



II CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

03 a 05 de dezembro de 2025

As Engenharias na Transformação Digital das PMEs

Mapeamento Bibliométrico das Tendências de Pesquisa em *Smart Environment* e *Smart Cities*

Beatryz de Almeida Alcantara

Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – PG

Franciele Aparecida Cecato

Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – PG

Regina Negri Pagani

Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – PG

Resumo: O crescimento acelerado da urbanização impulsiona a busca por cidades inteligentes. Assim, os conceitos de *Smart Cities* e *Smart Environment* ganham destaque, articulando tecnologia e desenvolvimento sustentável. Este artigo apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o objetivo de identificar tendências, lacunas e abordagens tecnológicas voltadas ao avanço desses domínios. A pesquisa foi conduzida utilizando a metodologia Methodi Ordinatio, que permitiu qualificar, ranquear e analisar os estudos mais relevantes com base em critérios como fator de impacto, número de citações e atualidade. A busca foi realizada na base *Scopus*, resultando em 316 artigos. Após aplicação da metodologia, 31 artigos seguiram para análises. As temáticas recorrentes incluíram Internet das Coisas (IoT), Big Data, Machine Learning, Blockchain, segurança cibernética, mobilidade inteligente e qualidade de vida. As análises revelaram um amadurecimento teórico e prático do campo, com crescente convergência entre inovação tecnológica e demandas sociais, ambientais e éticas. Os resultados indicam que a IoT atua como infraestrutura integradora nas cidades inteligentes, enquanto as técnicas de análise de dados possibilitam decisões urbanas mais inteligentes e responsivas. Observa-se também um deslocamento de uma abordagem técnico-operacional para uma perspectiva mais humanizada, com foco em bem-estar humano e participação cidadã. A atualização das palavras-chave demonstrou crescimento contínuo das publicações, reforçando a relevância do tema e abrindo caminho para novas investigações. Este estudo contribui ao oferecer uma visão abrangente e estratégica sobre os rumos da pesquisa em cidades e ambientes inteligentes, orientando pesquisadores e formuladores de políticas na construção de cidades mais resilientes, inclusivas e sustentáveis.

Palavras-chave: Bibliometria, Methodi Ordinatio, Tendências de Pesquisa, Sustentabilidade Urbana, Cidades Inteligentes.

Bibliometric Mapping of Research Trends in *Smart Environment* and *Smart Cities*

Abstract: The rapid growth of urbanisation is driving the search for *Smart Cities*. Thus, the concepts of *Smart Cities* and *Smart Environment* are gaining prominence, linking technology and sustainable development. This article presents a Systematic Literature Review (SLR) with the aim of identifying trends, gaps and technological approaches aimed at advancing these domains. The research was conducted using the Methodi Ordinatio methodology, which allowed us to qualify, rank, and analyse

the most relevant studies based on criteria such as impact factor, number of citations, and timeliness. The search was conducted in the Scopus database, resulting in 316 articles. After applying the methodology, 31 articles were selected for analysis. Recurring themes included the Internet of Things (IoT), Big Data, Machine Learning, Blockchain, cybersecurity, smart mobility and quality of life. The analyses revealed a theoretical and practical maturation of the field, with increasing convergence between technological innovation and social, environmental and ethical demands. The results indicate that the IoT acts as an integrating infrastructure in *Smart Cities*, while data analysis techniques enable smarter and more responsive urban decisions. There is also a shift from a technical-operational approach to a more humanised perspective, with a focus on human well-being and citizen participation. The update of keywords demonstrated continuous growth in publications, reinforcing the relevance of the topic and paving the way for new investigations. This study contributes by offering a comprehensive and strategic view of the direction of research in *Smart Cities* and environments, guiding researchers and policymakers in building more resilient, inclusive, and sustainable cities.

Keywords: Bibliometrics, Methodi Ordinatio, Research Trends, Urban Sustainability, *Smart Cities*.

1. Introdução

A urbanização global tem avançado rapidamente, e a população mundial deve atingir 10,3 bilhões em 2080, com declínio gradual para 10,2 bilhões até o fim do século (UN, 2025). Nesse cenário, um em cada quatro habitantes viverá em países já estabilizados demograficamente (SILVA, 2025). Esse processo impõe desafios ambientais, sociais e de qualidade de vida, reforçando a urgência de ambientes sustentáveis na agenda global (DO RIO CALDEIRA, 2024). Surge assim o conceito de *Smart Environment*, definido como sistema integrado de objetos físicos e tecnologias interconectadas que promovem conforto, eficiência e sustentabilidade (SICA *et al.*, 2025).

O conceito amplia a computação ubíqua ao integrar sensores e dispositivos em contextos físicos, virtuais e sociais, permitindo automação, monitoramento ambiental e melhor qualidade de vida (SICA *et al.*, 2025). Permeando o crescimento populacional acelerado, o planejamento de *Smart Cities* vem substituindo métodos convencionais de desenvolvimento urbano, incorporando redes sem fio que monitoram em tempo real fatores como a poluição do tráfego, contribuindo para uma gestão mais eficiente e sustentável (JAMIL *et al.*, 2015).

Para um desenvolvimento sustentável global, sua expansão está condicionada a uma multiplicidade de fatores, incluindo a economia, a oferta de educação de qualidade, o setor agrícola, as indústrias, entre outros, e o meio ambiente inteligente se destaca como um dos elementos mais cruciais nesse processo (ULLO e SINHA, 2021). Ainda de acordo com Ullo e Sinha (2021), a saúde e a higiene constituem pilares essenciais para a sustentabilidade da humanidade e o avanço de qualquer nação, uma vez que dependem diretamente de um ambiente limpo, desprovido de poluição e isento de riscos ambientais.

Diante do exposto, as diretrizes deste trabalho serão pautadas nos modelos de *Smart Cities* em conjunto com modelos de *Smart Environment*, a pesquisa se propõe a explorar as tendências de pesquisa nesse contexto, destacando as questões e abordagens mais relevantes que têm moldado o campo nos últimos anos. À medida que as cidades enfrentam a pressão do crescimento populacional e das mudanças climáticas, a pesquisa desempenha um papel crucial na concepção de estratégias eficazes para alcançar cidades inteligentes (DOS SANTOS; ROSSI, A, 2025).

Dessa maneira, a questão de pesquisa norteadora deste artigo foi: Quais as novas tendências de pesquisa sobre *Smart Environment* e *Smart Cities* na literatura atualmente? A justificativa para este artigo encontra-se nas análises de tendências recentes de pesquisa que abrangem os tópicos relacionados a *Smart Environment* e *Smart Cities*. Desde a gestão de recursos naturais até o avanço da tecnologia mais robusta para a promoção de um meio

ambiente e uma cidade inteligente. Ao identificar as tendências atuais, este estudo visa fornecer uma visão abrangente do estado atual do conhecimento e destacar áreas de oportunidade para pesquisadores e profissionais que buscam promover *Smart Environment* e *Smart Cities*. Este artigo está estruturado nas seguintes seções. Na primeira seção, a pesquisa é contextualizada, seu objetivo e justificativa, apresentados. Posteriormente, a metodologia adotada é descrita. Na terceira seção, os resultados são apresentados e discutidos. Por fim, estão as conclusões e as referências bibliográficas.

2. METODOLOGIA

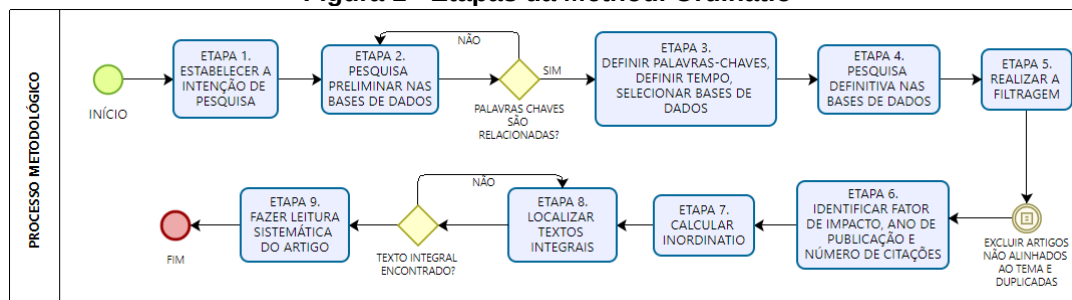
A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) é um método rigoroso, guiado por protocolos específicos, que organiza e analisa grandes volumes de documentos para identificar evidências relevantes (GALVÃO; RICARTE, 2019). Este artigo trata-se de uma RSL qualitativa, voltada a identificar abordagens tecnológicas, lacunas e tendências em *Smart Environment* e *Smart Cities*. Como modelo para a execução foi utilizado a *Methodi Ordinatio*, metodologia que nasce da necessidade de melhor qualificação dos artigos obtidos em revisões bibliográficas sistemáticas (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2017). Para a aplicação da metodologia é necessário fazer a classificação da relevância das publicações com base em uma fórmula, o *Index Ordinatio (InOrdinatio)*, conforme apresentado na equação 1.

$$InOrdinatio\ 2.0 = \left\{ \left[\frac{\Delta * \text{Fator de impacto}}{\left(\frac{\text{Citações}}{(\text{Ano da pesquisa}+1) - \text{Ano da publicação}} \right)} \right] - \left[\lambda * \left(\frac{\text{Ano da pesquisa} - \text{Ano da Publicação}}{\text{Meia-Vida}} \right) \right] + \Omega * \right\} \quad (\text{Eq. 1}).$$

(PAGANI, 2024).

Onde, Meia-vida: mediana do *Cited Half-Life* dos periódicos com JCR 2020; Ano de Publicação: ano que a artigo foi publicado. Ex.: 1998; Ano da Pesquisa: ano em que a pesquisa está sendo realizada. Ex.: 2025; Fator de impacto: fator de impacto (*last year CiteScore*, ou estimativa deste a partir do JCR em caso de *CiteScore* inexistente); Ano: ano em que o artigo foi publicado; Citações: total de citações localizadas no *google scholar*; Δ : é o valor entre 0 e 10 que o pesquisador atribui à importância do fator de impacto da publicação; λ : é o valor entre 0 e 10 que o pesquisador atribui à importância da atualidade da publicação; Ω : é o valor entre 0 e 10 que o pesquisador atribui à importância da média anual de citações da publicação. A metodologia é composta por nove etapas, para a quantificação de cada artigo, utiliza-se de três critérios de análise, que foram: o número de citações, o fator de impacto e o ano de publicação. As etapas serão melhor definidas na Figura 1, que mostra o processo de utilização da *Methodi Ordinatio*.

Figura 1 - Etapas da Methodi Ordinatio



Fonte: Adaptado de Pagani (2024)

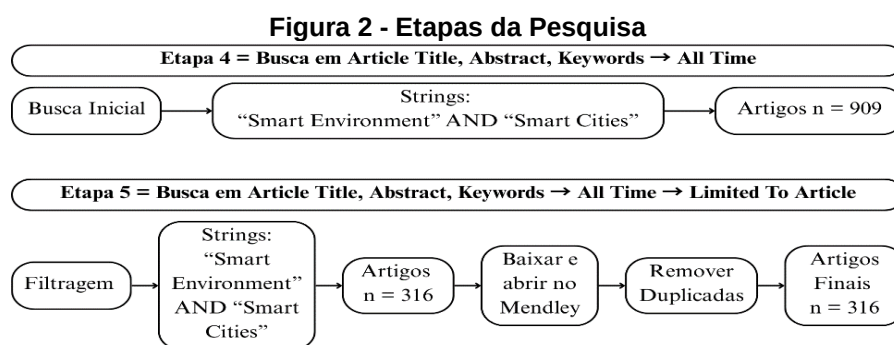
O procedimento iniciou-se com a definição dos objetivos, escopo temático e áreas de interesse da RSL. Em seguida, realizou-se uma pesquisa preliminar na base de dados para

testar e validar palavras-chave, ajustadas quando necessário. Após a definição final dos termos, recorte temporal e base escolhida, conduziu-se a busca definitiva, seguida da filtragem de duplicados e de artigos fora dos critérios de inclusão. Para cada estudo selecionado, foram identificados fator de impacto, ano de publicação e número de citações, subsidiando o cálculo do índice *InOrdinatio* e o ranqueamento dos artigos mais relevantes. Na sequência, buscou-se o acesso integral aos textos; quando indisponíveis, recorreram-se a outras fontes ou os estudos foram excluídos. Por fim, realizou-se a leitura sistemática dos artigos completos, permitindo análise crítica, identificação de evidências e consolidação da base final da pesquisa.

3. Desenvolvimento

Na etapa 1 definiu-se a intenção da pesquisa. Na etapa 2 realizou-se uma busca preliminar na base *Scopus*, utilizando os termos *Smart Cities*, *Intelligent Cities*, *Smart Sustainable Cities*, *Smart Environment*, *Green Infrastructure* e *Environmental Monitoring*, isolados e combinados. Na etapa 3, definiu-se a combinação final dos termos e a escolha da base *Scopus*, justificada pelo volume de artigos recuperados e pela disponibilidade de acesso aberto. Em estudos bibliométricos e revisões sistemáticas, a *Scopus* é considerada referência por englobar tanto artigos de alto impacto internacional quanto publicações emergentes, o que assegura abrangência e atualidade aos resultados (VISSER *et al.*, 2021). Não houve limite temporal, visando contemplar a totalidade dos trabalhos sobre o tema. Posteriormente, foi realizada a busca definitiva na base de dados, utilizando o operador booleano “AND” e “OR”, formando a combinação (“*Smart Cities*” OR “*intelligent cities*” OR “*smart sustainable cities*”) AND (“*Smart Environment*” OR “*green infrastructure*” OR “*environmental monitoring*”).

Na etapa 5, foi realizado o procedimento de filtragem para a seleção dos artigos, foram considerados artigos de estudo de caso, pesquisas bibliográficas, pesquisas de campo, pesquisas explicativas e outras compilações teóricas e práticas. Não foram considerados artigos sem revisão por pares e capítulos de livros. Foi possível definir alguns pontos importantes para a filtragem e eliminação de documentos que não seriam utilizados. Todos os artigos selecionados foram baixados da base de dados e exportados para o *Software Mendley* versão 2.129.0, foram removidos os artigos duplicados e feita então a seleção final dos artigos para as próximas etapas da pesquisa, os procedimentos da etapa 4 e 5 podem ser vistos na Figura 2.



Fonte: Autores (2025)

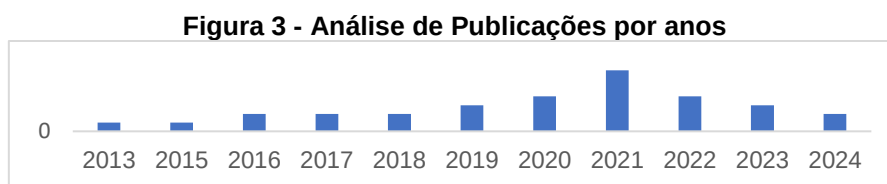
Os 316 artigos selecionados seguiram para a etapa 6, em que foram identificados fator de impacto, ano de publicação e número de citações, por meio do *Google Scholar*, sites das revistas e a tabela da *RankIn* Mehodi-Ordinatio versão 8.5. Na Etapa 7, foram calculados os *InOrdinatio*s dos artigos, a equação utilizou a tabela de *Excel* para os cálculos, o valor de Δ , Ω e λ , foram 10, considerando a atualidade dos artigos, o fator de impacto das revistas e média anual de citações como fatores importantes para a pesquisa.

Com o cálculo do *InOrdinatio*, adotou-se o critério dos 10% superiores, priorizando os artigos mais relevantes. Esse recorte resultou em 31 estudos selecionados para análise aprofundada. No que se refere ao critério de seleção dos 10% superiores do portfólio inicial, tal decisão está em conformidade com as diretrizes da metodologia *Methodi Ordinatio* (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2015; 2017), que recomenda o ranqueamento dos estudos a partir do índice *InOrdinatio* considerando três variáveis centrais: fator de impacto do periódico, número de citações e atualidade da publicação. A opção pelo corte percentual foi necessária para garantir rigor metodológico e viabilidade prática da análise, priorizando os artigos mais representativos e de maior relevância científica.

Assim, ao estabelecer o recorte nos 10% superiores, assegurou-se a inclusão de estudos de maior impacto, sem comprometer a diversidade temática do portfólio. Essa escolha metodológica possibilita uma análise aprofundada e crítica, ao mesmo tempo em que evita vieses decorrentes de amostras excessivamente extensas ou de caráter aleatório, reforçando a consistência e a confiabilidade dos resultados. Por fim, iniciou-se a etapa 9 da pesquisa, onde foram feitas a leitura sistemática e análise dos artigos encontrados. Para isso, foram identificados conceitos-chave, abordagens metodológicas, resultados, lacunas deixadas pelos autores e considerações futuras. Na sessão de análises foi apresentado o portfólio com os 31 artigos selecionados para a RSL e suas considerações.

4. Análises

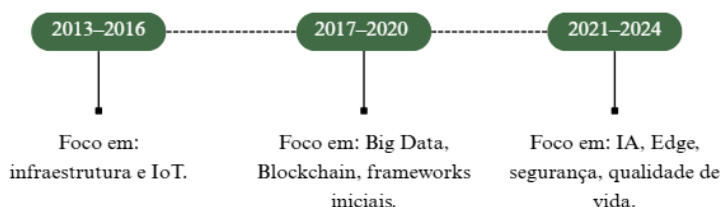
Inicialmente, por meio da análise bibliométrica, identificou-se as tendências dos anos da pesquisa, visto na Figura 3.



Fonte: Dados da pesquisa (2025)

A Figura 3 apresenta a distribuição temporal das publicações identificadas na análise bibliométrica entre os anos de 2013 e 2024. Observa-se um crescimento gradual até 2021, ano em que houve um pico significativo de publicações. No entanto, a partir de 2022, nota-se uma queda na quantidade de estudos, sugerindo uma possível redução no interesse ou mudanças nas abordagens relacionadas ao tema. Com a análise temporal, foi elaborada a figura de maturação da pesquisa, podendo ser visto por meio da Figura 4.

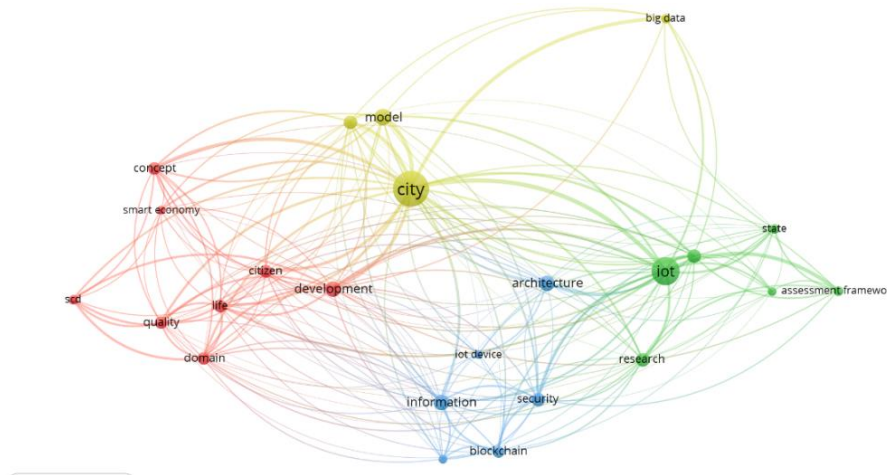
Figura 4 - Linha do tempo de maturação das pesquisas em *Smart Cities* e *Smart Environment* (2013–2024)



Fonte: Autores (2025)

A Figura 4 representa a evolução da maturidade dos artigos da busca, demonstrando que os focos das pesquisas evoluíram com o avanço da tecnologia e também em busca de ambientes saudáveis para as pessoas, como demonstrado nos anos de 2021 para 2024. Foi elaborada ainda a rede de coocorrência para visualização das palavras-chave com maior influência dentre os artigos analisados, podendo ser visto por meio da Figura 5.

Figura 5 - Rede de coocorrência de palavras-chave na literatura



Fonte: Dados da pesquisa (2025)

A análise de coocorrência de termos da Figura 5, revelou a formação de quatro clusters principais. O cluster verde agrupa as tecnologias habilitadoras (IoT, *Big Data*), enquanto o cluster azul concentra estudos sobre segurança e infraestrutura (*Blockchain*, *Security*). O cluster vermelho enfatiza aspectos sociais e de qualidade de vida (*Citizen*, *Quality*, *Life*), e o cluster amarelo aponta o termo *City* como eixo central do campo de pesquisa. Esses resultados evidenciam que a literatura sobre *Smart Cities* e *Smart Environment* transita entre dimensões técnicas, sociais e de governança, refletindo uma evolução de um enfoque tecnológico para uma abordagem mais integrada e humanizada. Em seguida, foi realizada uma análise aprofundada para identificar os motivos da queda de tendência e uma nova busca foi conduzida a fim de verificar a atual disposição de publicações nos anos mais recentes, os artigos que compuseram o portfólio de análise podem ser vistos por meio do Quadro 1.

Quadro 1 - Portfólio de artigos analisados

Artigo	Journal	InOrdinatio
Hashem <i>et al.</i> (2016)	International Journal of Information Management	2018,2
Perera <i>et al.</i> (2015)	IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing	800,6
Bellavista <i>et al.</i> (2013)	IEEE Sensors Journal	536,6
Pieroni <i>et al.</i> (2018)	International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology	349,8
Barcelo <i>et al.</i> (2016)	IEEE Journal on Selected Areas in Communications	518,2
Hussein (2019)	International Journal of Advanced Computer Science and Applications	343,7
Karie <i>et al.</i> (2021)	IEEE Access	512,7
Cook <i>et al.</i> (2018)	Proceedings of the IEEE	709,8
Gomez <i>et al.</i> (2019)	Journal of Ambient Intelligence and <i>Smart Environments</i>	310,8
Lee e Lee (2020)	IEEE Internet of Things Journal	439,4
Li <i>et al.</i> (2019)	Journal of Cleaner Production	426,1
Urbietal <i>et al.</i> (2017)	Future Generation Computer Systems	360,7
Ullah <i>et al.</i> (2024)	Complex and Intelligent Systems	869,7
Roldán <i>et al.</i> (2020)	Expert Systems with Applications	386,4
Babar e Arif (2017)	Future Generation Computer Systems	357,4
Sharma <i>et al.</i> (2021)	Ad Hoc Networks	380,7
Kaluarachc (2022)	<i>Smart Cities</i>	458,1
Kisseleff <i>et al.</i> (2020)	IEEE Open Journal of the Communications Society	337,1
Kaur <i>et al.</i> (2021)	IEEE Internet of Things Journal	404,7
Imran e Kim (2022)	Energy and Buildings	400,6
Kuru e Khan (2021)	IEEE Access	308,7
Prasad e Alizadeh (2020)	Telematics and Informatics	341,8
Attaran <i>et al.</i> (2022)	Geo Journal	307,6

Quadro 1 - Portfólio de artigos analisados (Continuação)

Hazman <i>et al.</i> (2023)	Cluster Computing	441,0
Li <i>et al.</i> (2021)	Computers and Industrial Engineering	297,7
Chen e Chan (2023)	Information Technology and People	362,7
Nicolas <i>et al.</i> (2021)	Sustainable Cities and Society	378,7
Li <i>et al.</i> (2022)	Cluster Computing	290,6
Chen (2023)	Developments in the Built Environment	314,7
Al-Muhtadi <i>et al.</i> (2021)	Sustainable Cities and Society	298,7
Mehmood <i>et al.</i> (2024)	Future Generation Computer Systems	312,7

Fonte: Dados da pesquisa (2025)

Destes artigos, foram realizadas análises individuais, de forma compreender a maturação da pesquisa e para onde seguiram as novas palavras-chave. Iniciou-se pela síntese do conhecimento, podendo relacionar os períodos de maturação da pesquisa, quais autores publicaram em quais anos, as metodologias que foram utilizadas e suas principais contribuições, podendo ser visto no Quadro 2.

Quadro 2 - Síntese de conhecimento por eixo temático

Eixo Temático	Artigos (Ano)	Metodologias / Abordagens	Principais Resultados / Contribuições
Infraestrutura & IoT	Bellavista <i>et al.</i> (2013); Hashem <i>et al.</i> (2016); Babar & Arif (2017); Gomez <i>et al.</i> (2019)	Revisões e modelagens de Big Data, IoT e WSNs	IoT como base para coleta de dados urbanos; Big Data essencial para decisões; desafios de interoperabilidade e privacidade.
Segurança & Privacidade	Karie <i>et al.</i> (2021); Sharma <i>et al.</i> (2021); Hazman <i>et al.</i> (2023); Al-Muhtadi <i>et al.</i> (2021); Roldán <i>et al.</i> (2020)	Revisões sistemáticas, frameworks e arquiteturas de ML/IA	Lacunas em padrões de segurança para IoT; Machine/Deep Learning e Blockchain como soluções emergentes; alto desempenho em detecção de ataques.
Energia & Sustentabilidade	Pieroni <i>et al.</i> (2018); Li <i>et al.</i> (2019); Imran & Kim (2022); Li <i>et al.</i> (2021); Ullah <i>et al.</i> (2024)	Blockchain, Smart Grids, DSS, IoT+ML	Integração Blockchain em energia; comparação de cidades inteligentes chinesas; otimização de consumo energético; IoT+ML para cidades data-driven.
Mobilidade & Transporte	Lee & Lee (2020); Kuru & Khan (2021); Kaluarachchi (2022)	Computação em névoa, veículos autônomos, indicadores de <i>Smart Cities</i>	Fog computing e RL para reduzir latência; veículos autônomos em simulação urbana; indicadores de mobilidade como chave em políticas de <i>Smart Cities</i> .
Aspectos Sociais & Governança	Prasad & Alizadeh (2020); Nicolas <i>et al.</i> (2021); Chen & Chan (2023); Chen (2023)	Políticas públicas, NLP, questionários, análises estatísticas	Comunicação governamental influencia engajamento cidadão; qualidade de vida como critério emergente; correlação entre <i>Smart Cities</i> e felicidade urbana.

Fonte: Autores (2025)

As principais temáticas analisadas nos artigos revelam um panorama abrangente e multidisciplinar sobre o desenvolvimento das cidades inteligentes. Em primeiro plano, foram destacadas as tecnologias habilitadoras, como a Internet das Coisas (IoT), *Big Data*, *Blockchain*, Computação em Borda, Névoa e Nuvem, Redes 5G, além de técnicas de aprendizado de máquina e aprendizado profundo. Essas ferramentas tecnológicas formam a base para a coleta, o processamento e a utilização de grandes volumes de dados urbanos.

Outro eixo central seguiu a temática voltada a segurança e privacidade, com ênfase em *frameworks* de segurança, detecção de intrusos, mecanismos de autenticação, uso de criptografia e prevenção de ataques em ambientes conectados. Esses aspectos foram fundamentais para garantir a confiabilidade dos sistemas inteligentes em funcionamento. No campo da sustentabilidade e energia, os estudos abordaram a implementação de *Smart Grids*, a busca por maior eficiência energética e o monitoramento do consumo, com foco

em práticas sustentáveis. Esses temas se interligaram diretamente com os esforços para mitigar impactos ambientais e promoverem uso consciente dos recursos urbanos.

A mobilidade e transporte também ganharam destaque, com propostas envolvendo veículos autônomos, computação veicular e estratégias de mobilidade inteligente para melhorar o tráfego urbano e reduzir congestionamentos. Tais iniciativas contribuíram para a eficiência e a sustentabilidade dos deslocamentos nas cidades. No aspecto social, houve atenção crescente à qualidade de vida e à percepção cidadã, investigando como as tecnologias impactam o bem-estar, a saúde e a felicidade dos habitantes urbanos. Essa linha de pesquisa reconheceu que o sucesso das cidades inteligentes depende, sobretudo, da experiência vivida pelos cidadãos.

Além disso, os artigos exploraram arquiteturas e *frameworks* de integração, propondo modelos distribuídos e sistemas interconectados capazes de articular os diversos subsistemas urbanos de maneira eficiente e segura. Isso se conectou com as discussões sobre governança e comunicação pública, que envolveram estratégias de engajamento da população, transparência nas ações governamentais e estímulo à participação cidadã. Quanto a avaliação de desempenho e a maturidade urbana, apareceram como uma temática relevante, com o uso de indicadores, *rankings* e comparações entre cidades. As interligações entre os temas abordados nos estudos revelaram convergência tecnológica e conceitual no campo das cidades inteligentes.

A Internet das Coisas (IoT) se destacou como o elo central entre as pesquisas analisadas, funcionando como infraestrutura fundamental que conecta diversas áreas, como mobilidade urbana, gestão de energia, segurança e prestação de serviços públicos. Sua capacidade de coletar e transmitir dados em tempo real tornou possível a integração de múltiplos sistemas urbanos. Complementando essa base tecnológica, as técnicas de *Machine Learning* e o uso de *Big Data* apareceram como ferramentas essenciais para transformar os dados coletados pela IoT em decisões inteligentes. Essa combinação foi amplamente aplicada em áreas como saúde, segurança pública e mobilidade, promovendo uma gestão urbana mais preditiva, responsiva e eficiente.

A tecnologia *Blockchain* destacou-se como solução para energia descentralizada, segurança de dados e aprendizado federado, garantindo transparência e confiabilidade nas transações das cidades inteligentes. Além do viés tecnológico, estudos passaram a considerar impactos sociais, relacionando modernização urbana ao bem-estar, saúde e percepção cidadã, o que reforça uma abordagem mais humanizada. Para sintetizar essas evidências, elaborou-se o Quadro 3 com tendências, lacunas e oportunidades de pesquisa.

Quadro 3 - Tendências, lacunas e oportunidades de pesquisa.

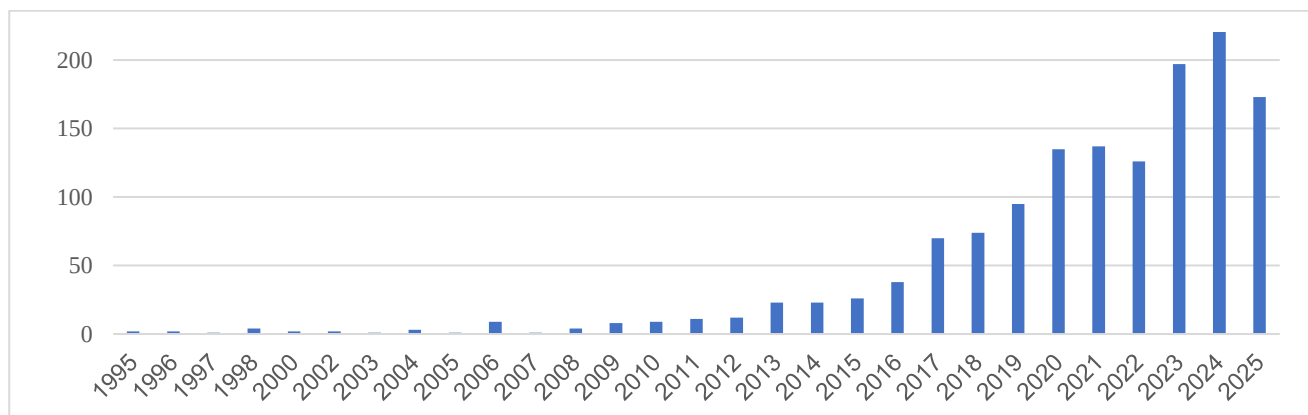
Tendência Atual	Lacuna Identificada	Oportunidade de Pesquisa
IoT + Big Data	Interoperabilidade, privacidade	Padrões globais de integração
Segurança IoT	Falta de frameworks específicos	Aplicações de Blockchain e IA
Energia Inteligente	Pouca validação prática	Smart Grids descentralizados
Mobilidade Autônoma	Simulação ainda pouco aplicada	Testes reais em cidades médias
Qualidade de Vida	Pouco foco em dimensões sociais	Pesquisas sobre bem-estar e participação cidadã

Fonte: Autores (2025)

De acordo com essa visualização de maturação do tema, foi realizada uma nova busca para entender quais as novas convergências de palavras-chave que auxiliam no aumento das publicações atuais. As palavras que compuseram a nova busca foram ("*Smart Cities*" OR "*intelligent cities*" OR "*sustainable cities*") AND ("*Smart Environment*" OR "*green infrastructure*" OR "*environmental monitoring*" OR "*urban sustainability*") essa nova

combinação de palavras-chave permitiu a construção de um gráfico com uma análise mais crescente de publicações, podendo ser visto por meio da Figura 6.

Figura 6 - Nova Busca e Análises por Anos de Publicações.



Fonte: Dados da pesquisa (2025)

Essa nova busca foi feita na base da *Scopus* e retornaram 1328 artigos, foram utilizados apenas artigos e nenhum outro filtro foi feito, entretanto, apenas pela análise temporal dos artigos pode ser visto que as publicações tendem a aumentar, sugerindo então uma nova análise com um novo portfólio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão sistemática buscou identificar abordagens tecnológicas, lacunas e tendências em *Smart Environment* e *Smart Cities*, ressaltando suas inter-relações e o papel das tecnologias emergentes na sustentabilidade urbana. Com a *Methodi Ordinatio*, foi possível filtrar os estudos mais relevantes, oferecendo uma visão atualizada e estratégica da pesquisa atual.

Observou-se evolução nas abordagens dos primeiros estudos, voltados à infraestrutura e conectividade (IoT), para pesquisas recentes mais complexas, integrando *Big Data*, *Machine Learning*, *Blockchain* e *Edge Computing*. Essa mudança reflete amadurecimento teórico-prático, com foco crescente em segurança, privacidade, eficiência energética e bem-estar social. Outro ponto relevante foi a centralidade da Internet das Coisas (IoT) como elo integrador entre os diferentes subsistemas urbanos, demonstrando seu papel fundamental na coleta de dados em tempo real e na viabilização de soluções responsivas. As tecnologias de aprendizado de máquina e análise de dados apareceram como instrumentos cruciais para transformar esses dados em decisões inteligentes e preditivas.

Evidencia-se também transição da visão técnico-operacional para uma abordagem humanizada, centrada em qualidade de vida, percepção cidadã e participação social. A convergência entre inovação tecnológica e bem-estar urbano consolida-se como tendência nas publicações recentes, orientando políticas públicas e projetos urbanos. A nova combinação de palavras-chave evidenciou crescimento contínuo das publicações, confirmando a relevância e dinamismo do tema.

Como limitação, destaca-se a escolha pela base *Scopus* como única fonte de busca, o que pode restringir a diversidade de perspectivas. Ademais, a opção metodológica pelo corte dos 10% superiores priorizou os estudos mais consolidados, mas pode ter excluído contribuições emergentes. Recomenda-se que pesquisas futuras ampliem as bases de dados utilizadas e combinem análises bibliométricas com abordagens empíricas, explorando o impacto real das tecnologias em diferentes contextos urbanos. Futuras

pesquisas devem ampliar o foco em dimensões sociais, éticas e ambientais, reforçando a necessidade de modelos integrados que combinem tecnologia, governança e inclusão.

Referências

AL-MUHTADI, J., SALEEM, K., AL-RABIAAH, S., IMRAN, M., GAWANMEH, A., RODRIGUES, J. J. A lightweight cyber security framework with context-awareness for pervasive computing environments. **Sustainable Cities and Society**, v. 66, p. 102610, 2021.

ATTARAN, H; KHEIBARI, N; BAHREPOUR, D. Toward integrated smart city: A new model for implementation and design challenges. **GeoJournal**, v. 87, n. Suppl 4, p. 511-526, 2022.

BABAR, M., & ARIF, F. Smart urban planning using big data analytics based internet of things. In: **Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers**. 2017. p. 397-402.

BARCELO, M., CORREA, A., LLORCA, J., TULINO, A. M., VICARIO, J. L., & MORELL, A. IOT-cloud service optimization in next generation *Smart Environments*. **IEEE Journal on Selected Areas in Communications**, v. 34, n. 12, p. 4077-4090, 2016.

BELLAVISTA, P., CARDONE, G., CORRADI, A., & FOSCHINI, L. Convergence of MANET and WSN in IoT urban scenarios. **IEEE Sensors Journal**, v. 13, n. 10, p. 3558-3567, 2013.

CHEN, C. Can *Smart Cities* bring happiness to promote sustainable development? Contexts and clues of subjective well-being and urban livability. **Developments in the Built Environment**, v. 13, p. 100108, 2023.

CHEN, Z; CHAN, I. C. C. *Smart Cities* and quality of life: a quantitative analysis of citizens' support for smart city development. **Information Technology & People**, v. 36, n. 1, p. 263-285, 2023.

COOK, D. J., DUNCAN, G., SPRINT, G., & FRITZ, R. L. Using smart city technology to make healthcare smarter. **Proceedings of the IEEE**, v. 106, n. 4, p. 708-722, 2018.

DOS SANTOS; ROSSI, A. Panorama e perspectivas para a pesquisa acerca de mudanças climáticas, cidades e governança, e o enfoque na América Latina. **SciELO Preprints**. 2025.

DO RIO CALDEIRA, T. P. Urbanização periférica: autoconstrução, lógicas transversais e política em cidades do sul global. **Revista brasileira de estudos urbanos e regionais**, v. 26, n. 1, 2024.

GALVÃO, M. C. B; RICARTE, I. L. M. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da informação**, v. 6, n. 1, p. 57-73, 2019.

GOMEZ, C., CHESSA, S., FLEURY, A., ROUSSOS, G., & PREUVENEERS, D. Internet of Things for enabling *Smart Environments*: A technology-centric perspective. **Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments**, v. 11, n. 1, p. 23-43, 2019.

HASHEM, I. A. T., CHANG, V., ANUAR, N. B., ADEWOLE, K., YAQOOB, I., GANI, A., & CHIROMA, H. The role of big data in smart city. **International Journal of information management**, v. 36, n. 5, p. 748-758, 2016.

HAZMAN, C., GUEZZAZ, A., BENKIRANE, S., & AZROUR, M. IIDS-SIoEL: intrusion detection framework for IoT-based *Smart Environments* security using ensemble learning. **Cluster Computing**, v. 26, n. 6, p. 4069-4083, 2023.

HUSSEIN, A. H. Internet of things (IOT): Research challenges and future applications. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 10, n. 6, 2019.

IQBAL, N., KIM, D. H. Iot task management mechanism based on predictive optimization for efficient energy consumption in smart residential buildings. **Energy and Buildings**, v. 257, p. 111762, 2022.

KALUARACHCHI, Y. Implementing data-driven smart city applications for future cities. **Smart Cities**, v. 5, n. 2, p. 455-474, 2022.

KARIE, N. M., SAHRI, N. M., YANG, W., VALLI, C., & KEBANDE, V. R. A review of security standards and frameworks for IoT-based *Smart Environments*. **IEEE Access**, v. 9, p. 121975-121995, 2021.

KAUR, G., CHANAK, P., BHATTACHARYA, M. Energy-efficient intelligent routing scheme for IoT-enabled WSNs. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 8, n. 14, p. 11440-11449, 2021.

KISSELEFF, S., MARTINS, W. A., AL-HRAISHAWI, H., CHATZINOTAS, S., & OTTERSTEN, B. Reconfigurable intelligent surfaces for *Smart Cities*: Research challenges and opportunities. **IEEE Open Journal of the Communications Society**, v. 1, p. 1781-1797, 2020.

KURU, K; KHAN, W. A framework for the synergistic integration of fully autonomous ground vehicles with smart city. **IEEE Access**, v. 9, p. 923-948, 2020.

LEE, S. S., LEE, S. Resource allocation for vehicular fog computing using reinforcement learning combined with heuristic information. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 7, n. 10, p. 10450-10464, 2020.

LI, D; LUO, Z; CAO, B. Blockchain-based federated learning methodologies in *Smart Environments*. **Cluster Computing**, v. 25, n. 4, p. 2585-2599, 2022.

LI, J., DAI, J., ISSAKHOV, A., ALMOJIL, S. F., & SOURI, A. Towards decision support systems for energy management in the smart industry and Internet of Things. **Computers & Industrial Engineering**, v. 161, p. 107671, 2021.

LI, X., FONG, P. S., DAI, S., LI, Y. Towards sustainable *Smart Cities*: An empirical comparative assessment and development pattern optimization in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 215, p. 730-743, 2019.

MEHMOOD, H., KHALID, A., KOSTAKOS, P., GILMAN, E., & PIRTTIKANGAS, S. A novel edge architecture and solution for detecting concept drift in *Smart Environments*. **Future Generation Computer Systems**, v. 150, p. 127-143, 2024.

NICOLAS, C; KIM, J; CHI, S. Natural language processing-based characterization of top-down communication in *Smart Cities* for enhancing citizen alignment. **Sustainable Cities and Society**, v. 66, p. 102674, 2021.

PAGANI, R. N. Revisão Sistemática de Literatura: Methodi Ordinatio na Era da IA Generativa. ISBN 97686560800250. **Ponta Grossa: Editora Texto e Contexto**, 248 p. 2024.

PAGANI, R. N., KOVALESKI, J. L., & DE RESENDE, L. M. M. Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. **Ciência da Informação**, v. 46, n. 2, 2017.

PERERA, C., LIU, C. H., & JAYAWARDENA, S. The emerging internet of things marketplace from an industrial perspective: A survey. **IEEE transactions on emerging topics in computing**, v. 3, n. 4, p. 585-598, 2015.

PIERONI, A., SCARPATO, N., DI NUNZIO, L., FALLUCCHI, F., & RASO, M. Smarter city: smart energy grid based on blockchain technology. **Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol**, v. 8, n. 1, p. 298-306, 2018.

PRASAD, D; ALIZADEH, T. What makes Indian cities smart? A policy analysis of *Smart Cities* mission. **Telematics and Informatics**, v. 55, p. 101466, 2020.

ROLDÁN, J., BOUBETA-PUIG, J., MARTÍNEZ, J. L., ORTIZ, G. Integrating complex event processing and machine learning: An intelligent architecture for detecting IoT security attacks. **Expert Systems with Applications**, v. 149, p. 113251, 2020.

SHARMA, P., JAIN, S., GUPTA, S., CHAMOLA, V. Role of machine learning and deep learning in securing 5G-driven industrial IoT applications. **Ad Hoc Networks**, v. 123, p. 102685, 2021.

SICA, F., DE PAOLA, P., TAJANI, F., DOKO, E. Spatial–Temporal Ontology of Indicators for Urban Landscapes. **Land**, v. 14, n. 1, p. 72, 2025.

SILVA, M. L. da. Centro, periferia e centralidade na urbanização planetária: pensar e agir a partir do Brasil. **revista brasileira de estudos urbanos e regionais**, v. 27, p. e202537, 2025.

ULLAH, A., ANWAR, S. M., LI, J., NADEEM, L., MAHMOOD, T., REHMAN, A., & SABA, T. *Smart Cities*: The role of Internet of Things and machine learning in realizing a data-centric *Smart Environment*. **Complex & Intelligent Systems**, v. 10, n. 1, p. 1607-1637, 2024.

UN – United Nations Our growing population 2025, Disponível em <<https://www.un.org/en/global-issues/population>> Acesso em 05 de maio de 2025.

URBIETA, A., GONZÁLEZ-BELTRÁN, A., MOKHTAR, S. B., HOSSAIN, M. A., & CAPRA, L. Adaptive and context-aware service composition for IoT-based *Smart Cities*. **Future Generation Computer Systems**, v. 76, p. 262-274, 2017.

VISSER, M., VAN ECK, N. J., & WALTMAN, L. Large-scale comparison of bibliographic data sources: Scopus, Web of Science, Dimensions, Crossref, and Microsoft Academic. **Quantitative science studies**, v. 2, n. 1, p. 20-41, 2021.