito brasileiro: entre a inovação tecnológica e a justiça social**. Revista Ibero-americana de Humanidades, Ciência e Inovação, 2026 (aceito em periódico, 2026).

EIXO 3

Propriedade Intelectual, Indicações Geográficas e Sustentabilidade

Objetivo específico:
Analisar o papel das indicações geográficas na gestão territorial, sustentabilidade e inovação regional com foco em territórios inteligentes

Referências

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos; GOMES, Hermes Oliveira; CONCEIÇÃO, Valdir Silva da. **Propriedade intelectual como fator de desenvolvimento dos recursos territoriais**. *PI Teoria e Prática,* [s.d.].

SAMPAIO, Giovanna Martins; CAMARGO, Maria Emilia; CONCEIÇÃO, Valdir Silva da; OLIVEIRA JUNIOR, Antônio Martins de et al. **Indicação Geográfica (IG): conceito, história, legislação e vantagens**. *PI Teoria e Prática*, [s.d.].

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos; CONCEIÇÃO, Valdir Silva da; GOMES, Hermes Oliveira et al. **Geographical Indication in the Recôncavo Identity Territory: Possibility and Perspective**. *Revista INGI*, 2023.

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos; ROCHA, Jadson. **Geographical Indications as a Tool for Territorial Management and Sustainability in the Jiquiriçá Valley**. *Concilium* , 2023. Qualis A2

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos; ROCHA, Jadson. **Indicações geográficas enquanto ferramenta de gestão territorial e sustentabilidade no Vale do Jiquiriçá**. *Revista Brasileira de Ecoturismo*, 2024.

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos; CALDAS, Alcides; COSTA PINTO, Betina et al, **Análises metodológicas das indicações geográficas: o caso da Epagri e do Guia da FAO**. *Ciências Sociais Aplicadas em Revista*, 2024.

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos; CALDAS, Alcides; COSTA PINTO, Betina et al, **Contribuições metodológicas para os estudos sobre indicações geográficas (EPAGRI e FAO)**. *Interações*, 2024. QUALIS A1

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos; ASSIS, Bruno dos Passos et al. **Avaliação das políticas públicas de gestão e desenvolvimento no âmbito das indicações geográficas e inteligência artificial na região do sudoeste baiano**. *Revista Científica Inovação e Tecnologia*, 2025.

GOMES, Hermes Oliveira; SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos et al. **Chaves territoriais e propriedade intelectual**. In: ENPI 2023. Anais [...], 2023.

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos; ASSIS, Bruno dos Passos et al. **Potential for geographical indication of Guaraná from Taperoá-Bahia: Territorial, productive and socioeconomic factors.** UKR Journal of Multidisciplinary Studies - UKRJMS, 2026.

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos; ASSIS, Bruno dos Passos et al. **Urban inequalities in the Alto Sertão Sergipano territory: an analysis of the urban Well-being Index (IBEU).** UKR Journal of Multidisciplinary Studies - UKRJMS, 2026.

EIXO 4

Planejamento Estratégico e Empreendedorismo Inovador

Objetivo específico:
Analisar o papel do planejamento estratégico no fortalecimento do empreendedorismo inovador, da PI e na estruturação de ambientes organizacionais voltados à inovação.

Referência

GOMES, Hermes Oliveira; SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos et al. **A importância do planejamento estratégico no fortalecimento do empreendedorismo inovador**. In: ENPI 2024. Livro [...], 2024.

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos; ASSIS, Bruno dos Passos et al. ***Direito, Inteligência Artificial e Inovação: Desafios jurídicos e oportunidades para Empreendedorismo na Era Digital.*** *Regeo Revista Interdisciplinar, 2026. QUALIS A2 ((aceito em periódico, 2026).*

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos. C**aso Spedidam: O Olhar da Jurisdição Europeia acerca dos Direitos Autorais.** Revista da Faculdade de Direito da UFG, 2025. QUALIS A2

GOMES, Hermes Oliveira; SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos et al. **O impacto dos Indicadores de Ativos de Propriedade Intelectual pela Embraer na Tomada de Decisões de caráter estratégico para a companhia.** Revista Peer Review, 2023.

EIXO 5

Educação, Competências e Formação para Inovação Sustentável

Objetivo específico:
Investigar a educação e a gestão por competências como instrumentos de formação de capacidades voltadas à sustentabilidade e à inovação em contextos educacionais e territoriais.

Referências

SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos et al. **Educação Ambiental: análise qualitativa, prospectiva e comparativa (Bahia e Santa Catarina)**. *P2P & Inovação*, 2024. QUALIS A4

ASSIS, Bruno dos Passos; SAMPAIO, Giovanna Martins; SANTOS, João Antônio Belmino dos et al. **Gestão por competências como estratégia para potencializar a educação empreendedora no ensino superior**. 2025. ISSN: 2966-15. REIAD, 2025.

Eixo	**Tema**	**Quantidade de Trabalhos**
1	**Cidades Inteligentes, Mobilidade e Governança Sustentável**	4
2	IA, Patentes e Responsabilidade	8
3	Indicações Geográficas e Gestão Territorial	11
4	Planejamento Estratégico e Inovação	4
5	Educação e Formação para Inovação	2

Total = 29

19.5 MAPA MENTAL DO TRABALHO



19.6 APÊNDICE 6 - MODEL BUSINESS CANVA FRUTO/A PARTIR DOS INDICADORES MAPEADOS

1. Fundamentação Estratégica do Negócio

A InovaIP configura-se como uma consultoria especializada em **Propriedade Intelectual (PI)** voltada prioritariamente às Pequenas e Médias Empresas (PMEs), startups, universidades e organizações orientadas à inovação e ESG .

1.1 Problema Estrutural Identificado

O modelo parte de uma falha sistêmica no ecossistema empresarial brasileiro:

- Baixa compreensão estratégica da PI por PMEs
- Dificuldade operacional frente à burocracia e custos
- Desconexão entre ativos intangíveis e gestão empresarial

Essa lacuna gera subaproveitamento de ativos intangíveis e perda de competitividade.

1.2 Proposta de Valor

A InovaIP propõe democratizar o acesso à PI por meio de:

- Registro de marcas, patentes, softwares e direitos autorais
- Contratos de licenciamento e transferência de tecnologia
- Diagnóstico estratégico de PI
- Consultoria em ESG, inovação e conformidade legal
- Capacitações e mentorias especializadas

O diferencial reside na **integração multidisciplinar entre PI, estratégia empresarial e governança ESG**, reduzindo custos, simplificando processos e ampliando o acesso .

2. Arquitetura do Modelo de Negócio

2.1 Segmentação de Mercado

O modelo atua em cinco segmentos principais :

1. PMEs inovadoras
2. Startups tecnológicas
3. Prefeituras e gestores públicos
4. Universidades e ICTs
5. Empresas com base ESG e impacto social

Essa diversificação reduz risco de concentração e amplia o mercado endereçável.

2.2 Fontes de Receita

O modelo apresenta múltiplos fluxos de monetização :

- Serviços diretos de PI
- Assinaturas mensais/anuais (gestão recorrente)
- Cursos e certificações
- Taxas de intermediação junto ao INPI
- Contratos de licenciamento e transferência de tecnologia
- Parcerias com ecossistemas de inovação

O foco estratégico está na **recorrência (>60% da receita total)** , com modelo de cross-sell e upsell para retenção.

2.3 Estrutura de Custos

Custos Fixos

Incluem equipe, marketing, softwares, contabilidade, infraestrutura digital e tributos .

Estimativa anual:

- R$ 63.000 a R$ 83.000
- Média mensal: ~R$ 5.625

Custos Variáveis

- Comissões
- Freelancers
- Taxas de plataformas

- Taxas legais e registros

Modelo caracterizado por **estrutura enxuta e digital**, sem necessidade de estrutura física robusta .

3. Estrutura Organizacional e Escalabilidade

A expansão prevê crescimento progressivo da equipe a partir do segundo ano :

Ano 2:

- Analista de PI
- Suporte administrativo
- Marketing
- Atendimento/Vendas

Ano 3:

- Ampliação para dois analistas
- Produção de cursos
- Estrutura multidisciplinar consolidada

Estratégia de mitigação de risco: reduzir dependência da fundadora via equipe técnica enxuta e CRM gradual .

4. Modelo Financeiro e Viabilidade

4.1 Ponto de Equilíbrio

Com margem de contribuição estimada em 50%, o break-even ocorre em:

- R$ 135.000/ano
- R$ 11.250/mês

A partir desse ponto, o negócio gera lucro operacional.

4.2 Projeção Trienal

Indicador	Ano 1	Ano 2	Ano 3
Receita Bruta	R$ 200.000	R$ 525.000	R$ 715.000
Receita Líquida	R$ 169.000	R$ 443.625	R$ 604.175
EBITDA	R$ 76.000	R$ 156.625	R$ 225.175
Margem EBITDA	45%	35%	37%

O modelo demonstra:

- Alta margem operacional
- Crescimento estruturado
- Fluxo de caixa acumulado crescente
- TIR estimada acima de 35%

4.3 Investimento Inicial e Payback

- CapEx estimado: R$ 20.000
- Payback:
    - 7 meses (cenário R$ 200 mil/ano)
    - 32 meses (cenário conservador)

5. Indicadores Estratégicos (KPIs)

Metas estabelecidas :

- CAC < R$ 200
- LTV entre R$ 2.500 e R$ 50.000
- NRR > 102%
- Churn < 10%
- Receita recorrente > 60%
- NPS > 85%

Esses indicadores posicionam o modelo como financeiramente sustentável e com alto potencial de retenção.

6. Governança, ESG e Impacto

A InovaIP estrutura-se sob princípios de:

- Transparência
- Ética
- Sustentabilidade
- Responsabilidade social

O modelo integra PI como instrumento de:

- Governança corporativa
- Segurança jurídica
- Desenvolvimento sustentável
- Alinhamento aos ODS

7. Síntese Analítica do Modelo

O modelo de negócio da InovaIP pode ser caracterizado como:

Consultoria estratégica em ativos intangíveis com monetização híbrida (serviços + recorrência + educação + licenciamento), estrutura enxuta digital e alto potencial de escalabilidade via plataforma própria.

Principais atributos estruturais:

1. Baixa intensidade de capital
2. Alto valor agregado
3. Receita recorrente crescente
4. Margem EBITDA elevada
5. Forte potencial de fidelização
6. Expansão para modelo de plataforma no médio prazo

8. Conclusão Acadêmica

Sob perspectiva teórica, o modelo combina:

- Economia dos ativos intangíveis
- Estratégia baseada em recursos (RBV)
- Modelo de recorrência (SaaS-like aplicado à consultoria)
- Inovação orientada à governança e ESG

A análise financeira indica viabilidade robusta, com break-even alcançável no primeiro ano e expansão progressiva sustentada por recorrência e digitalização.

Trata-se de um modelo replicável, escalável e alinhado às transformações contemporâneas da economia baseada no conhecimento, configurando-se como uma proposta consistente para tese doutoral em Administração, Empreendedorismo ou Gestão da Inovação.

19. 7 APÊNDICE 7 - ACEITES DOS CAPÍTULOS DA TESE PARA PUBLICAÇÃO EM REVISTAS QUALIFICADAS

- **Revista Aracê**

  Artigo: *"Análise das Interações entre Propriedade Intelectual e Inteligência Artificial em Cidades Inteligentes: Uma Abordagem Quali-Quantitativa com Análise de Clusters"*.

  Situação: Aceito após avaliação por pares em regime **double-blind peer review**.

  Qualis: **B1 (CAPES 2021–2024)**

- **IOSR Journals**

  Artigo: *"Analysis of the Interactions Between Intellectual Property and Artificial Intelligence in Smart Cities: A Qualitative-Quantitative Approach with Cluster Analysis"*.

  Situação: Aceito para publicação após avaliação por pares.

  Qualis: periódico internacional de acesso aberto, no qual colegas já doutores pelo programa publicaram seus capítulos de tese

- **Revista DCS – Derecho y Cambio Social**

  Artigo: *"Análise das Interações entre Propriedade Intelectual e Inteligência Artificial em Cidades Inteligentes: Uma Abordagem Quali-Quantitativa com Análise de Clusters"*.

  Situação: Aceito

  Qualis: periódico jurídico latino-americano, com classificação variável por área, estratos intermediários B

- **International Journal of Arts Humanities and Social Sciences Studies (IJAHSSS)**

  Artigo: *"Analysis of the Interactions Between Intellectual Property and Artificial Intelligence in Smart Cities: A Qualitative-Quantitative Approach with Cluster Analysis"*.

  Situação: Aceito para publicação, sem exigência de revisões relevantes pelos pareceristas.

  Qualis: periódico internacional multidisciplinar

- **International Journal of Development Research**

  Artigo: *"Analysis of the Interactions Between Intellectual Property and Artificial Intelligence in Smart Cities: A Qualitative-Quantitative Approach with Cluster Analysis"*.

  Situação: Aceito para publicação

  Qualis: periódico internacional

19.8 APÊNDICE 8 - MODELO DE NEGÓCIOS CANVA - PLATAFORMA DE GESTÃO DE PI PARA PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS (PMEs) NAS/DAS CIs



PLATAFORMA INOVAIP (HUB DIGITAL)

Modelo de Negócio Tecnológico para Gestão Estratégica de Ativos Intangíveis, ESG e Inovação

1. Fundamentação Estratégica e Justificativa do Modelo

A Plataforma InovaIP configura-se como uma evolução do modelo tradicional de consultoria em Propriedade Intelectual, migrando de uma estrutura predominantemente baseada em serviços para um modelo digital, escalável e orientado a dados, com características de:

- SaaS (Software as a Service)
- PIaaS (Intellectual Property as a Service)
- Plataforma híbrida (autoatendimento + consultoria especializada)

O problema central identificado é estrutural:

- PMEs não possuem gestão sistematizada de ativos intangíveis

- Processos de PI são fragmentados e reativos
- ESG e inovação não são integrados à estratégia de PI
- Alto custo e baixa previsibilidade na gestão jurídica tradicional

A plataforma surge como solução tecnológica integrada, com foco em democratização, previsibilidade e inteligência estratégica.

2. Arquitetura da Solução Tecnológica

2.1 Estrutura Geral

A solução consiste em uma plataforma digital (web com futura expansão mobile) denominada InovaIP Hub, estruturada em cinco grandes camadas:

1. Camada de Gestão de PI
2. Camada de Inteligência Artificial Preditiva
3. Camada ESG & Compliance
4. Camada Educacional (LXP)
5. Camada de Governança e Segurança (incluindo blockchain futura)

2.2 Funcionalidades Estruturantes

1. Dashboard Inteligente Integrado

- Visualização em tempo real de:
  - Status de marcas e patentes
  - Contratos e licenças
  - Indicadores ESG
  - Roadmaps de inovação
- Relatórios dinâmicos com KPIs e CTAs estratégicos

2. Módulo de Registro e Acompanhamento

- Inserção e controle de ativos:
  - Marcas
  - Patentes
  - Softwares
  - Direitos autorais
  - NDAs e contratos
- Alertas automáticos de vencimento e risco

3. IA Aplicada

- Diagnóstico automatizado de maturidade em PI
- Sugestões preditivas com base em:
  - Setor
  - Histórico
  - Benchmarking
- Análise de probabilidade de sucesso de pedidos

4. Checklist ESG e PI

- Autoavaliação baseada em normas nacionais e internacionais
- Implementação guiada de boas práticas

5. LXP – Academia InovaIP

- Cursos e trilhas de aprendizagem
- Certificação digital

- Futuro uso de blockchain para validação de certificados

3. Diferenciais Competitivos

O modelo se diferencia por integrar:

- IA preditiva aplicada à PI
- Gamificação da conformidade
- Integração com APIs públicas e privadas
- Potencial uso de blockchain para:
  - Timestamping (prova de autoria)
  - Smart contracts
  - Tokenização de ativos
  - Rastreabilidade ESG
  - Due diligence automatizada

Essa integração posiciona a plataforma como infraestrutura digital estratégica e não apenas ferramenta jurídica.

4. Modelo de Monetização

4.1 Estrutura de Assinaturas

Modelo recorrente com três planos:

Standard

- Acesso ao dashboard
- Diagnóstico básico
- Suporte via chat
- Público: MEIs e startups early-stage

Intermediário

- Relatórios personalizados
- Cursos exclusivos
- Atendimento híbrido (IA + consultor)
- Público: PMEs estruturadas, universidades, governo

Prime

- IA preditiva avançada
- Benchmarking setorial
- Mentoria mensal
- Planos de ação estratégicos
- Público: empresas maduras e grandes organizações

O modelo é caracterizado por:

- Receita recorrente
- Estratégia de upgrade (upsell)
- LTV ampliado
- Possibilidade futura de publicidade segmentada e licenciamento institucional

5. Estrutura de Custos

5.1 Desenvolvimento (1º ano)

Investimento estimado: R$ 253.000

Inclui:

- Desenvolvimento MVP
- Infraestrutura cloud
- Licenças e APIs
- UX/UI
- Segurança e LGPD
- Testes de usabilidade

5.2 Marketing e Operação

Investimento estimado: R$ 118.000

Inclui:

- Marketing digital
- Produção de conteúdo
- Gestão de redes sociais
- Estratégia de posicionamento
- Parcerias estratégicas

6. Estratégia de Crescimento e Escalabilidade

6.1 Expansão Territorial

Foco inicial em polos tecnológicos:

- São Paulo
- Rio de Janeiro
- Belo Horizonte

- Porto Alegre

6.2 Setores Verticais

Customização por segmento:

- Agronegócio
- Indústria criativa
- Tecnologia
- Economia circular

6.3 Estratégia de Crescimento

- Inbound marketing
- Growth hacking
- Webinars e conteúdo educativo
- Parcerias com incubadoras e universidades
- Programa de indicação

7. Business Model Canvas Consolidado

Proposta de Valor

Plataforma inteligente para gestão estratégica de ativos intangíveis integrada a ESG e inovação.

Segmentos

- PMEs
- Startups
- Universidades e NITs
- Órgãos públicos

- Incubadoras e parques tecnológicos

Fontes de Receita

- Assinaturas
- Consultorias sob demanda
- Licenciamento institucional
- Cursos pagos
- Publicidade segmentada (fase avançada)
- Editais e investimentos

Recursos-Chave

- Equipe técnica (dev, dados, UX)
- Especialistas jurídicos e ESG
- Infraestrutura cloud
- Parcerias estratégicas

8. Sustentabilidade Econômica do Modelo

O modelo apresenta características de alta escalabilidade devido a:

- Custos marginais decrescentes por usuário
- Receita recorrente
- Digitalização do serviço
- Automação via IA
- Cross-sell entre plataforma e consultoria

A transição da consultoria tradicional para modelo SaaS + PIaaS:

- Aumenta previsibilidade financeira
- Reduz dependência da fundadora
- Amplia valuation do negócio
- Possibilita captação via investidores e editais

9. Análise Estratégica sob Perspectiva Teórica

O modelo integra:

- Economia dos Ativos Intangíveis
- Resource-Based View (RBV)
- Plataformização de serviços jurídicos
- Transformação digital em serviços profissionais
- Governança orientada a ESG
- Inovação aberta e ecossistemas

Configura-se como um modelo híbrido:

Consultoria especializada + Plataforma tecnológica + Educação + Infraestrutura digital de governança.

10. Conclusão

A Plataforma InovaIP representa uma evolução estrutural do modelo de consultoria tradicional em Propriedade Intelectual, convertendo conhecimento jurídico em infraestrutura digital estratégica.

Seu potencial reside em:

- Escalabilidade tecnológica
- Monetização recorrente

- Integração ESG
- Inteligência preditiva aplicada
- Possível adoção de blockchain como camada de segurança e rastreabilidade

Trata-se de um modelo compatível com a economia do conhecimento, alinhado à digitalização de serviços profissionais e adequado como objeto de investigação doutoral nas áreas de:

- Administração Estratégica
- Empreendedorismo Tecnológico
- Gestão da Inovação
- Propriedade Intelectual e Transformação Digital



19.9 APÊNDICE 9 - CONTEXTO E REFERENCIAL LEGAL E JURÍDICO

Categoria	Elementos Internacionais / Conceituais	Contexto Brasileiro
Definição e conceito	Cidades inteligentes utilizam tecnologias digitais para eficiência, sustentabilidade e resiliência urbana (modelo União Europeia)	Definição consolidada na Carta Brasileira para Cidades Inteligentes (2020) com foco em desenvolvimento sustentável e qualidade de vida
Abordagem teórica	Modelo sistêmico baseado em dados, governança, inovação e participação social	Aplicação progressiva em políticas públicas e planejamento urbano orientado por dados
Governança inteligente	Governo digital, dados abertos, transparência e participação cidadã	Avanços em governo eletrônico, portais de transparência e serviços digitais municipais
Mobilidade inteligente	Integração modal, sistemas inteligentes de transporte e monitoramento em tempo real	Experiências em grandes cidades com uso de dados e políticas de mobilidade urbana sustentável
Sustentabilidade ambiental	Uso de IoT, eficiência energética, gestão de resíduos e monitoramento climático	Políticas urbanas voltadas à sustentabilidade, ainda com desigualdade regional na implementação
Dimensão econômica	Ecossistemas de inovação, startups, parques tecnológicos e inovação aberta	Crescimento de hubs tecnológicos, parques e incentivos ao empreendedorismo urbano
Dimensão social	Inclusão digital, acesso equitativo a serviços e redução de desigualdades	Desafios relacionados à inclusão digital e desigualdades socioespaciais

Exemplos de cidades	Referências globais em inovação urbana	São Paulo, Curitiba, Florianópolis, Campinas e Recife como destaques nacionais
Base normativa urbana	Diretrizes internacionais de desenvolvimento urbano sustentável	Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001)
Governança digital	Princípios de uso da internet e dados em políticas públicas	Marco Civil da Internet (Lei nº 12.965/2014)
Proteção de dados	Regulação internacional sobre privacidade e dados	Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD (Lei nº 13.709/2018)
Inovação e CT&I	Políticas de incentivo à inovação e cooperação tecnológica	Lei de Inovação (Lei nº 10.973/2004 e Lei nº 13.243/2016)
Startups e sandbox	Ambientes regulatórios experimentais para inovação	Marco Legal das Startups (LC nº 182/2021)
Propriedade intelectual e inovação	Proteção da inovação em ambientes tecnológicos	Debate legislativo (ex.: PL 5810/2025)
Estratégias nacionais	Diretrizes de transformação digital e IA	Estratégia Brasileira de Transformação Digital e Estratégia Brasileira de IA
Governança institucional	Integração entre atores públicos e privados	Dependência da capacidade institucional dos municípios
Desafios estruturais	Integração de tecnologia, governança e inclusão	Desigualdade regional, capacidade administrativa e coordenação federativa
Síntese	Modelo urbano orientado por dados, tecnologia e sustentabilidade	Necessidade de arranjos institucionais para garantir inclusão e efetividade

O fortalecimento das Cidades Inteligentes no Brasil depende da convergência estruturada entre política urbana, transformação digital, inovação tecnológica e regulação da Inteligência Artificial. O ordenamento jurídico nacional vem, de forma progressiva, incorporando instrumentos que estruturam esse ecossistema regulatório, permitindo integrar planejamento territorial, infraestrutura digital e governança de dados em um modelo urbano tecnologicamente orientado.

A base normativa da política urbana permanece o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), que estabelece diretrizes gerais e consagra o princípio da função social da cidade. Esse marco possibilita articular planejamento urbano, desenvolvimento sustentável e gestão democrática com soluções digitais, zoneamento inteligente e uso estratégico de dados urbanos para formulação de políticas públicas baseadas em evidências.

No campo da mobilidade, a Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012) prioriza transporte coletivo, integração modal e sustentabilidade, fundamentos essenciais para a mobilidade inteligente apoiada em Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), sensores urbanos e análise preditiva de fluxos. A mobilidade constitui indicador estratégico em padrões internacionais como a ISO 37122, relacionando eficiência operacional, redução de emissões e qualidade de vida.

Projetos legislativos como o PL 1702/2019 e o PL 976/2021 sinalizam a tentativa de consolidação de diretrizes nacionais específicas para Cidades Inteligentes, promovendo integração entre planejamento urbano, infraestrutura digital, dados abertos e inovação tecnológica — movimento que aponta para a institucionalização de uma Política Nacional de Cidades Inteligentes.

No eixo da transformação digital, o Marco Civil da Internet (Lei nº 12.965/2014) estabelece princípios estruturantes do ambiente digital brasileiro, como proteção de direitos fundamentais e garantia de neutralidade de rede. Adicionalmente, a Lei de Governo Digital (Lei nº 14.129/2021) institui diretrizes de desburocratização, interoperabilidade e digitalização de serviços públicos, criando bases normativas para plataformas integradas de gestão urbana. O Decreto 9.319/2018 reforça a Estratégia de Governança Digital, promovendo integração de bases de dados e ampliação de serviços digitais.

No âmbito da proteção de dados e das garantias fundamentais, a Lei Geral de Proteção de Dados (Lei nº 13.709/2018) estabelece parâmetros obrigatórios para o tratamento de dados pessoais pelo poder público, aspecto central em cidades que operam com big data, videomonitoramento e sistemas de Inteligência Artificial. A atuação da Autoridade Nacional de Proteção de Dados

assegura fiscalização, harmonização interpretativa e segurança jurídica na governança de dados urbanos.

A interface entre cidades inteligentes e direitos fundamentais exige, ainda, governança algorítmica responsável, especialmente em aplicações de segurança pública, reconhecimento automatizado e mobilidade preditiva. A mitigação de riscos de vigilância excessiva, discriminação automatizada e opacidade decisória torna-se condição essencial para equilibrar eficiência tecnológica e proteção das liberdades individuais.

Assim, o fortalecimento das Cidades Inteligentes no Brasil demanda não apenas infraestrutura digital avançada, mas um arcabouço jurídico-institucional integrado, capaz de articular política urbana, governo digital, inovação tecnológica e salvaguarda de direitos fundamentais em um modelo sustentável, confiável e orientado por princípios democráticos.

A Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial estabelece princípios para uso ético, transparente e responsável da IA no setor público e privado. Adicionalmente, o PL 2388/2023 propõe marco regulatório da IA baseado em abordagem de risco, exigindo governança, supervisão humana e avaliação de impacto algorítmico.

A regulamentação da IA possui interface direta com cidades inteligentes ao disciplinar sistemas preditivos de segurança, mobilidade, gestão energética e serviços públicos digitais.

O chamado Plano Brasileiro de IA 2025 (em formulação estratégica governamental) orienta investimentos em infraestrutura computacional, capacitação e inovação aplicada ao setor público, reforçando o papel da IA como tecnologia estruturante do espaço urbano digital.

A Estratégia Brasileira de Transformação Digital articula digitalização governamental, economia digital e infraestrutura tecnológica. Normas complementares, como diretrizes expedidas por ministérios setoriais (ex.: Portarias do MDIC voltadas à digitalização industrial e cidades inteligentes), reforçam integração entre política industrial e inovação urbana.

Estados brasileiros vêm incorporando políticas próprias. Destacam-se:

- PL 2294/2025 – propõe diretrizes estaduais para cidades inteligentes, integração digital e inovação territorial.

- PL 416/2023 – estabelece princípios para transformação digital e inovação urbana no estado.

Essas iniciativas evidenciam movimento federativo de internalização do paradigma inteligente, ampliando a capilaridade normativa.

O ordenamento jurídico brasileiro revela arquitetura normativa multifacetada, estruturada em cinco eixos convergentes:

1. Política urbana e mobilidade sustentável

2. Governança digital e interoperabilidade

3. Proteção de dados e garantias fundamentais

4. Inovação, ciência e ecossistemas tecnológicos

5. Regulação da Inteligência Artificial

A prospecção tecnológica e a análise da dinâmica da inovação exigem o uso sistemático de bases de dados patentárias internacionais consolidadas. Essas plataformas constituem instrumentos fundamentais para estudos de estado da técnica, mapeamento de tendências tecnológicas, análise de liberdade de operação e avaliação de políticas públicas de inovação.

A consolidação das Cidades Inteligentes no Brasil não depende apenas da adoção tecnológica, mas da coerência regulatória, coordenação federativa e capacidade institucional. A cidade inteligente juridicamente sustentável é aquela que harmoniza inovação, segurança jurídica, proteção de direitos e desenvolvimento inclusivo.

Comparação dos Instrumentos Normativos da Propriedade Intelectual: Âmbito Internacional e Brasileiro

Categoria	**Âmbito Internacional**	**Âmbito Nacional (Brasil)**
Base normativa geral	Sistema multilateral de tratados harmonizados	Legislação interna específica por modalidade
Acordo central	TRIPS Agreement (OMC) define padrões mínimos	Constituição Federal e leis infraconstitucionais

Propriedade industrial (base)	Paris Convention (prioridade unionista)	Lei nº 9.279/1996 (LPI)
Direitos autorais	Berne Convention	Lei nº 9.610/1998
Patentes (registro)	Patent Cooperation Treaty (PCT)	INPI realiza exame e concessão
Marcas (registro)	Madrid Protocol	Registro nacional via INPI
Desenho industrial	Hague Agreement	Proteção via INPI
Indicações geográficas	Lisbon Agreement	Registro de IG no INPI
Classificação de marcas	Nice Classification	Adotada pelo INPI
Cultivares	UPOV Convention	Lei nº 9.456/1997
Biodiversidade	Convention on Biological Diversity	MP nº 2.186-16/2001
Biotecnologia	Budapest Treaty	Lei nº 11.105/2005
Acesso à informação	Marrakesh Treaty	Aplicação na legislação autoral
Interpretação jurídica	Vienna Convention on the Law of Treaties	Aplicação subsidiária no direito brasileiro
Saúde pública	Doha Declaration (TRIPS e saúde)	Aplicação em políticas públicas
Harmonização avançada	TRIPS-Plus	Adoção seletiva no Brasil
Instituições	WIPO	INPI

Mensuração de P&D	Frascati Manual	Utilizado em estatísticas nacionais
Mensuração da inovação	Oslo Manual	Base para PINTEC/IBGE
Estatísticas de patentes	Patent Statistics Manual	Aplicação em análises nacionais
Indicadores CT&I	UNESCO	IBGE e MCTI

A informação apresentada evidencia que a estrutura normativa da propriedade intelectual resulta da articulação entre padrões internacionais harmonizados e a internalização desses instrumentos no ordenamento jurídico brasileiro, conformando um ambiente regulatório complexo e multifacetado. Esse arcabouço não apenas assegura a proteção jurídica da inovação, mas também estabelece bases institucionais para sua mensuração e governança. Nesse contexto, a análise de rankings e sistemas de monitoramento urbano, como o Connected Smart Cities, permite observar como tais fundamentos normativos e metodológicos se materializam em indicadores concretos de desempenho, especialmente no âmbito da governança urbana inteligente e da transformação digital sustentável.

O Ranking Connected Smart Cities 2025 avalia os 5.570 municípios brasileiros com base em 75 indicadores distribuídos em 13 eixos, fundamentados nas normas ABNT NBR ISO 37120, 37122, 37123 e ISO 37125, articuladas aos ODS e à metodologia SDSN (CONNECTED SMART CITIES, 2025). A metodologia utiliza normalização mínimo-máximo (0–100) e média aritmética simples, com foco em desempenho absoluto. A coleta ocorreu entre janeiro e julho de 2025, a partir de bases oficiais. A plataforma MySmartCity apoia monitoramento e certificação ISO. Persistem gargalos como ausência de dados, heterogeneidade metodológica e baixa maturidade informacional municipal.

O Ranking Cidades Inovadoras e Sustentáveis fundamenta-se na ISO 37120 para mensuração padronizada do desempenho urbano (BRIGHT CITIES, 2023). Avalia municípios com indicadores normalizados em governança, mobilidade, meio ambiente, saúde e inovação. Baseia-se em dados oficiais auditáveis e comparáveis internacionalmente. Estrutura indicadores essenciais e de apoio

conforme a norma ISO. Configura instrumento técnico de benchmarking e estímulo à melhoria contínua da gestão municipal.

O Ranking Estados Inovadores e Sustentáveis utiliza média geométrica das três maiores cidades por população em cada unidade federativa (BRIGHT CITIES, 2023). Fundamenta-se na ISO 37120 para permitir comparabilidade interestadual. Evidencia concentração de melhores resultados nas regiões Sul e Sudeste. Destaca Paraná, São Paulo e Santa Catarina nas primeiras posições. Reforça a mensuração padronizada como instrumento de avaliação do desenvolvimento urbano sustentável.

A ISO apresenta em seu material a estrutura normativa da ISO/TC 268 e sua internalização pela ABNT/CEE-268 como base para cidades sustentáveis, resilientes e inteligentes (ABIKO, 2021). Define sistemas de gestão e 276 indicadores previstos nas normas ISO 37120, 37122 e 37123, sendo 80 voltados a cidades inteligentes. Abrange 19 temas como governança, mobilidade, energia, meio ambiente e telecomunicações. Não se trata de amostra estatística, mas aplicação normativa universal. Aponta desafios como ausência de benchmarks, complexidade institucional e dificuldades de internalização local.

Já a obra da CHICS propõe modelo centrado nas pessoas, estruturado na Teoria das Cinco Camadas e nas Sete Dimensões das CHICS (IBCIHS, 2020). Integra governança, financiamento inteligente, mobilidade, economia e infraestrutura tecnológica. Apresenta o Plano Mestre de CHICS e o NASCIH como instrumentos operacionais. Defende participação cidadã e continuidade administrativa como pilares institucionais. Enfatiza resiliência, sustentabilidade e inovação no contexto urbano brasileiro.

O estudo do CBIC analisa a evolução do conceito de cidades inteligentes no Brasil e no exterior (CBIC, 2021). Destaca planejamento estratégico, governança integrada e uso intensivo de dados. Compara experiências internacionais estruturadas com o cenário brasileiro de desigualdades e limitações fiscais. Enfatiza parcerias público-privadas e marcos regulatórios como condicionantes institucionais. Conclui pela necessidade de ecossistemas colaborativos e planejamento de longo prazo.

O Parlamento Europeu define em estudo Smart Cities como integração entre capital humano, tecnologia e governança participativa (PARLAMENTO EUROPEU, 2014). Enfatiza inovação institucional, mobilidade sustentável e eficiência energética. Destaca governança multinível e financiamento estruturado como condições de viabilidade. Identifica riscos de fragmentação

regulatória e exclusão digital. Apresenta tipologias e estudos de caso europeus para mensuração de impactos.

O relatório da Mckinsey analisa impactos das tecnologias digitais na qualidade de vida urbana (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2018). Propõe métricas de resultado em segurança, mobilidade, saúde e meio ambiente. Indica potencial de melhoria de 10% a 30% conforme maturidade digital. Destaca uso de dados em tempo real e analytics como diferencial estratégico. Alerta para desigualdades digitais e necessidade de governança de dados confiável.

O estudo da Câmara dos Deputados define cidade inteligente como integração entre capital humano, tecnologia e governança participativa (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2021). Diferencia paradigmas hard e soft. Estrutura cinco dimensões essenciais, incluindo sustentabilidade e economia do conhecimento. Propõe a Política Nacional de Cidades Inteligentes (PNCI). Enfatiza transparência, indicadores e articulação federativa.

O Smart Cities Marketplace resulta da fusão do EIP-SCC e do SCIS como plataforma estratégica da Comissão Europeia (EUROPEAN UNION, 2021). Estrutura-se nos eixos Explore, Shape e Deal. Disponibiliza projetos demonstradores e ferramentas de autoavaliação. Oferece guidance package para estruturação financeira. Conecta cidades a investidores por rede estruturada.

O EU Framework for Sustainable Urban Mobility estrutura a política europeia para enfrentar congestionamento, emissões e sinistralidade urbana (EUROPEAN COMMISSION, 2019). Estabelece metas como redução pela metade do uso de veículos convencionais até 2030 e eliminação até 2050. Define logística urbana neutra em carbono até 2030 e visão zero mortes no trânsito até 2050. Consolida os Sustainable Urban Mobility Plans (SUMPs) como instrumento central de planejamento integrado. Articula legislação, financiamento e inovação tecnológica em abordagem multinível de transição limpa e segura.

Os SUMPs configuram metodologia estruturada para planejamento estratégico e integrado da mobilidade urbana (EUROPEAN COMMISSION, 2013). Baseiam-se em abordagem participativa e orientada por resultados mensuráveis. Integram transporte público, mobilidade ativa, logística urbana e gestão da demanda. Estabelecem monitoramento contínuo por indicadores de desempenho. Funcionam como instrumento técnico-operacional para implementação das metas europeias de descarbonização.

O SUMI propõe conjunto padronizado de indicadores para avaliação comparativa da mobilidade urbana (EUROPEAN COMMISSION, 2019b). Estrutura métricas em acessibilidade, segurança viária, emissões, eficiência e qualidade do transporte público. Permite benchmarking entre cidades europeias. Apoia monitoramento dos objetivos climáticos e de segurança. Consolida abordagem baseada em evidências e dados harmonizados.

A estratégia Europeia da Comissão estabelece diretrizes para eletrificação veicular, combustíveis alternativos e eficiência energética (EUROPEAN COMMISSION, 2016). Vincula políticas de transporte às metas climáticas da União Europeia. Incentiva inovação tecnológica e infraestrutura de recarga. Integra instrumentos regulatórios e financeiros. Contribui para transição sistêmica do setor de transportes.

A Declaração de Graz reforça compromisso político com mobilidade sustentável, segura e acessível (EUROPEAN UNION, 2018). Prioriza redução de emissões e fortalecimento do transporte público. Defende integração entre planejamento urbano e transporte. Estimula cooperação entre Estados-membros. Consolida alinhamento institucional em nível europeu.

A Estratégia Climática estabelece meta de neutralidade climática até 2050 (EUROPEAN COMMISSION, 2018). Define transporte urbano como setor prioritário para redução de CO_2. Incentiva inovação, digitalização e eficiência energética. Integra planejamento territorial e políticas de mobilidade. Estrutura transição progressiva para economia de baixo carbono.

A iniciativa CIVITAS promove projetos demonstradores de mobilidade sustentável em cidades europeias (EUROPEAN COMMISSION, 2020). Financia soluções inovadoras em transporte limpo e inteligente. Estimula replicabilidade e escalabilidade. Opera como laboratório urbano experimental. Apoia implementação prática dos objetivos do EU Framework.

Os ITS incorporam tecnologias digitais para gestão eficiente do tráfego e segurança viária (EUROPEAN COMMISSION, 2010). Utilizam dados em tempo real para otimização de fluxos. Integram sensores, plataformas digitais e infraestrutura conectada. Contribuem para redução de congestionamentos e emissões. Representam base tecnológica da mobilidade inteligente.

A política europeia estabelece meta de logística urbana neutra em carbono até 2030 (EUROPEAN COMMISSION, 2019). Incentiva uso de veículos elétricos e soluções de distribuição inteligente. Promove hubs logísticos urbanos e racionalização de entregas. Integra planejamento urbano e gestão de cadeias de suprimento. Reduz impactos ambientais e congestionamento.

O modelo europeu combina metas estratégicas, indicadores padronizados e instrumentos financeiros (EUROPEAN COMMISSION, 2019). Articula níveis local, nacional e supranacional. Baseia-se em planejamento orientado por evidências e avaliação contínua. Integra mobilidade, clima e inovação tecnológica. Consolida governança coordenada para transição sustentável.

Finalmente, a temática da robótica é apresentada como aplicação física da Inteligência Artificial em ambientes dinâmicos e produtivos (KREUTZER; SIRRENBERG, 2020). Integra redes neurais, machine learning e deep learning para percepção e decisão autônoma. Opera com processamento sensorial e adaptação por experiência. Aplica-se à indústria, logística e mobilidade autônoma. Representa materialização concreta da IA na automação organizacional.

O machine learning permite que sistemas aprendam padrões a partir de grandes volumes de dados (KREUTZER; SIRRENBERG, 2020). Baseia-se em modelos estatísticos e redes neurais para reconhecimento e previsão. Sustenta aplicações em análise preditiva e automação decisória. Amplia eficiência operacional em ambientes complexos. Constitui base algorítmica das soluções inteligentes urbanas.

O deep learning utiliza arquiteturas de múltiplas camadas neurais para análise de dados complexos (KREUTZER; SIRRENBERG, 2020). Viabiliza reconhecimento de imagem, voz e padrões sofisticados. Opera com grande capacidade computacional e bases extensas. Permite decisões automatizadas com maior precisão. Sustenta aplicações avançadas em mobilidade e serviços urbanos digitais.

O reinforcement learning fundamenta-se em aprendizado por tentativa e erro com recompensas e penalidades (KREUTZER; SIRRENBERG, 2020). Permite otimização progressiva de estratégias decisórias. Aplica-se à robótica e condução autônoma. Exige ambiente de simulação ou interação contínua. Contribui para sistemas adaptativos em cidades inteligentes.

Já, a transformação digital do setor público exige interoperabilidade e gestão estratégica de dados (OCDE, 2020). Enfatiza políticas baseadas em evidências e coordenação institucional. Requer cultura organizacional orientada à inovação. Identifica fragmentação administrativa como obstáculo estrutural. Posiciona dados como ativo central da governança contemporânea.

Plataformas digitais estruturam integração de serviços urbanos e compartilhamento de informações (CONNECTED SMART CITIES, 2025). Permitem monitoramento por indicadores e visualização de desempenho. Apoiam certificações e planejamento estratégico. Facilitam

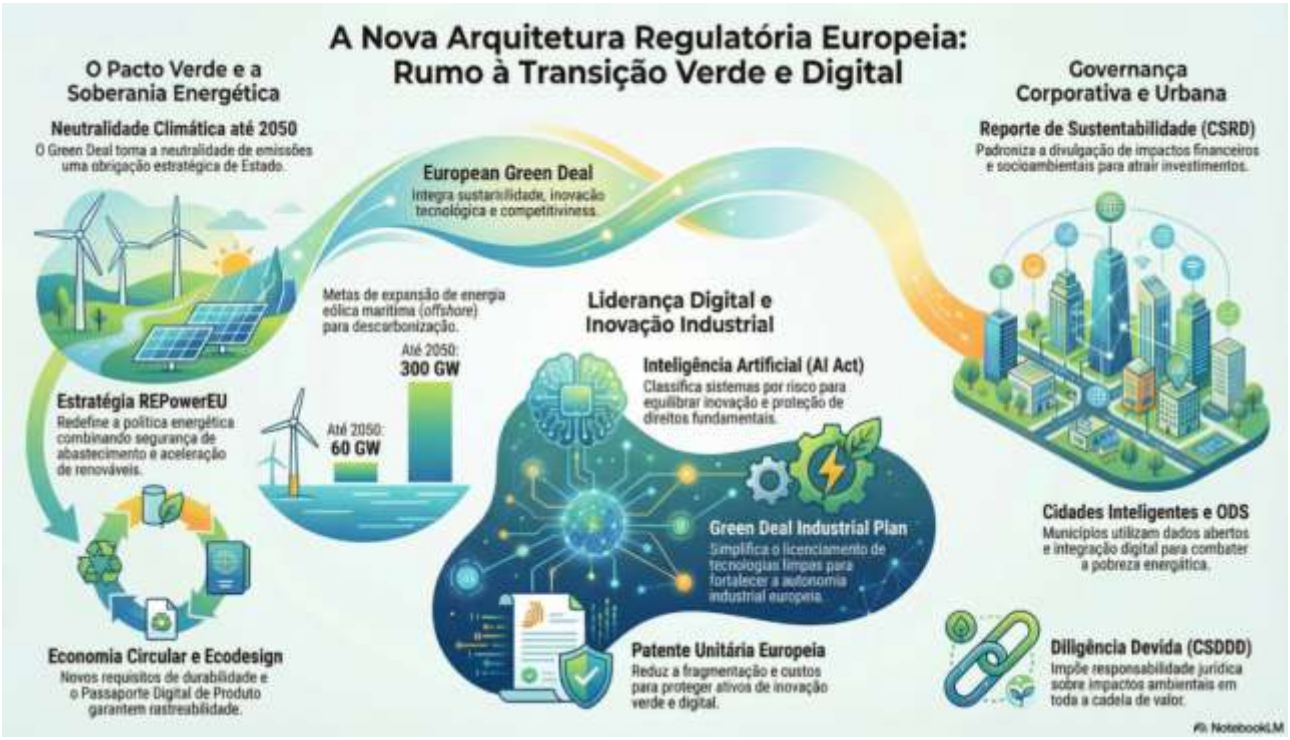
interoperabilidade entre setores municipais. Consolidam infraestrutura digital de suporte à gestão inteligente.

A governança orientada por dados baseia-se em métricas padronizadas e evidências empíricas (BRIGHT CITIES, 2023). Viabiliza benchmarking e comparação intermunicipal. Exige qualidade, consistência e auditabilidade das bases informacionais. Reduz assimetria informacional na formulação de políticas públicas. Reforça accountability e transparência administrativa.

O uso de IA em escritórios de propriedade intelectual amplia eficiência administrativa e técnica (GUERRANTE, 2022). Inclui classificação automatizada, busca de anterioridade e tradução automática. Identifica desafios relacionados à qualidade de dados e confiabilidade sistêmica. Aponta que mais da metade dos escritórios analisados utilizam ou desenvolvem IA. Destaca cooperação internacional como estratégia de padronização e eficiência.

Projetos urbanos inteligentes demandam estrutura tecnológica escalável e financeiramente viável (EUROPEAN UNION, 2021). Integram inovação, financiamento e replicabilidade. Dependem de articulação entre atores públicos e privados. Exigem modelagem de negócios sustentável. Viabilizam a expansão de soluções inteligentes em larga escala.

19.10 APÊNDICE 10 -ARQUITETURA REGULATÓRIA EUROPEIA PARA CIDADES INTELIGENTES



A arquitetura regulatória da União Europeia para a transição verde-digital consolida-se a partir do European Green Deal, que estabelece a neutralidade climática até 2050 como eixo estruturante do modelo de desenvolvimento europeu (EUROPEAN UNION, 2021). O Pacto redefine a política econômica ao integrar clima, energia, indústria, mobilidade e agricultura sob lógica sistêmica de descarbonização, inovação tecnológica e competitividade sustentável. Ao dissociar crescimento econômico do uso intensivo de recursos naturais, o Green Deal inaugura um paradigma regulatório orientado à economia circular e à precificação de carbono.

O COM(2019) 640, que formaliza o Pacto Ecológico Europeu, estrutura metas intermediárias, mecanismos de financiamento e instrumentos de coordenação macroeconômica vinculados ao Semestre Europeu (COMISSÃO EUROPEIA, 2019). O documento consolida a sustentabilidade como vetor transversal das políticas públicas, articulando justiça social, coesão territorial e modernização industrial. Trata-se de um marco normativo que transforma objetivos ambientais em obrigação estratégica de Estado.

Adicionalmente, o marco de neutralidade climática juridicamente vinculante reforça a previsibilidade regulatória e alinha os Estados-Membros às metas de redução de emissões de longo prazo (UNIÃO EUROPEIA, 2021). A institucionalização da meta de neutralidade até 2050 reduz incertezas para investidores e cria ambiente favorável à inovação limpa, consolidando a transição ecológica como política econômica estrutural.

No contexto geopolítico recente, o REPowerEU redefine a política energética europeia ao combinar segurança de abastecimento, aceleração de energias renováveis e eficiência energética (EUROPEAN COMMISSION, 2022). A estratégia responde à vulnerabilidade externa e reforça a autonomia estratégica aberta, articulando-se ao Mecanismo de Recuperação e Resiliência. Energia passa a ser simultaneamente instrumento climático e vetor de resiliência econômica.

O Green Deal Industrial Plan amplia essa lógica ao posicionar a política industrial como mecanismo central da transição para emissões líquidas zero (COMISSÃO EUROPEIA, 2023). Estruturado em simplificação regulatória, financiamento estratégico, qualificação profissional e cadeias de suprimento resilientes, o plano integra iniciativas como o Net-Zero Industry Act. A política climática deixa de ser apenas ambiental e assume dimensão competitiva global.

Nesse contexto, o Regulamento (UE) 2024/1735 fortalece a base produtiva europeia em tecnologias limpas, simplificando licenciamento e priorizando projetos estratégicos (UNIÃO EUROPEIA, 2024). O objetivo é reduzir dependências externas e acelerar a manufatura sustentável, consolidando a autonomia industrial como condição da neutralidade climática.

A transição estrutural também se materializa na regulação de produtos. O Regulamento de Ecodesign para Produtos Sustentáveis amplia requisitos de circularidade, durabilidade e rastreabilidade digital por meio do Digital Product Passport (EUROPEAN COMMISSION, 2022). A política industrial passa a incorporar critérios ambientais desde a concepção do produto, internalizando externalidades e reforçando cadeias circulares.

No setor agroalimentar, a Estratégia “Do Prado ao Prato” integra metas de redução de pesticidas, ampliação da agricultura biológica e sustentabilidade alimentar ao Pacto Ecológico (COMISSÃO EUROPEIA, 2020). A abordagem articula saúde pública, biodiversidade e competitividade agrícola, conectando produção rural à agenda climática.

A governança corporativa também é reconfigurada. A Diretiva de Diligência Devida em Sustentabilidade impõe obrigações vinculantes sobre impactos ambientais e direitos humanos nas

cadeias globais de valor (EUROPEAN COMMISSION, 2022). O regime marca transição de responsabilidade voluntária para responsabilidade jurídica estruturada, ampliando accountability empresarial.

A Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) amplia e padroniza o reporte de sustentabilidade com base na dupla materialidade (COMISSÃO EUROPEIA, 2021). Ao exigir divulgação estruturada e auditável de impactos financeiros e socioambientais, a CSRD fortalece transparência, comparabilidade e alocação eficiente de capital. Sustentabilidade torna-se, assim, variável central da governança econômica europeia.

1. Governança Energética e Infraestrutura Estratégica

A consolidação da transição climática europeia depende da reconfiguração estrutural do sistema energético e das infraestruturas estratégicas. A Estratégia para Energias Renováveis Offshore (COM(2020) 550) posiciona a energia eólica marítima como vetor central da descarbonização até 2050 (COMISSÃO EUROPEIA, 2020). O planejamento marítimo coordenado, a integração de redes transfronteiriças e o desenvolvimento de projetos híbridos são apresentados como instrumentos para ampliar capacidade instalada e reduzir custos sistêmicos.

O documento complementar COM(2020) 741 projeta metas quantitativas ambiciosas — 60 GW até 2030 e 300 GW até 2050 — consolidando a energia offshore como infraestrutura estratégica da neutralidade climática (COMISSÃO EUROPEIA, 2020). A expansão requer investimentos significativos, cadeias industriais resilientes e harmonização regulatória entre Estados-Membros.

Sob perspectiva regulatória, o SWD(2020) 273 analisa adaptações necessárias no desenho do mercado elétrico para acomodar projetos híbridos offshore (COMISSÃO EUROPEIA, 2020). O relatório aborda zonas de bidding, interconectores e redistribuição de receitas de congestionamento, indicando que o arcabouço existente permite integração progressiva mediante ajustes técnicos e coordenação institucional.

A análise prospectiva sobre Offshore Renewable Energy and Grids reforça a necessidade de integração multienergética, com uso de redes HVDC e produção de hidrogênio renovável como mecanismos de armazenamento e flexibilidade sistêmica (EUROPEAN COMMISSION, 2022). A infraestrutura elétrica deixa de ser mero suporte e passa a desempenhar função estruturante na transformação produtiva europeia.

A Avaliação dos Planos Nacionais de Energia e Clima (COM(2020) 564) evidencia avanços, mas também lacunas na ambição e no financiamento das metas 2030 (COMISSÃO EUROPEIA, 2020). O documento recomenda fortalecimento de renováveis, eficiência energética e inovação tecnológica, reforçando a necessidade de alinhamento multinível.

O SWD(2016) 390 conecta política energética europeia aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente ao ODS 7 (COMISSÃO EUROPEIA, 2016). A integração entre União da Energia, eficiência e descarbonização reforça a coerência entre agenda climática interna e compromissos internacionais.

A dimensão estatística é fortalecida pelo Regulamento (UE) 2020/2155, que amplia obrigações de reporte energético e garante comparabilidade de dados entre Estados-Membros (UNIÃO EUROPEIA, 2020). A qualidade da informação torna-se elemento central da governança baseada em evidências.

No campo das infraestruturas de transporte, a Diretiva (UE) 2021/1187 simplifica o licenciamento de projetos da Rede Transeuropeia de Transportes (RTE-T), reduzindo fragmentação administrativa e estabelecendo autoridade coordenadora única (PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA, 2021). A eficiência regulatória é apresentada como condição para execução tempestiva de projetos estratégicos.

A metodologia TEN-T complementa esse arcabouço ao estruturar a rede europeia em componentes principal e abrangente, com critérios de conectividade multimodal e interoperabilidade (EUROPEAN COMMISSION, 2013). A infraestrutura física é concebida como elemento de coesão territorial e integração do mercado interno.

Os dados consolidados em *Key Figures on European Transport* evidenciam predominância do modal rodoviário e impactos da pandemia sobre mobilidade e emissões (EUROSTAT, 2022). O setor de transportes emerge como área crítica para redução de carbono, exigindo inovação tecnológica e reorganização modal.

Em conjunto, os instrumentos normativos e analíticos deste bloco demonstram que a transição energética europeia é estruturada por integração regulatória, coordenação multinível e investimentos estratégicos. Energia, transporte e infraestrutura deixam de ser setores isolados e passam a compor um sistema articulado de transformação econômica sustentável.

2. Transição Digital, Inteligência Artificial e Infraestrutura Tecnológica

As Comunicações estruturam a soberania digital europeia até 2030, com foco em dados, IA e infraestrutura tecnológica (COMISSÃO EUROPEIA, 2020a; 2020b; 2020c). Definem metas de conectividade, espaços europeus de dados e regulação ex-ante, estimando impacto econômico positivo via investimento tecnológico e reforçando governança baseada em segurança e direitos fundamentais.

O Artificial Intelligence Act estabelece um regime harmonizado para sistemas de IA na União Europeia, com abordagem baseada em risco (EUROPEAN COMMISSION, 2021). Classifica práticas proibidas, sistemas de alto risco e aplicações de risco limitado, impondo requisitos de transparência, governança de dados, supervisão humana e avaliação de conformidade, buscando equilibrar inovação e proteção de direitos fundamentais.

A proposta de Diretiva adapta regras de responsabilidade civil aos danos causados por IA, enfrentando dificuldades probatórias decorrentes de opacidade e autonomia tecnológica (COMISSÃO EUROPEIA, 2022). Introduz presunções de causalidade e medidas de acesso à prova para assegurar proteção efetiva às vítimas e harmonização no mercado interno.

O relatório de impacto identifica incerteza jurídica e ônus probatório excessivo em casos envolvendo IA (COMISSÃO EUROPEIA, 2022). Propõe ajustes para garantir compensação efetiva às vítimas e funcionamento uniforme do mercado interno.

O pacote europeu de inovação em IA integra regulação, infraestrutura computacional e financiamento estratégico (COMISSÃO EUROPEIA, 2024). Cria AI Factories e AI Office para coordenação normativa, mobilizando recursos públicos e privados até 2027, estruturando modelo europeu de IA baseado em confiança e competitividade.

O AI Index 2024 sistematiza indicadores globais sobre desenvolvimento e governança da IA (HAI, 2024). Avalia publicações, patentes, investimentos privados e modelos fundacionais, evidenciando liderança dos EUA e avanço científico da China, defendendo políticas baseadas em evidências e cooperação internacional.

A Neutral Navigational Matrix propõe estrutura metodológica para implementação de IA em cidades sustentáveis, baseada em maturidade de dados, capacidade computacional e integração

sistêmica (ITU, 2022). Enfatiza governança, transparência algorítmica e alinhamento aos ODS como condições para inovação responsável.

3. Inovação, Propriedade Intelectual e Competitividade

O Plano de Ação para Propriedade Intelectual reforça a competitividade europeia por meio da proteção estratégica de ativos intangíveis (COMISSÃO EUROPEIA, 2020). Introduz patente unitária e Tribunal Unificado para reduzir fragmentação, apoia PME e intensifica o combate à contrafação, integrando PI às transições verde e digital.

O Regulamento 1257/2012 cria a patente europeia com efeito unitário, assegurando proteção uniforme nos Estados-Membros participantes (UNIÃO EUROPEIA, 2012). Define regime jurídico indivisível e simplifica procedimentos, fortalecendo o mercado interno e a inovação tecnológica.

O estudo da Comissão Europeia analisa a subutilização econômica de patentes na UE e identifica falhas de mercado como assimetria informacional e altos custos de transação (EUROPEAN COMMISSION, 2012). Propõe melhoria na intermediação tecnológica e instrumentos financeiros para dinamizar ativos intangíveis.

O Programa de Trabalho 2023–2024 fortalece ecossistemas de inovação conectados e inclusivos na União Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2023). Estrutura-se nos eixos CONNECT e INNOVSMES, promovendo integração regional, apoio a PMEs inovadoras e escalabilidade empresarial, alinhando inovação, transição verde e autonomia estratégica europeia.

O SRIP 2024 avalia o desempenho europeu em ciência e inovação frente a desafios estruturais e geopolíticos (COMISSÃO EUROPEIA, 2024). Analisa investimento em P&D, colaboração internacional e transformação tecnológica, enfatizando a dupla transição verde-digital e a autonomia estratégica aberta, subsidiando políticas de longo prazo para competitividade e resiliência.

O relatório metodológico define a estrutura estatística para mensurar desempenho inovador na UE, organizando indicadores em dimensões como condições estruturais, investimentos, atividades e impactos (COMISSÃO EUROPEIA, 2025). Utiliza normalização e índice composto, garantindo consistência longitudinal e alinhamento às prioridades de transição verde e digital, servindo de suporte à formulação de políticas.

Referenciais sobre IA urbana e valorização de patentes convergem na necessidade de governança robusta, métricas confiáveis e eficiência na conversão da inovação em valor econômico e social

(ITU, 2022; EUROPEAN COMMISSION, 2012). A arquitetura regulatória e os instrumentos de mensuração são centrais para reduzir ineficiências sistêmicas e promover competitividade sustentável.

4. Sustentabilidade Corporativa, Reporte e Taxonomia

O ESRS Set 1 estabelece requisitos gerais e padrões ambientais, sociais e de governança aplicáveis à CSRD (UNIÃO EUROPEIA, 2023). Baseia-se na dupla materialidade e organiza divulgações em governança, estratégia, gestão de impactos, riscos e oportunidades, métricas e metas, reforçando comparabilidade e conectividade com demonstrações financeiras.

O ESRS 1 define princípios gerais e características qualitativas para o reporte de sustentabilidade no âmbito da CSRD (EFRAG, 2023). Consolida a dupla materialidade e critérios de relevância, verificabilidade e representação fidedigna, estabelecendo diretrizes para estimativas, dados de terceiros e consolidação em nível de grupo, servindo como base normativa para os demais ESRS.

A taxonomia digital ESRS em XBRL operacionaliza a CSRD com marcação eletrônica estruturada em formato ESEF (EFRAG, 2023). Baseada em Inline XBRL, permite leitura humana e automatizada de mais de mil pontos de dados ESG, refletindo a arquitetura dos ESRS e a dupla materialidade, garantindo comparabilidade e extração analítica padronizada das informações de sustentabilidade.

O documento apresenta fundamentos conceituais dos ESRS no contexto da CSRD, com ênfase na dupla materialidade (KPMG, 2024). Estrutura o reporte em governança, estratégia, gestão de impactos, riscos e oportunidades, métricas e metas, ampliando o escopo para cadeia de valor e stakeholders. Destaca desafios operacionais e asseguração, consolidando o reporte como instrumento estratégico de transparência.

5. Agricultura, Sistema Alimentar e Indicadores Ambientais

O Regulamento 2022/2379 estabelece quadro harmonizado para estatísticas sobre insumos e produtos agrícolas na União Europeia (UNIÃO EUROPEIA, 2022). Consolida dados essenciais para monitorar a Política Agrícola Comum e metas do Pacto Ecológico, ampliando informações sobre fertilizantes, fitofármacos, produção orgânica e nutrientes, integrando fontes administrativas e tecnologias digitais.

O workshop propõe indicadores agroambientais anuais para monitorar impactos da agricultura na CAP, com uso integrado de dados Copernicus e modelagem biofísica (CESCHIA et al., 2021). Prioriza carbono, nitrato e biodiversidade, estruturados em níveis metodológicos progressivos. O modelo SAFYE-CO_2 permite estimativas em escala de pixel, reforçando monitoramento ambiental baseado em evidências.

O relatório avalia o setor agroalimentar europeu pelo framework Produtividade-Sustentabilidade-Resiliência (OECD, 2023). Identifica ganhos produtivos, mas resultados ambientais insuficientes frente ao Green Deal. Defende revisão de pagamentos diretos e instrumentos baseados em desempenho ambiental, apontando a CAP 2023–2027 como oportunidade de alinhamento climático e de biodiversidade.

6. Governança Territorial e Dimensão Urbana

O Guidebook da Comissão Europeia (2023) define indicadores padronizados para monitoramento ambiental urbano em cinco eixos: ar, ruído, água, biodiversidade e resíduos (EUROPEAN COMMISSION, 2023). Estabelece metodologias comparáveis entre municípios, reduz assimetrias informacionais e apoia governança ambiental baseada em evidências.

O Comité das Regiões define cidades inteligentes como instrumento para neutralidade climática e implementação dos ODS (COMITÉ DAS REGIÕES EUROPEU, 2020). Destaca governança multinível, dados abertos e integração digital-climática, enfatizando combate à pobreza energética e mobilidade sustentável, e defendendo financiamento adequado e inclusão territorial.

O Parecer articula Agenda 2030, Acordo de Paris e transição ecológica europeia (COMITÉ DAS REGIÕES EUROPEU, 2020). Defende abordagem sistêmica dos ODS e protagonismo regional, propondo economia circular, eliminação gradual de subsídios fósseis e reforço de indicadores locais para garantir uma transição justa.

O Parecer analisa o futuro da política de coesão pós-2020, defendendo maior papel das cidades (COMITÉ DAS REGIÕES EUROPEU, 2019). Destaca desenvolvimento urbano sustentável, instrumentos territoriais integrados, simplificação administrativa e acesso direto a fundos, vinculando coesão à transição energética e inovação urbana.

O CESE apoia a expansão da energia offshore como vetor industrial e de emprego (COMITÉ ECONÓMICO E SOCIAL EUROPEU, 2020). Destaca necessidade de aceitação social e proteção

ambiental, defendendo planejamento marítimo integrado, estabilidade regulatória, transição justa e coesão territorial.

6. Recuperação Econômica e Modernização Administrativa

O PNRR italiano estrutura reformas para modernização de infraestrutura pública e mobilidade sustentável no contexto do Next Generation EU (BENETAZZO, 2022). Prevê simplificação normativa, revisão de contratos públicos e estímulo à inovação tecnológica (IA, IoT, 5G), articulando crescimento econômico, sustentabilidade e eficiência administrativa.

A Agenda estrutura metas de qualificação para as transições verde e digital (COMISSÃO EUROPEIA, 2020). Define indicadores de aprendizagem ao longo da vida e competências digitais, buscando integração entre educação e mercado de trabalho. Fortalece governança multinível baseada em metas mensuráveis, garantindo alinhamento com políticas de recuperação econômica.

7. Dimensão Geopolítica e Competição Estratégica

O estudo do Parlamento Europeu examina a Belt and Road Initiative (BRI) como instrumento de projeção geoeconômica chinesa (EUROPEAN PARLIAMENT, 2021). Analisa investimentos em infraestrutura estratégica e dependência financeira de parceiros, identificando riscos regulatórios e impactos sobre a autonomia europeia. Recomenda coordenação e triagem reforçada de investimentos estratégicos.

O relatório do EPRS aprofunda a análise da BRI sob perspectiva estratégica para a União Europeia (EPRS, 2021). Examina padrões contratuais, infraestrutura crítica e riscos de endividamento, propondo instrumentos alternativos europeus de conectividade sustentável e mitigação de vulnerabilidades econômicas.

O conjunto normativo europeu integra o Green Deal, PNEC, política energética e coesão territorial (EUROPEAN COMMISSION, 2019; COMISSÃO EUROPEIA, 2020). Estrutura governança multinível, metas quantificadas e coordenação macroeconômica, consolidando a sustentabilidade como eixo transversal do modelo de desenvolvimento europeu. A abordagem sistêmica busca alinhar transição ecológica, eficiência administrativa e coesão territorial, promovendo resiliência econômica e competitividade sustentável.

19.11 APÊNDICE 11 - INTERFACES COMPLEMENTARES COM OUTROS ODSs

ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável

Soluções baseadas em IA aplicadas ao monitoramento ambiental e à gestão territorial podem apoiar cadeias agroalimentares urbanas e periurbanas, fortalecendo segurança alimentar por meio de dados e inovação tecnológica protegida por PI.

ODS 3 – Saúde e Bem-Estar

A governança algorítmica aplicada à saúde pública urbana depende de infraestrutura digital e segurança jurídica sobre softwares e bases de dados, impactando nas percepções de bem-estar dos cidadãos.

ODS 4 – Educação de Qualidade

A transformação digital das cidades exige formação de capital humano qualificado em IA, ciência de dados e gestão da inovação, ampliando competências para economia do conhecimento.

ODS 7 – Energia Acessível e Limpa

IA aplicada à eficiência energética, redes inteligentes (*smart grids*) e monitoramento de consumo urbano contribui para transição energética sustentável.

ODS 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico

Ecossistemas de inovação urbana geram empregos qualificados inclusive em tecnologia, propriedade intelectual e análise de dados, promovendo crescimento baseado em ativos intangíveis.

ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis

Sistemas inteligentes permitem rastreabilidade, monitoramento de resíduos e otimização de cadeias produtivas urbanas.

ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima

Modelos preditivos baseados em IA apoiam políticas climáticas locais, gestão de risco e planejamento resiliente.

ODS 15 – Vida Terrestre

Monitoramento ambiental por sensores urbanos e análise de dados territoriais contribuem para preservação de ecossistemas urbanos e periurbanos.

ODS 16 – Paz, Justiça e Instituições Eficazes

A tese dialoga fortemente com este ODS ao tratar da segurança jurídica, governança algorítmica, regulação da IA e fortalecimento institucional.

ODS 17 – Parcerias e Meios de Implementação

A construção de cidades inteligentes depende de cooperação entre universidades, governo, setor privado e organismos internacionais — dimensão estratégica evidenciada na pesquisa.

19.12 APÊNDICE 12 - ROTEIRO E PROPOSTA DE PAINEL DE ESPECIALISTAS (PESQUISA DELPHI) PARA APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO DOS INDICADORES-RESULTADO

1. Pesquisa Delphi

Operacionalizado por meio de painel de especialistas, em ambiente online e assíncrono, com o objetivo de validar um conjunto previamente definido de indicadores no campo da Ciência, Tecnologia e Inovação. O Delphi consiste em uma técnica estruturada de obtenção de consenso entre especialistas, baseada em rodadas iterativas, anonimato das respostas e feedback controlado (DALKEY; HELMER, 1963; LINSTONE; TUROFF, 1975).

No âmbito metodológico, distinguem-se duas abordagens principais do Delphi: (i) o Delphi qualitativo exploratório, voltado à geração de ideias e construção inicial de categorias a partir de respostas abertas; e (ii) o Delphi de validação, orientado à análise crítica e confirmação de constructos previamente definidos (OKOLI; PAWLOWSKI, 2004; HASSON; KEENEY; MCKENNA, 2000).

O painel de especialistas deve ser composto por participantes selecionados com base em critérios de expertise acadêmica e/ou profissional nas áreas de inteligência artificial, propriedade intelectual e cidades inteligentes. A coleta de dados seria realizada por meio de formulários eletrônicos, garantindo anonimato entre os participantes e participação assíncrona.

Os especialistas avaliaram qualitativamente os indicadores quanto à pertinência, clareza e aplicabilidade, apresentando sugestões de ajuste, exclusão ou manutenção. As respostas seriam tratadas por meio de análise de conteúdo, com identificação de críticas recorrentes e proposições convergentes (BARDIN, 2011). Na segunda rodada, a versão revisada dos indicadores seria submetida à validação final dos participantes, buscando verificar a adequação do conjunto consolidado. O consenso seria assim definido com base em critérios qualitativos, incluindo convergência discursiva, recorrência de contribuições, redução de divergências entre rodadas e aceitação geral do conjunto pelos especialistas (OKOLI; PAWLOWSKI, 2004).

Por não envolver coleta de dados pessoais sensíveis, identificação dos participantes ou riscos diretos, a pesquisa caracterizaria-se como consulta a especialistas para fins acadêmicos, podendo ser conduzida sem submissão a comitê de ética, conforme práticas usuais em estudos metodológicos dessa natureza.

Quadro Metodológico – Especialistas (Delphi)

Critério	Descrição	Parâmetro adotado	Justificativa metodológica
Titulação	Formação acadêmica dos participantes	Doutorado (preferencial) ou Mestre	Garante domínio teórico e rigor científico
Produção científica	Publicações em periódicos, livros ou eventos	≥ 5 produções relevantes	Assegura expertise consolidada
Experiência profissional	Atuação prática na área	≥ 5 anos	Integra teoria e prática
Atuação institucional	Participação em programas, redes ou projetos	Comprovada	Reforça legitimidade e inserção no campo
Interdisciplinaridade	Interface com IA, PI, cidades inteligentes ou inovação	Obrigatória	Coerência com o objeto da tese
Diversidade de áreas	Representação de múltiplos campos (direito, tecnologia, gestão, etc.)	Ampla e equilibrada	Evita viés disciplinar
Reconhecimento acadêmico	Cargos, prêmios, liderança ou coordenação	Desejável	Indica relevância no campo
Disponibilidade	Aceite em participar das rodadas Delphi	Obrigatória	Viabiliza aplicação do método

2. Justificativa da sugestão dos Especialistas

A sugestão dos especialistas seguiu os pressupostos do método Delphi, caracterizado pela consulta estruturada a um painel de especialistas com reconhecida expertise em determinado campo do conhecimento. Para a composição do painel, foram adotados critérios de elegibilidade baseados

em titulação acadêmica, produção científica, experiência profissional e atuação institucional relevante.

Foram sugeridos 27 especialistas, distribuídos em diferentes áreas do conhecimento, com o objetivo de garantir a interdisciplinaridade necessária à análise das relações entre inteligência artificial, propriedade intelectual e cidades inteligentes. Todos os participantes possuem título de doutor, experiência superior a cinco anos em pesquisa ou atuação profissional e produção científica relevante.

A definição do número de participantes considerou recomendações da literatura, que indicam a adequação de painéis entre 10 e 30 especialistas, a depender da complexidade do objeto de estudo. Nesse sentido, o quantitativo adotado mostrou-se suficiente para assegurar diversidade de perspectivas e robustez analítica.

A seleção dos especialistas fundamentou-se em critérios amplamente adotados na literatura sobre o método Delphi, priorizando a qualificação técnica, a experiência acumulada e a relevância acadêmico-profissional dos participantes. Considerando o caráter interdisciplinar da pesquisa — que articula inteligência artificial, propriedade intelectual e cidades inteligentes — optou-se por compor um painel heterogêneo, capaz de abarcar múltiplas perspectivas analíticas.

A diversidade disciplinar foi um elemento central na composição do painel, contemplando áreas como Direito, Administração, Computação, Engenharia, Geografia, Psicologia e Sustentabilidade. Essa abordagem visa mitigar vieses e ampliar a capacidade interpretativa dos resultados, conforme recomendado em estudos Delphi aplicados a problemas complexos.

ID	Especialista (iniciais)	Área Principal	Subárea/Especialidade	Contribuição no Delphi	Critérios de Seleção
E1	J.C.R.	Direito e Inovação	Direitos Humanos, PI	Análise jurídica e institucional	Produção científica, atuação em PI e políticas públicas

E2	J.G.S.	Desenvolvimento Regional	Políticas Públicas	Planejamento e governança	Experiência em desenvolvimento e avaliação institucional
E3	P.B.L.C.	Ciência de Alimentos	Biotecnologia	Inovação aplicada	Produção técnica e atuação em inovação
E4	S.A.H.	Biotecnologia	PI, Inovação	Transferência tecnológica	Atuação em PROFNIT e inovação tecnológica
E5	A.M.R.	Energia e Inovação	Sustentabilidade	Inovação sustentável	Liderança em pesquisa e projetos de inovação
E6	G.M.N.	Educação	Gestão Acadêmica	Avaliação institucional	Experiência em gestão universitária
E7	J.M.T.	Administração	Políticas Públicas	Governança e desenvolvimento	Produção científica e atuação em políticas públicas
E8	E.C.N.	Gestão Social	Cultura, Comunicação	Dimensão social	Atuação em economia criativa e gestão social
E9	M.A.M.S.	Urbanismo	Planejamento Urbano	Cidades inteligentes	Experiência em planejamento urbano e pesquisa

E10	G.J.F.S.	Computação	IA, IoT	Base tecnológica	Pesquisa em IA, IoT e cidades inteligentes
E11	H.P.M.J.	Educação	Saúde	Formação e impacto social	Experiência em formação e políticas educacionais
E12	A.K.S.A.	Engenharia Química	Processos, Inovação	Base industrial	Produção científica e inovação tecnológica
E13	P.J.L.J.	Biotecnologia	PI	Gestão de ativos intelectuais	Atuação em inovação e propriedade intelectual
E14	A.S.C.	Geografia	Desenvolvimento Territorial	Inovação regional	Experiência em território e indicações geográficas
E15	O.S.R.	Administração	Inovação, Finanças	Gestão da inovação	Atuação em inovação e consultoria
E16	M.E.C.	Gestão e IA	Métodos Quantitativos	Análise de dados	Produção científica e uso de métodos quantitativos
E17	A.L.B.	Administração	Modelagem	Análise estratégica	Expertise em métodos quantitativos

E18	A.L.N.S.	Direito	Relações Internacionais	Regulação global	Atuação em direito internacional e políticas públicas
E19	A.C.V.	Sustentabilidade	Governança Ambiental	Clima e inovação	Liderança em sustentabilidade e governança
E20	P.S.F.	Administração	Produção, Tecnologia	Gestão tecnológica	Experiência em gestão tecnológica
E21	L.A.R.V.	Administração	Internacionalização	Integração global	Atuação em redes e cooperação internacional
E22	F.A.M.P.L.	Sistemas de Informação	Métodos Quantitativos	Base analítica	Pesquisa em sistemas e análise quantitativa
E23	F.T.M.	Estatística	Modelagem	Análise estatística	Formação e produção em estatística
E24	D.C.B.M.	Psicologia	Gestão de Pessoas	Comportamento organizacional	Experiência em gestão de pessoas
E25	A.S.R.	Psicologia Organizacional	Gestão de Pessoas	Processos humanos	Atuação em comportamento organizacional
E26	A.F.A.S.J.	Engenharia/Finanças	Risco, Investimentos	Tomada de decisão	Expertise em risco e análise financeira

E27	J.C.S.R.	Direito	Direitos Humanos, Meio Ambiente	Impactos socioambientais	Produção científica e atuação em direitos humanos

19.13 APÊNDICE 13 - ROTEIRO PERGUNTAS DO QUESTIONÁRIO APLICADO: ANÁLISE E RESPECTIVAS CONSIDERAÇÕES ACERCA DA IA E CI

1. Influência da IA no desenvolvimento de cidades inteligentes

Pergunta:
Numa escala de 01 a 05, como você avalia a influência da IA no desenvolvimento de cidades inteligentes?

Respostas:

- Nada importante: 0%
- Pouco importante: 3%
- Importante: 23%
- Muito importante: 33%
- Extremamente importante: 38%

Análise:
A maioria dos respondentes (71%) considera a IA muito ou extremamente importante, indicando forte percepção de relevância para cidades inteligentes.

2. Áreas mais beneficiadas pela IA nas cidades

Pergunta:
Quais características das cidades inteligentes mais se beneficiariam da IA?

Respostas:

- Economia inteligente: 15%
- Governança inteligente: 12%
- Mobilidade inteligente: 33%
- Meio ambiente inteligente: 12%
- Pessoas inteligentes: 19%
- Vida inteligente: 7%

Análise:
A mobilidade urbana aparece como principal área de impacto da IA.

3. Importância da IA no futuro profissional

Pergunta:
Qual a importância da IA para seu setor nos próximos anos?

Respostas:

- Nada importante: 0%
- Pouco importante: 4%
- Importante: 20%

- Muito importante: 30%
- Extremamente importante: 45%

Análise:
A maioria (75%) considera a IA altamente relevante para o futuro profissional.

4. Funções de trabalho impactadas pela IA

Pergunta:
Quais funções serão mais impactadas pela IA?

Respostas:

- Gestão geral: 15%
- Design e desenvolvimento: 30%
- Marketing: 14%
- Finanças: 9%
- Atendimento ao cliente: 52%
- Saúde: 18%

Análise:
O atendimento ao cliente é percebido como o setor mais impactado.

5. Uso da IA na gestão urbana

Pergunta:
Onde a IA pode ser aplicada na gestão urbana?

Respostas:

- Gestão de resíduos: 7%
- Tráfego inteligente: 46%
- Consumo de energia: 8%
- Segurança pública: 28%
- Planejamento urbano: 7%

Análise:
A gestão de tráfego é a principal aplicação percebida.

6. Influência da IA na segurança individual

Pergunta:
Como a IA influencia a segurança individual?

Respostas:

- Nada importante: 3%
- Pouco importante: 11%
- Importante: 42%
- Muito importante: 23%
- Extremamente importante: 19%

Análise:
A maioria reconhece impacto positivo relevante na segurança.

7. IA na educação

Pergunta:
Como a IA está presente na educação?

Respostas:

- Processos de avaliação: 0%
- Adaptação do ensino: 15%
- Apoio básico: 2%
- Personalização de conteúdo: 3%
- Melhoria do aprendizado: 8%
- Personalização geral do ensino: 69%

Análise:
A personalização do ensino é vista como principal contribuição.

8. IA e meio ambiente

Pergunta:
Como a IA influencia o meio ambiente?

Respostas:

- Consumo de energia: 24%
- Resíduos eletrônicos: 6%
- Informação para cidadãos: 44%
- Engajamento ambiental: 21%
- Emissões de CO_2: 3%

Análise:
A disseminação de informação ambiental é o principal impacto percebido.

9. Atividades que poderiam ser realizadas por robôs

Pergunta:
Quais atividades você gostaria que fossem feitas por robôs?

Respostas:

- Cirurgias: 14%
- Ciranças: 0%
- Condução de veículos: 8%
- Consumo: 9%
- Tarefas de trabalho: 38%
- Limpeza: 27%

Análise:
Tarefas operacionais e repetitivas são mais aceitas para automação.

10. Domínios de aplicação da IA

Pergunta:
Em quais áreas a IA pode ser aplicada?

Respostas:

- Manufatura/logística: 35%
- Saúde: 7%
- Educação: 34%
- Serviços domésticos: 13%
- Meio ambiente: 17%
- Exploração espacial: 29%

Análise:
Manufatura e educação lideram as percepções de aplicação.

11. Percepções gerais sobre IA

Pergunta:
Opiniões sobre IA:

Respostas:

- IA confiável: 15%
- IA influencia a sociedade: 36%
- Confiança total: 3%
- IA gera desemprego: 9%
- Governo deve usar IA: 35%

Análise:
A percepção é majoritariamente positiva, com reconhecimento de impacto social.

12. Inovação social

Pergunta:
Opiniões sobre inovação social:

Respostas:

- Empreendedorismo social: 14%
- Economia social: 15%
- Desenvolvimento regional: 52%
- Design thinking: 18%

Análise:
O desenvolvimento regional é o principal foco percebido.

13. Tomada de decisão inteligente

Pergunta:
Como ocorre a tomada de decisão com IA?

Respostas:

- Uso de tecnologias antigas: 22%
- Uso de dados: 26%
- Confiança em dados: 22%
- Governo não usa IA: 7%
- Dados acessíveis: 21%

Análise:
O uso de dados é central na percepção de decisões inteligentes.

Conclusão Geral

Os resultados mostram que:

- A IA é amplamente vista como **estratégica e essencial**
- Há maior impacto esperado em:
    - Mobilidade urbana
    - Atendimento ao cliente
    - Educação personalizada
- Existe uma visão **positiva, mas ainda cautelosa**, especialmente sobre emprego e uso governamental

19.14 APÊNDICE 14 - LISTA ARTIGOS FILTRADOS PARA DISCUSSÃO DO CAPÍTULO DE REVISÃO SISTEMÁTICA (AMOSTRA DE 48)

Artigo	Limitações	Aplicações	Contribuições	Lacunas de Pesquisa	Implicações Práticas
Artificial Intelligence in the Smart City	Problemas de privacidade, segurança de dados, infraestrutura inadequada e ausência de regulamentações padronizadas	Mobilidade urbana, veículos autônomos, gestão energética, saúde digital, GeoAI, Digital Twin	Identifica sete áreas centrais da IA em cidades inteligentes: segurança, energia, saúde, mobilidade, indústria, vida e poluição	Necessidade de estudos sobre ética, privacidade, sustentabilidade e impactos sociais da IA	Necessidade de regulamentação, blockchain, aprendizado federado e governança ética
s10708-021-10423-4	Limitações relacionadas à precisão dos dados de crowdsourcing e baixa participação cidadã	Aplicativos SMART JEDDH, monitoramento urbano, transporte e estacionamento inteligente	Demonstra o potencial do crowdsourcing via smartphones no planejamento urbano	Falta de mecanismos de engajamento público e dificuldades de adoção tecnológica	Ampliação da participação cidadã e melhoria da tomada de decisão urbana
buildings-15-01811	Restrição à base WoS, artigos apenas em inglês e análise limitada por algoritmo LLR	Edifícios inteligentes, IoT, IA, big data e gestão energética	Revisão sistemática de 418 artigos sobre construção sustentável em cidades inteligentes	Necessidade de aprofundar aspectos éticos, privacidade e coordenação de dados	Desenvolvimento de padrões de segurança e planejamento sustentável
out (1)	Alto custo computacional, dificuldades de interoperabilidade e limitações do CityGML	GIS, modelos urbanos 3D, SDI e monitoramento ambiental participativo	Demonstra importância da infraestrutura de dados espaciais para cidades inteligentes	Falta de integração interdisciplinar e segurança robusta de dados	Incentivo ao uso de SDI e fortalecimento da participação comunitária

out (2)	Estudos fragmentados por domínio e pouca atenção à ética e desigualdade digital	IA aplicada à governança, energia renovável, mobilidade autônoma e qualidade do ar	Estrutura de seis pilares para análise integrada de IA urbana	Escassez de estudos longitudinais e de governança ética	Necessidade de interoperabilidade, inclusão digital e participação cidadã
out (3)	Estruturas de avaliação pouco abrangentes e sub-representação de governança e economia	Avaliação de projetos urbanos inteligentes por indicadores	Desenvolvimento de taxonomia com 73 indicadores de avaliação	Necessidade de indicadores mais equilibrados e específicos	Ferramenta prática para planejamento urbano baseado em evidências
out (10)	Falta de estudos empíricos e dificuldades de acesso a dados urbanos	IoT, blockchain, IA, big data e mobilidade inteligente	Analisa aplicações da Indústria 4.0 em cidades inteligentes	Necessidade de padrões de implementação e governança robusta	Promoção de colaboração multidisciplinar e governança inclusiva
Yang_2021	Dificuldades operacionais em ambientes urbanos complexos e limitações de autocura de equipamentos	IoT, IA, 5G e suporte logístico urbano	Propõe modelo inteligente de suporte operacional urbano	Falta de estudos sobre sustentabilidade dos sistemas propostos	Integração de big data, IA e logística em operações urbanas
paper_419	Limitações técnicas, infraestrutura precária e problemas de calibração	Transporte inteligente, veículos autônomos, aprendizado de máquina e monitoramento de tráfego	Propõe soluções inteligentes para congestionamento e mobilidade urbana	Falta de análise socioeconômica e impactos ambientais de longo prazo	Uso de big data e IA para otimização do tráfego urbano
energies-13-01473-v3	Poucas pesquisas sobre riscos da IA e viés na seleção bibliográfica	IA aplicada à saúde, educação, energia e governança urbana	Revisão sistemática sobre IA em cidades inteligentes	Necessidade de pesquisas sobre riscos sociais e éticos da IA	Implementação responsável da IA e fortalecimento da governança

applsci-10-02944	Não aborda limitações metodológicas de forma explícita	Saúde inteligente, roteamento, trânsito e segurança urbana	Apresenta 21 aplicações de IA em cidades inteligentes	Necessidade de aprofundar integração entre sistemas urbanos inteligentes	Melhoria da mobilidade, segurança urbana e saúde digital
10_179	Falta de métricas mensuráveis e compartilhamento de conhecimento empírico	Governança participativa e formulação de políticas urbanas	Identifica barreiras organizacionais e institucionais em cidades inteligentes	Ausência de estrutura integrada entre dimensões sociais e tecnológicas	Necessidade de participação cidadã e fortalecimento da governança
s00146-022-01537-5.pdf	O artigo não apresenta limitações explícitas no conteúdo analisado.	Não foram identificadas aplicações descritas nos trechos disponíveis.	Não foram identificadas contribuições explicitadas nos trechos disponíveis.	Não foram identificadas lacunas de pesquisa explicitadas nos trechos disponíveis.	Não foram identificadas implicações práticas explicitadas nos trechos disponíveis.
REAL 4 - SEM TESES 7.pdf	O estudo não apresenta limitações metodológicas explícitas, mas não discute vieses, restrições da estrutura de decisão, diversidade da amostra ou desafios de implementação prática.	Aplicação do AHP e TOPSIS linguístico difuso em decisões multicritério para planejamento urbano e expansão estratégica de empresas do setor de energia em cidades europeias.	Propõe uma nova estrutura de apoio à decisão que integra AHP e TOPSIS difuso, enfatizando sustentabilidade e relevância das políticas governamentais na localização estratégica de empresas.	Falta de modelos abrangentes para serviços de energia verde e ausência de estudos sobre lógica linguística difusa em decisões de localização.	A estrutura auxilia gestores públicos na priorização de investimentos e indica que transparência e redução da burocracia podem atrair empresas sustentáveis.
su12072789.pdf	A revisão sistemática pode limitar os resultados ao escopo de artigos revisados por pares em inglês e evidencia barreiras à implementação da mobilidade baseada em IA.	Aplicações em mobilidade inteligente, MaaS, veículos autônomos, UAVs e integração de IA e IoT em sistemas de transporte urbano.	Conecta conceitualmente IA, transporte e cidades inteligentes, além de consolidar definições de mobilidade inteligente.	Escassez de estudos empíricos e de pesquisas integrando IA, transporte e cidades inteligentes de forma abrangente.	Auxilia formuladores de políticas e planejadores urbanos na implementação de soluções de mobilidade inteligente centradas no usuário.

UP_5_1__-_EU_Smart_City_Lighthouse_Projects_between_Top-Down_Strategies_and_Local_Legitimation__The_Case_of_Hamburg.pdf	A rigidez dos financiamentos da UE limita flexibilidade local, participação cidadã e integração de novos parceiros.	Aplicação de projetos farol financiados pela União Europeia no desenvolvimento urbano inteligente e sustentável.	Desenvolve análise sobre governança multinível e impactos dos projetos smart city financiados pela UE.	Necessidade de pesquisas sobre integração de laboratórios vivos às políticas urbanas convencionais e legitimação democrática.	Sugere que maior flexibilidade no financiamento poderia fortalecer governança local e integração cidadã nos projetos urbanos.
SC14083FU2.pdf	Não foram identificadas limitações explícitas nos trechos analisados.	Aplicações em transporte inteligente, energia sustentável, TIC e projetos farol financiados pelo Horizonte 2020.	Destaca a abordagem integrada europeia entre energia, transporte e TIC para cidades inteligentes sustentáveis.	Não foram explicitadas lacunas de pesquisa no material analisado.	Demonstra que integração de políticas e recursos em múltiplos níveis pode fortalecer iniciativas de cidades inteligentes.
Creating_business_models_for_smart_cities_a_practical_framework.pdf	O City Model Canvas apresenta dificuldades na conversão em modelos de negócio viáveis e limitações em análises financeiras de longo prazo.	Aplicações em mobilidade urbana, gestão de tráfego, estacionamento inteligente e planejamento municipal de serviços inteligentes.	Propõe o City Model Canvas (CMC) como ferramenta de planejamento para governos locais e serviços inteligentes.	Falta clareza sobre como transformar o CMC em casos de negócio concretos e integrar benefícios intersetoriais.	Incentiva governos municipais a avaliar economias de longo prazo e aprimorar a governança de serviços inteligentes.
smarsly2020d.pdf	A natureza “caixa-preta” dos algoritmos de ML reduz transparência, confiança e adoção em engenharia civil.	Aplicações de aprendizado de máquina e XAI em monitoramento inteligente e integridade estrutural em cidades inteligentes.	Categoriza algoritmos de IA/ML e destaca a relevância da inteligência artificial explicável (XAI).	Ausência de estratégias claras para personalização e implementação prática de explicações em sistemas XAI.	Reforça a necessidade de transparência algorítmica para ampliar confiança e adoção de IA em monitoramento urbano.

s40852-017-0063-2.pdf	Não apresenta limitações explícitas no material analisado.	Aplicações em gestão urbana, sustentabilidade verde, design urbano e inovação participativa digital.	Relaciona sustentabilidade ambiental e cidades inteligentes por meio de revisão sistemática da literatura.	Necessidade de modelos integrados e evidências empíricas sobre efetividade das cidades inteligentes para sustentabilidade.	Auxilia formuladores de políticas na adoção de práticas sustentáveis e estratégias urbanas ecológicas.
live-5660-10303-jair.pdf	A IA pode reforçar desigualdades sociais, gerar efeitos rebote e perpetuar modelos urbanos insustentáveis.	Aplicações de IA em mobilidade urbana, eficiência energética, logística e planejamento urbano baseado em big data.	Propõe uma abordagem crítica da IA em cidades inteligentes, enfatizando justiça social e sustentabilidade.	Falta de integração efetiva entre IA, ciências sociais e governança urbana inclusiva.	Defende modelos urbanos regenerativos, inclusivos e menos dependentes do tecnocentrismo.
s10708-022-10614-7.pdf	Dados incompletos e uso parcial dos indicadores do Smart City Wheel limitam a robustez da análise.	Aplicação de indicadores quantitativos para avaliação de cidades inteligentes e planejamento urbano em Salatiga.	Avalia a implementação de dimensões de cidades inteligentes utilizando o Boyd Cohen Smart City Wheel.	Necessidade de maior disponibilidade de dados e compreensão das interações entre dimensões smart city.	As conclusões podem orientar governos locais na priorização de melhorias urbanas e políticas públicas.
smartcities-08-00051.pdf	Elevada dimensionalidade dos dados HSI; alto custo computacional; sensores caros; baixa eficiência dos modelos atuais de IA para dados hiperespectrais; interferência climática e luminosa; dificuldades de interoperabilidade com sistemas urbanos existentes.	Monitoramento da qualidade do ar e água; gestão de resíduos; agricultura inteligente; planejamento urbano; gerenciamento energético; saúde inteligente; detecção de falsificações.	Demonstra o potencial transformador da imagem hiperespectral em cidades inteligentes; integração com IoT e big data; ampliação da precisão em diagnósticos e monitoramentos urbanos.	Necessidade de algoritmos mais eficientes para dados HSI; resolução do problema de pixels mistos; melhoria da integração entre HSI e infraestrutura urbana; processamento em tempo real.	Pode aprimorar o planejamento urbano sustentável, otimizar recursos energéticos, melhorar monitoramento ambiental e apoiar respostas rápidas em cidades inteligentes.

electronics-12-01020-v2.pdf	Dificuldade de compreensão dos modelos XAI por usuários leigos; trade-off entre desempenho e interpretabilidade; ausência de métricas padronizadas de explicabilidade.	Blockchain em finanças; auditoria; saúde; veículos inteligentes; tomada de decisão em tempo real; combate à COVID-19.	Revisão abrangente sobre IA explicável (XAI) em cidades inteligentes; discussão de práticas, desafios e tendências futuras; sistematização dos projetos XAI existentes.	Falta de experimentos centrados no usuário; ausência de padrões de avaliação da explicabilidade; necessidade de modelos mais acessíveis para cidadãos comuns.	Reforça a importância da transparência algorítmica, ética, privacidade e confiabilidade em sistemas inteligentes urbanos.
rsu011.pdf	Excessivo foco tecnológico; negligência das dimensões sociais e políticas; participação cidadã superficial; predominância da lógica corporativa.	Governança urbana; TICs no planejamento urbano; iniciativas participativas; desenvolvimento urbano inteligente na Ásia e no Oriente Médio.	Crítica sociopolítica às cidades inteligentes corporativas; defesa de modelos participativos e centrados no cidadão.	Falta de compreensão sobre desigualdade urbana, cidadania e justiça social nas smart cities; lacunas na governança participativa.	Incentiva modelos urbanos inclusivos, participativos e orientados ao bem-estar coletivo em vez de soluções puramente tecnológicas.
Opportunities_Applications_and_Challenges_of_Edge-AI_Enabled_Video_Analytics_in_Smart_Cities_A_Systematic_Review.pdf	Limitações de hardware edge; baixa capacidade de processamento e armazenamento; desafios de integração; consumo energético; necessidade de algoritmos robustos.	Vigilância; reconhecimento facial; análise de tráfego; saúde; educação; varejo inteligente.	Revisão sistemática sobre Edge AI em análise de vídeo; comparação com sistemas em nuvem; identificação de desafios técnicos e tendências futuras.	Necessidade de maior robustez algorítmica; integração eficiente com sistemas existentes; escassez de pesquisas em computação de borda aplicada à análise de vídeo.	Possibilita processamento em tempo real, redução de latência, maior privacidade e otimização da gestão urbana inteligente.

Comprehensive_Exploration_of_Smart_Cities_A_Systematic_Review_of_Benefits_Challenges_and_Future_Directions_in_Telecommunications_and_Urban_Development.pdf	Problemas de interoperabilidade IoT; desigualdade digital; altos custos de implantação; ausência de legislação uniforme sobre dados e privacidade.	Participação cidadã; manutenção preditiva; blockchain; telecomunicações; redes 5G e 6G.	Revisão sistemática de 61 estudos; identificação de benefícios e desafios das telecomunicações em cidades inteligentes.	Escassez de estudos sobre impactos sociais de longo prazo; ausência de governança ética consolidada; insuficiência regulatória em segurança cibernética.	Reforça a necessidade de inclusão digital, políticas públicas equitativas e investimentos sustentáveis em telecomunicações urbanas.
Cognitive_City_Platform_as_Digital_Public_Infrastructure_for_Developing_a_Smart_Sustainable_and_Resilient_City_in_Indonesia.pdf	Limitações computacionais; necessidade de avaliação da confiabilidade dos dados; dependência de grandes conjuntos de dados; baixa generalização entre cidades.	Plataformas cognitivas; análise de anomalias urbanas; IoT; big data; gestão de emergências; serviços urbanos inteligentes.	Propõe plataforma cognitiva como infraestrutura pública digital; integração de IA para resiliência urbana.	Falta de mecanismos robustos de avaliação de confiança dos dados; necessidade de arquiteturas mais generalizáveis e escaláveis.	Pode melhorar respostas urbanas a eventos críticos, eficiência da gestão pública e qualidade de vida urbana.
Next_Generation_of_Multi-Agent_Driven_Smart_City_Applications_and_Research_Paradigms.pdf	Instabilidade em sistemas multiagentes; dificuldades de gestão de recursos móveis; limitações metodológicas em IoT móvel.	Mobilidade inteligente; casas inteligentes; governança inteligente; aprendizado de máquina aplicado a transporte e energia.	Estrutura conceitual sobre IA distribuída e sistemas multiagentes em cidades inteligentes.	Necessidade de privacidade e segurança mais robustas; carência de pesquisas sobre modelos neurais baseados em memória e aprendizado por reforço.	Contribui para aprimorar serviços públicos, mobilidade urbana e eficiência energética em ambientes urbanos inteligentes.

1-s2.0-S0305750X2300030X-main.pdf	Escassez de estudos sobre políticas digitais e ecoinovação; limitação das patentes verdes como métrica; ausência de compreensão espacial da política ambiental.	IA aplicada à mobilidade urbana; sistemas energéticos inteligentes; monitoramento ambiental; políticas digitais sustentáveis.	Demonstra relação entre políticas digitais e ecoinovação na China; integração entre IA, IoT e sustentabilidade.	Necessidade de estudos empíricos sobre impactos de longo prazo das políticas digitais; falta de compreensão sobre inovação inclusiva.	Sugere priorização de infraestrutura digital verde e integração entre políticas ambientais e digitais para sustentabilidade urbana.
1-s2.0-S2090447924004969-main.pdf	Não apresenta aplicações práticas detalhadas; lacunas na análise comparativa entre metrópoles; ausência de discussão aprofundada sobre impactos sociais.	Planejamento urbano; análise da estrutura espacial de cidades inteligentes; TICs aplicadas à gestão urbana.	Identifica 14 fatores que influenciam a estrutura espacial urbana na era digital; aplicação do método Delphi.	Impactos da 4ª Revolução Industrial na estrutura urbana ainda pouco explorados; ausência de estudos comparativos internacionais.	Auxilia planejadores urbanos na distribuição equitativa de serviços e adaptação espacial às transformações digitais.
smartcities-08-00211.pdf	Pequena escala dos testes; excesso de simulações; ausência de dados padronizados; baixa robustez frente à variabilidade do mundo real.	IA de ponta em manufatura, saúde, transporte, edifícios e meio ambiente inteligentes.	Revisão sistemática sobre Edge AI em cidades inteligentes; categorização de desafios e soluções.	Falta de métodos robustos de avaliação; necessidade de interoperabilidade; ausência de metodologias integradas para sensoriamento e computação distribuída.	Reforça a necessidade de políticas de anonimização, privacidade, interoperabilidade e aprendizado leve em IA urbana.

smartcities-08-00067.pdf	Falta de métricas padronizadas; escassez de dados municipais de IA; ausência de estudos de longo prazo; efeitos espaciais pouco compreendidos.	IA aplicada à eficiência energética; cidades verdes; comércio de emissões de carbono; redes inteligentes.	Demonstra como IA aumenta a resiliência verde e reduz consumo energético em cidades inteligentes chinesas.	Necessidade de métricas mais robustas sobre IA e sustentabilidade; lacunas sobre efeitos espaciais das políticas ambientais.	Destaca importância da coordenação regional, infraestrutura digital e mercados nacionais de carbono para sustentabilidade urbana.
urbansci-09-00132.pdf	Uso exclusivo da base Scopus; exclusão de literatura cinzenta; ausência de análises qualitativas aprofundadas.	IA aplicada à saúde, mobilidade inteligente, monitoramento ambiental e gestão urbana.	Realiza análise bibliométrica abrangente sobre IA em cidades inteligentes; identifica tendências e pesquisadores-chave.	Necessidade de integração interdisciplinar; desigualdade global na pesquisa em IA; carência de estudos qualitativos.	Auxilia gestores urbanos e pesquisadores na compreensão de tendências, ética e governança da IA em cidades inteligentes.
document.pdf	O estudo aponta dificuldades na mensuração do impacto social da IA e incertezas regulatórias quanto à conformidade de sistemas generativos com legislações como a Lei de IA da União Europeia.	Aplicação da IA no planejamento urbano, cidades inteligentes, sistemas jurídicos e governança baseada em dados.	O artigo contribui para o debate sobre regulamentação da IA em cidades inteligentes, destacando transparência, privacidade e justiça algorítmica.	Há ausência de estrutura concreta para equilibrar justiça, privacidade e transparência em sistemas urbanos inteligentes.	Os autores defendem maior transparência algorítmica e capacitação de profissionais jurídicos para aplicação ética da IA.
Breaking Barriers for Breaking Ground: A Categorisation of Public Sector Challenges to Smart City	A revisão foi limitada à Scopus e focada em apenas um tipo de inovação pública, o que restringe a abrangência dos resultados.	Governança pública, gestão de risco, políticas urbanas e engajamento cidadão em cidades inteligentes.	O estudo categoriza barreiras em falhas, deficiências e lacunas, oferecendo estrutura analítica para inovação no setor público.	Persistem lacunas sobre contratos públicos, qualificação profissional e modelos de negócio sustentáveis para cidades inteligentes.	Recomenda estratégias comunitárias, gestão estruturada de riscos e capacitação técnica em governos locais.

sustainability-08-00649	Utiliza dados econômicos de 2013, podendo limitar a atualidade da análise econômica do setor de cidades inteligentes.	TICs, construção urbana, softwares, serviços de dados e infraestrutura de cidades inteligentes.	Desenvolve estrutura empírica baseada em análise insumo-produto para avaliar impactos econômicos do setor na Coreia do Sul.	Faltam estudos empíricos robustos e classificações padronizadas para o setor de cidades inteligentes.	Destaca necessidade de integração entre serviços financeiros, imobiliários e TICs para desenvolvimento urbano sustentável.
Competitive Technical Intelligence: Using Patent Data to Determine Smart City Trends	O estudo não aprofunda metodologias práticas para melhorar análises de patentes nem explora impactos futuros das tendências identificadas.	Inteligência competitiva, análise de patentes, inovação tecnológica e monitoramento de tendências em cidades inteligentes.	Propõe método de inteligência técnica competitiva baseado em análise de patentes e visualização de dados.	Existe baixo uso estratégico de dados de patentes por empresas e ausência de modelos consolidados para análise tecnológica.	A análise de patentes pode auxiliar decisões estratégicas e identificação de lideranças tecnológicas no setor.
pone.0269089	A pesquisa é limitada ao contexto de Hangzhou em 2018, reduzindo a generalização dos resultados.	Governança inteligente, ambiente de negócios, plataformas digitais e crédito social baseado em big data.	Relaciona governança inteligente, ambiente de negócios e investimentos corporativos em cidades inteligentes.	Permanecem indefinidos os mecanismos concretos pelos quais a governança inteligente estimula investimentos.	Defende fortalecimento da proteção à propriedade intelectual e melhoria das estruturas jurídicas e tecnológicas.
smartcities-05-00038	As aplicações de IA em energia urbana ainda estão em fase inicial e faltam evidências empíricas consolidadas.	Redes inteligentes, veículos elétricos, edifícios inteligentes e governança baseada em dados urbanos.	O estudo discute o papel central da IA na eficiência energética e na formulação de políticas urbanas.	Há pouca análise sobre impactos negativos da IA e sobre equilíbrio entre privacidade e governança de dados.	Recomenda governança cuidadosa de dados e avaliação ética da automação urbana baseada em IA.

sensors-24-02615	Necessidade de validação adicional em diferentes cenários e limitação na escalabilidade de sistemas de monitoramento.	Monitoramento de tráfego, detecção de fadiga, vigilância urbana e análise de comportamento em cidades inteligentes.	Desenvolve métodos de detecção em tempo real utilizando redes neurais convolucionais e sensores inteligentes.	Ainda existem lacunas sobre escalabilidade, múltiplas ameaças e aplicações em ambientes diversos.	Pode contribuir para segurança viária, redução de acidentes e aprimoramento da infraestrutura urbana inteligente.
smartcities-06-00148	O conjunto de dados limitado e diferenças estruturais entre cidades podem afetar a generalização dos resultados.	Mobilidade urbana, logística com drones e avaliação de prontidão para inovação em cidades inteligentes.	Cria modelo metodológico para medir readiness de inovação urbana em mobilidade inteligente.	Falta compreensão ampla sobre adaptação de soluções inovadoras às especificidades locais de cada cidade.	Auxilia gestores públicos na formulação de políticas para inovação e planejamento estratégico urbano.
sustainability-14-00620-v2	O pequeno tamanho amostral e concentração em participantes de renda média limitam a representatividade dos resultados.	IA aplicada à tomada de decisão inteligente e inovação social em cidades inteligentes.	Demonstra empiricamente o papel mediador da inovação social entre IA e smart decision making.	Permanecem pouco explorados os impactos da IA em contextos menos desenvolvidos e comunidades rurais.	Recomenda maior participação social e uso estratégico de IA e big data na governança municipal.
Risk Assessment and Regulation Algorithm for Financial Technology Platforms	Existem limitações regulatórias e escassez de estudos sobre integração entre regulação e tecnologia financeira.	Fintechs, consultoria robótica, cidades inteligentes financeiras e sistemas de avaliação de risco.	Propõe algoritmo de avaliação de risco e modelo regulatório para plataformas financeiras inteligentes.	Há lacunas na supervisão regulatória e na compreensão emocional do comportamento dos investidores.	Sugere educação financeira, regulamentação multinível e proteção tecnológica das inovações financeiras.

19.15 APÊNDICE 15 - LISTA PATENTES NO *PATENTSCOPE*

Nº	Publication Number	Application Number	IPC	WO = PCT	Título	Autor Principal	Ano	País	Titular	Palavras-chave
1	20260111560	18921996	G06F 21/57	NÃO	Network Provisioning Characteristic Intent Analysis Engine	Ajay Singh	2026	US	AT&T Intellectual Property	AI; network provisioning; risk analysis
2	20260111769	19366059	G06N 5/04	NÃO	Persistent Artificial Intelligence Agents	Theresa Varanasi	2026	US	Avaulti Inc	AI agents; training; inference
3	20260111863	19418991	G06Q 20/06	NÃO	NFT Ricardian Contract System	Robert Bernardi	2026	US	Robert Bernardi	NFT; blockchain; digital rights; AI
4	20260113611	19363180	H04W 4/90	NÃO	Location Reporting in Communicatio n Systems	Arunprasath Ramamoorthy	2026	US	Samsung Electronics	mobility; location; communication systems
5	20260113203	19386542	H04L 9/32	NÃO	Method for Improving AI Systems	Bao Tran	2026	US	Bao Tran	blockchain; encryption; data storage

6	WO/2026/080655	PCT/US 2025/050154	G06Q 10/101	SIM	AI Provenance and Blockchain Authentication System	Raul Sanchez	2026	WO	CROWNX	blockchain; provenance; AI
7	WO/2026/072217	PCT/US2025/043394	G06Q 20/40	SIM	AI-Based Vehicle Authentication System	Clarissa Canzoniero	2026	WO	Canzoniero	RFID; AI; transport; blockchain
8	4718289	24824952	G06F 17/16	NÃO	Data Processing Method	Bai Youhui	2026	EP	Huawei	matrix computation; AI chips
9	20260087233	19407616	G06F 40/137	NÃO	Generative AI Industrial System	Francisco Maturana	2026	US	Rockwell Automation	generative AI; industry
10	20260087067	19405234	G06F 16/48	NÃO	Contextual Image Data Integration	Laura Lehmann	2026	US	TectoniQ	image analysis; AI interface
11	WO/2026/044234	PCT/US2025/043191	G06F 16/36	SIM	AI Knowledge Graph Innovation System	Anwar El-Homsi	2026	WO	El-Homsi	knowledge graph; AI; TRIZ
12	20260052402	18806018	H04W 24/02	NÃO	Cellular Network Optimization	Serkan Isci	2026	US	AT&T Intellectual Property	reinforcement learning; networks

13	WO/2026/024917	PCT/US2025/038985	G06N 3/08	SIM	AI Model Governance System	Charles Cella	2026	WO	Strong Force	AI lifecycle; compliance
14	WO/2026/024918	PCT/US2025/038986	G06N 3/02	SIM	AI Energy Management Platform	Charles Cella	2026	WO	Strong Force	smart grid; AI orchestration
15	WO/2026/024858	PCT/US2025/038888	G05D 1/22	SIM	AI Systems for Autonomous Vehicles	Charles Cella	2026	WO	Strong Force	transport; autonomous vehicles
16	20260017386	19332096	G06F 21/57	NÃO	AI Security and Protection Systems	Rony Ohayon	2026	US	DeepKeep	cybersecurity; AI protection
17	20260052191	19169583	H04L 67/567	NÃO	Data Transformation via Integration Gateway	Timothy Butler	2026	US	AS0001	data integration; AI
18	20260040077	18794015	H04W 12/088	NÃO	Mobile Firewall for Cellular Networks	Joseph Soryal	2026	US	AT&T Intellectual Property	firewall; cybersecurity
19	20260005910	18756385	H04L 41/04	NÃO	Self-Learning Network Management	Mark Stockert	2026	US	AT&T Intellectual Property	federated learning; AI

20	20250373493	18680298	G06F 15/177	NÃO	AI-Based Optimization via Clustering	Ajay Mahimkar	2026	US	AT&T Intellectual Property	optimization; clustering
21	20250371325	18780457	G06N 3/0475	NÃO	Large-Scale AI Content Generator	Jason Crabtree	2025	US	QOMPLX	multimodal AI; content
22	20250356447	19279618	G06Q 50/18	NÃO	AI Idea Trading Platform	Ahmad Kamarei	2025	US	Ideas Trading Center	innovation; patentability
23	20250377646	19237590	G05B 19/042	NÃO	AI Energy Edge Automation System	Charles Cella	2025	US	Strong Force	energy; automation
24	20250379633	19227267	H04B 7/06	NÃO	AI Optimization of Terahertz Communication	Robert Smith	2025	US	Voice Life Holdings	communication; AI
25	20250341834	19266391	G05D 1/226	NÃO	AI Smart Home and Robotics Control	Zhi Cui	2025	US	AT&T Intellectual Property	smart homes; robotics

19.16 APÊNDICE 16 - LISTA PATENTES NO *ESPACENET*

Nº	Título da Patente	Número	Ano	País	Empresa/Instituição	Tema principal	Tecnologias envolvidas	Aplicação (Smart Cities)
1	Systems, Methods, Kits, and Apparatuses for Generative Artificial Intelligence...	AU2024220200A1	2024	AU	Strong Force VCN Portfolio 2019 LLC	IA generativa em redes de valor	IA generativa, redes neurais, transformers	Automação e tomada de decisão urbana
2	AI-Based Energy Edge Platforms, Systems, and Methods	WO2026024918A1	2026	WO	Strong Force EE Portfolio 2022 LLC	Gestão energética inteligente	IA, edge computing, redes energéticas	Eficiência energética em cidades
3	Autonomous Processing Reactor System and Method	WO2025081233A1	2025	WO	Fendis Gregory	Automação inteligente de processos	IA, blockchain, smart contracts	Infraestrutura urbana automatizada
4	Systems, Methods, Devices, and Platforms for Industrial IoT	WO2025160415A1	2025	WO	Strong Force IoT Portfolio 2016 LLC	IoT industrial inteligente	IoT, IA, sistemas conectados	Cidades conectadas e sensores urbanos

5	Persistent Artificial Intelligence Agents	US20260111769A1	2026	US	Avaulti Inc	Agentes autônomos de IA	IA, agentes persistentes, aprendizado	Assistentes inteligentes urbanos
6	AI for Smart Machines in Value Chain Networks	US2024144011A1	2024	US	Strong Force VCN Portfolio	IA aplicada à automação	IA, automação, sistemas inteligentes	Logística urbana inteligente
7	Digital Twin Enabled AI System for Additive Manufacturing	US12585231B2	2026	US	Strong Force VCN Portfolio	Gêmeos digitais industriais	Digital twin, IA, manufatura aditiva	Simulação de infraestrutura urbana
8	AI-Based Energy Edge Platforms (Extended)	WO2025160422A2	2025	WO	Strong Force EE Portfolio	IA energética avançada	IA, grafos neurais, energia distribuída	Gestão energética urbana
9	Industrial Internet of Things Systems	AU2024210972A1	2025	AU	Strong Force IoT Portfolio	IoT industrial	IoT, sensores, automação	Monitoramento urbano em tempo real
10	Know Your Model Systems	WO2026024917A1	2026	WO	Strong Force VCN Portfolio	Governança de modelos de IA	IA, compliance, gestão de modelos	Governança digital urbana
11	Robotic Fleet Resource Provisioning System	US12552035B2	2026	US	Strong Force VCN Portfolio	Gestão de robôs autônomos	IA, robótica, logística	Mobilidade urbana automatizada

12	Component-Inventory-Based Robot Fleet Management	US2023102048A1	2023	US	Strong Force VCN Portfolio	Gestão de frota robótica	IA, robôs, inventário digital	Transporte e serviços urbanos
13	Digital Product Network Systems	AU2022256517A1	2022	AU	Strong Force VCN Portfolio	Redes digitais de produtos	Digital twin, redes IoT	Infraestrutura digital urbana

19.17 APÊNDICE 17 - LISTA PATENTES NO INPI

Pedido	Depósito	Título	IPC
BR 10 2024 016156 4	07/08/2024	MÉTODO PARA HOMOLOGAÇÃO DE SMART TV COM APRENDIZADO DE CONTEXTO PERSONALIZADO	G06F 11/3668
BR 10 2024 014192 0	10/07/2024	DESENHO EXPERIMENTAL DE NEUROMARKETING PARA ESTUDOS COM PRODUTO ELETRÔNICO DO TIPO SMART TV	G06Q 30/02
BR 10 2021 007907 0	26/04/2021	MÉTODO DE PROTOCOLO SMART MEDIA UM ID DE MÍDIA PARA RESPONSABILIDADE E AUTENTICAÇÃO	H04L 29/08
BR 10 2020 001206 1	20/01/2020	COMPUTADORES EMBARCADOS ATUALIZÁVEIS PARA TELEVISORES SMART	H04N 21/466
BR 11 2020 003612 9	16/01/2018	SMART PHONE E FONE DE OUVIDO BLUETOOTH	H04M 1/60
BR 20 2017 002984 6	14/02/2017	VENTILADOR SMART (INTELIGENTE) ELETRÔNICO PROGRAMÁVEL COM CONTROLE DE VELOCIDADE E CONTROLE DE ROTAÇÃO VIA COMUNICAÇÃO SEM FIO (WIRELESS) DO TIPO WI-FI / BLUETOOTH UTILIZANDO UM APLICATIVO	F24F 11/00
BR 20 2016 021553 1	16/09/2016	NUMERADOR DE MESAS CARREGADOR DE DISPOSITIVOS MÓVEIS SMART CHARGER	G09F 9/30
BR 10 2015 024167 4	21/09/2015	APARELHO PARA GESTÃO DE CONSUMO DE ÁGUA, GÁS E ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE SMART METERS	G07F 15/06
BR 10 2015 003365 6	13/02/2015	MÉTODO DE CONTROLE HIERÁRQUICO E ADAPTATIVO DE TENSÃO, USO DO MESMO EM REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES "SMART GRID", E SISTEMA DE CONTROLE HIERÁRQUICO E ADAPTATIVO EM REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES	H02J 13/00

BR 11 2015 016093 0	30/12/2013	UTILIZAÇÃO DAS CAPACIDADES DE SMART TV PARA OTIMIZAR CHAMADA DE ÁUDIO/VÍDEO	H04L 12/66
BR 10 2013 009882 5	23/04/2013	MÉTODO PARA DEFINIÇÃO DE ARQUITETURA DE REDES DE COMUNICAÇÃO EM APLICAÇÕES SMART GRID	H04L 12/00
PI 0801693-3	02/05/2008	SISTEMA DE INGRESSO INTELIGENTE ON-LINE E OFF-LINE, PERMANENTE E INDIVIDUALIZADO UTILIZANDO SMART CARDS	G06K 19/07
PI 0505741-8	21/12/2005	RECEPTOR DE SATÉLITE PARA SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE SINAIS ANALÓGICOS E DIGITAIS, INCORPORANDO LEITORA DE CARTÃO TIPO "SMART CARD", PARA ACESSO À CANAIS RESTRITOS	H04N 5/46
MU 8403194-8	15/12/2004	COLETOR DE DADOS SMART SCALE - IF 01	G01G 17/08
PI 0302805-4	07/08/2003	DISPOSITIVO EMISSOR DE FREQÜÊNCIA PORTÁTIL COM SMART-CARD	G06K 19/067
PI 0200645-6	22/02/2002	SISTEMA DE TRACIONAMENTO DE CARTÕES SMART CARD CONTACTLESS	G06K 13/08
MU 8000108-4	13/01/2000	SISTEMA DE CONTROLE DE ACESSO ON-LINE E DE FREQUÊNCIA (DATA E HORA) OFF-LINE INTEGRADOS ATRAVÉS DE CARTÃO INTELIGENTE (SMART CARD)	G07C 1/18
PI 9903403-4	19/07/1999	SMART CARD SAÚDE PARA ARQUIVAR DADOS PESSOAIS DE SAÚDE	B42D 15/02
MU 7901029-6	11/05/1999	CATRACA AUTOMÁTICA (ELETRÔNICA) TIPO MINI-BLOQUEIO DE TRÊS BRAÇOS, ACIONADA POR CARTÃO INTELIGENTE SEM CONTATO (CONTACTLESS SMART CARD) E POR MOEDAS CORRENTES	G07C 9/02
PI 9604222-2	09/09/1996	GUARDIAN SENSOR SMART	G08B 13/18

PI 9603695-8	21/08/1996	SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE DE ACESSO DE PESSOAS EM SHOWS, FEIRAS E EVENTOS ATRAVÉS DE INGRESSOS RECICLÁVEIS NA FORMA DE CARTÕES MAGNÉTICOS OU CARTÕES COM CHIP (SMART-CARD) OU CARTÕES COM CÓDIGO DE BARRAS	G07C 9/00

19.18 APÊNDICE 18 - LISTA PATENTES NO *LATIPAT*

Nº	Título	Inventor(es)	Requerente	Publicação	Data Publicação	Data Prioridade	CIP (IPC)
1	COMBINATION VACCINE	JACOBS ANTONIUS	INTERVET INT BV	ES3049399 (T3)	16/12/2025	27/08/2018	A61K39/00; A61K39/08; A61K39/09
2	CENTRO DE TRANSFORMACION MODULAR	GARCIA-FUENTES DE LA FUENTE JUAN	GARCIA FUENTES DE LA FUENTE JUAN	ES1320621 (U)	27/06/2025	26/03/2025	E04H1/12; H02B7/06; H02B7/08
3	Hormigón de fusión en frío	ZUBROD RODNEY; GERHARDT MARK	GEOPOLYMER SOLUTIONS LLC	ES2837559 (T3)	30/06/2021	04/08/2016	C04B24/08; C04B28/00; C04B28/02
4	Procedimiento para transmitir información ferroviaria	RADOMIAK ANDRE; LESAINE THIERRY	ALSTOM TRANSP TECH	ES2774537 (T3)	21/07/2020	19/05/2017	B61L19/06; B61L25/00; B61L27/00
5	Estructura de pavimento de hormigón	DAO DUC TUNG; ECH MOHSEN	HOLCIM TECHNOLOGY LTD	ES2716406 (T3)	12/06/2019	23/03/2016	E01C11/22; E01C7/35
6	Nanopartículas para inmunoterapia	REDDY SAI T; HUBBELL JEFFREY A	EPFL	ES2709391 (T3)	16/04/2019	21/02/2006	A61K39/385; A61K47/50; A61K9/14
7	Remolque para transporte de fluidos criogénicos	CAÑADA SIERRA LAURA	TECHNOKONTROL GLOBAL LTD	ES2708877 (A1)	11/04/2019	30/12/2016	B60P3/22; F17C1/00; F17C3/00
8	Dispositivo de control de seguridad	KLEMM RAINER; WEISS PETER	THALES DEUTSCHLAND	ES2693090 (T3)	07/12/2018	14/08/2015	H02M7/00
9	Moléculas para detección de proteínas	SCHYMKOWITZ JOOST; ROUSSEAU FREDERIC	VIB; UNIV BRUSSEL	ES2679995 (T3)	03/09/2018	11/03/2011	A61L27/00; A61L31/08
10	Sistema de retención para transporte de perros	GASGO GOMEZ SERGIO	GASGO GOMEZ SERGIO	ES1216129 (U)	02/08/2018	10/04/2018	B60R22/14
11	Método para tolerancia a sequía en plantas	NEWMAN LEE; VAN DER LELIE DANIEL	BROOKHAVEN SCIENCE ASS LLC	ES2646132 (T3)	12/12/2017	12/03/2010	A01N63/20; A01N63/22

12	Fluido tixotrópico cicatrizante	VEGA VILLAVICENCIO PARSIVAL; BATTISTA MIGUEL	VEGA VILLAVICENCIO; BATTISTA	ES2633970 (T3)	26/09/2017	27/12/2012	A61F13/00; A61K31/136
13	Máquina recolectora de frutos	TENIAS SANCHO JESUS	TENIAS S A	ES2630833 (A1)	24/08/2017	24/02/2016	A01D46/26
14	Sistema de alimentación para aves	VAN KERREBROECK BRECHT	ROXELL BVBA	ES2619362 (T3)	26/06/2017	07/05/2013	A01K39/012; B08B3/02
15	Asiento de vehículo ergonómico	GALLAIS CÉDRIC; JOLIVET SYLVAIN	SNCF MOBILITES	ES2608308 (T3)	07/04/2017	27/04/2011	B60N2/24; B60N2/64; B60N2/66
16	Transportín para animales	SALZMANN KARL	ILESS GMBH	ES2599755 (T3)	03/02/2017	14/07/2013	A01K1/02
17	Estructuras plegables	AXELROD GLEN; GAJRIA AJAY	TFH PUBLICATIONS	ES2595727 (T3)	03/01/2017	28/11/2006	B65D6/18
18	Ecopatín mecánico	QUESADA BARRETO CARLOS	QUESADA BARRETO CARLOS	ES1146534 (U)	24/11/2015	22/10/2015	A63C17/02
19	Variaciones genéticas resistencia a fármacos	LACKNER MARK; AMLER LUKAS	GENENTECH INC	ES2544682 (T3)	02/09/2015	14/03/2008	C12Q1/68
20	Composición tratamiento hemorroides	RIZZA LUISA; MUNAFO SALVATORE	BIONAP SRL	ES2443574 (T3)	19/02/2014	02/09/2009	A61K36/33; A61K36/63
21	Contenedor reciclaje residuos	RODRIGUEZ MORAN SANTIAGO	RODRIGUEZ MORAN SANTIAGO	ES1085454 (U)	17/07/2013	17/05/2013	B65F1/12
22	Método actividad proteína transporte	CUI YUNHAI	BOEHRINGER INGELHEIM	ES2372317 (T3)	18/01/2012	25/08/2006	G01N33/542; G01N33/60
23	Métodos detección melanoma	WANG YIXIN; TALANTOV DIMITRI	VERIDEX LLC	ES2323972 (T3)	28/07/2009	25/06/2004	C12Q1/68
24	Vallas de seguridad carreteras	GAILLARD CHRISTIAN; PAPINESCHI THIERRY	GAILLARD RONDINO SA	ES2094933 (T3)	01/02/1997	30/09/1991	E01F15/04

25	Difusión de información de tráfico	RENAULT DENIS; POIGNET ALAIN	FRANCE TELECOM	ES2042051 (T3)	01/12/1993	17/06/1988	G08G1/09