

CAPÍTULO 5

CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS: AMBIENTES DE RELAÇÕES E ATIVIDADES

Data de submissão: 10/03/2025

Data de aceite: 05/03/2025

Victoria Marques da Rosa

Programa de Mestrado Profissional em
Gestão de Políticas Públicas
Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI
(SC)

Grupo de Pesquisa Políticas Públicas:
aspectos socioambientais e culturais

Graziela Breitenbauch de Moura

Programa de Mestrado Profissional em
Gestão de Políticas Públicas
Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI
(SC)

Grupo de Pesquisa Políticas Públicas:
aspectos socioambientais e culturais

A cidade oferece espaços para
experienciar.

Nela, refletimos e sentimos a
paisagem do nosso lar.

É na cidade que valorizamos seus
elementos de referência e sua
identidade.

Graziela Breitenbauch de Moura

RESUMO: As cidades inteligentes vão além da simples implementação de tecnologia, formando um ecossistema que integra capital humano, social e infraestrutura de comunicação. A governança participativa e a gestão sustentável dos recursos naturais são essenciais para o desenvolvimento urbano eficiente. A literatura sobre o tema destaca a otimização de recursos públicos e a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. A discussão sobre cidades inteligentes tem evoluído, relacionando desenvolvimento econômico e inovação tecnológica. Estudos demonstram a importância da educação e do capital humano para o crescimento urbano sustentável. A Internet das Coisas (IoT) tem um papel central nesse contexto, permitindo a comunicação entre dispositivos e usuários, otimizando serviços públicos e possibilitando decisões baseadas em dados. Futuras pesquisas devem explorar e analisar a percepção dos cidadãos sobre como as inovações podem contribuir para políticas públicas mais eficazes e para o aprimoramento da governança das cidades inteligentes.

PALAVRAS-CHAVE: cidades inteligentes; sustentabilidade; conceitos.

SMART AND SUSTAINABLE CITIES: ENVIRONMENTS OF RELATIONSHIPS AND ACTIVITIES

ABSTRACT: Smart cities go beyond the simple implementation of technology, forming an ecosystem that integrates human, social, and communication infrastructure. Participatory governance and sustainable management of natural resources are essential for efficient urban development. The literature on the subject highlights the optimization of public resources and the improvement of the quality of life of citizens. The discussion about smart cities has evolved, relating economic development and technological innovation. Studies demonstrate the importance of education and human capital for sustainable urban growth. The Internet of Things (IoT) plays a central role in this context, enabling communication between devices and users, optimizing public services, and enabling data-driven decisions. Future research should explore and analyze citizens' perceptions of how innovations can contribute to more effective public policies and to the improvement of public health.

KEYWORDS: smart cities; sustainability; concepts.

INTRODUÇÃO

As cidades são ambientes de relações e atividades humanas, com trocas e experiências culturais, econômicas, políticas, ambientais e sociais. Elas são espaços de criatividade, diversidade e transformação que refletem a complexidade da experiência humana.

Com as mudanças na forma de pensar e agir em sociedade, motivadas principalmente pela globalização e pelos novos paradigmas que a vida humana experienciou, espera-se que as cidades e suas administrações estejam em consonância com os ideais atuais, como a sustentabilidade, a eficiência e a inclusão.

Pela natureza complexa, sistemática e multifacetada das cidades, o grande desafio é planejar estrategicamente o desenvolvimento urbano. A economia moderna, marcada pelo avanço das tecnologias, pelo crescente número de dados, por novos padrões de competitividade e pelas constantes crises econômicas (SHINYASHIKI et al., 2007), a resiliência das cidades tem sido um desafio. Para auxiliar na tomada de decisões, a administração pública tem buscado sustento na modelagem de dados e gerenciamento das informações que são obtidas constantemente conforme o cidadão interage com a cidade, dessa forma, as decisões são sustentadas por dados, e não por interpretação humana.

Por não existir consenso internacional acerca da definição de cidades inteligentes, a literatura de definições é extensa. Washburn (2010) entende as cidades inteligentes como aquelas nas quais o uso de tecnologias de computação inteligente torna os componentes e serviços de infraestrutura críticos de uma cidade — que incluem administração municipal, educação, saúde, segurança pública, imobiliário, transporte e serviços públicos — mais inteligentes, interconectados e eficientes. Esse conceito visa otimizar a infraestrutura e serviços das cidades por meio da aplicação de tecnologias avançadas.

Neste capítulo, exploraremos os elementos que constituem uma cidade inteligente e como sua implementação pode transformar as relações urbanas e a vida dos cidadãos.

CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS

A concepção de uma cidade inteligente vai além da mera aplicação de tecnologias avançadas. Trata-se de um ecossistema na qual os investimentos em capital humano e social, bem como em infraestruturas de comunicação — tanto tradicionais, como os transportes, quanto modernas, como as tecnologias da informação e comunicação (TIC) — impulsionam um crescimento econômico sustentável e uma qualidade de vida elevada. Nesse contexto, a gestão sensata dos recursos naturais é fundamental, assim como uma governança participativa que envolva a população nas decisões que moldam o ambiente. Essa abordagem holística, proposta por Caragliu et al. (2011), ressalta a importância da integração entre tecnologia, sociedade e meio ambiente, promovendo um desenvolvimento urbano que não apenas responde às necessidades, mas também assegura um futuro mais sustentável e inclusivo.

Outras definições de cidades inteligentes são encontradas na literatura, ainda que não sejam unâimes, sendo aquelas que aproveitam “melhor os recursos públicos, aumentando a qualidade dos serviços oferecidos aos cidadãos, ao mesmo tempo que reduz os custos operacionais da administração pública” (ZANELLA et al., 2014, p. 22). Khatoun e Zeadally (2016, p. 46) abordam como “uma área urbana ultra moderna que atende às necessidades das empresas, das instituições e, especialmente, dos cidadãos”. Wang (2019, p. 245) define como aquela que “usa tecnologia de sensores e tecnologias inteligentes para realizar operações automáticas e em tempo real e uma percepção abrangente das operações urbanas com base na Cidade Digital”. E ainda, como “cidades que equilibram os avanços econômicos, ambientais e sociais para melhorar o bem-estar dos residentes através de uma introdução generalizada de TIC e outras ferramentas tecnológicas” (DASHKEVYCH; PORTNOV, 2022, p. 04).

Com a integração de tecnologias avançadas, como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA) e análise de dados, as cidades inteligentes visam otimizar os recursos, melhorar a eficiência dos serviços públicos e promover o bem-estar e a sustentabilidade. As soluções promovidas pelas agendas e governança das cidades estão presentes em diversos setores como na gestão dos resíduos (NIZETIC et al., 2019), nos sistemas de gestão do tráfego urbano (ZHU, 2020), na segurança pública (CHEN et al., 2018), no acesso à educação (CARAGLIU, 2011) e saúde (FARAHANI et al., 2018) no abastecimento de alimentos à escala internacional e nacional, no abastecimento de água a longas distâncias, entre outros. A aplicação de soluções inteligentes está evidente, o que torna essa abordagem inovadora e promissora, minando assim, os desafios da crescente urbanização.

Pela notoriedade global, a discussão sobre o tema transpassa as conferências e congressos (como IEEE - International Conference on Smart Cities e Smart City Expo World Congress), e atinge as áreas política, acadêmica e social. A literatura sobre o assunto tem sido ampliada. Os artigos publicados possuem inúmeros focos, desde a tentativa de conceituação, mapeamento dos modelos, produção de frameworks e análise de cidades inteligentes.

As primeiras publicações sobre o tema, registradas na base de dados *Web of Science*, datam de 1992 e totalizam 18 artigos apresentados na Conference on Attaining a Sustainable Global Economy – Linked infrastructures: Smart Cities, Fast Systems, Global Networks, que resultou no livro *Technopolis Phenomenon: Smart Cities, Fast Systems, Global Networks* (GIBSON et al., 1992). A abordagem inovadora que os autores da academia, governo e indústria trouxeram foi um marco, ao conectar o desenvolvimento econômico com a tecnologia. A interação com os setores público e privado, para a criação de infraestruturas e iniciativas, acelerou a criação das cidades inteligentes, sistemas rápidos e redes globais.

Mahizhnan (1999) publicou um estudo da cidade de Singapura sobre o conceito de cidade inteligente. Enfatizou as ações tomadas pelos economistas da ilha, que na segunda metade da década de 1980 começaram a desenvolver outros serviços, que antes eram focados na produção e comercialização de produtos de baixa tecnologia e margens de lucro e de pouca qualificação. Foi neste contexto que, em 1985, o governo lançou o primeiro Plano Nacional de TI, investindo esforços do setor público e privado, melhorando a competitividade econômica e a qualidade de vida dos cidadãos. O estudo identificou o uso da tecnologia na educação, com a criação de um ambiente de ensino e aprendizagem baseado em TI nas escolas, na infraestrutura e em locais com melhores instalações de telecomunicações aéreas e portuárias do mundo. Na economia, o governo está envolvido no desenvolvimento de negócios e geração de oportunidades para o setor privado, além de uma legislação que facilita as transações eletrônicas e o comércio eletrônico, com facilitação diária promovida pelo uso das tecnologias, que gera benefício em termos de tempo, esforço e custo. Ainda, traz um case de sucesso, o Singapore ONE (One Network for Everyone), uma rede nacional de banda larga que oferece aplicativos e serviços interativos e multimídia. Todavia, o estudo ressalta também a influência negativa que as tecnologias podem exercer, que pelas tendências, desafiam tradições e crenças instauradas, como o regime de censura que existe no país.

Em 2005, Shapiro publicou o artigo “Smart Cities: quality of life, productivity, and the growth effects of human capital” que aborda a qualidade de vida, a produtividade e os efeitos do capital humano no crescimento urbano. A discussão sobre a influência da educação e da concentração de residentes com nível superior nas áreas metropolitanas é realizada, e fica concluído que há um efeito causal das concentrações de graduados no crescimento do emprego na área local. Ainda, os dados provenientes dos salários e das rendas implicam que, embora a maior parte do efeito do crescimento do emprego dos graduados opere por meio das alterações na produtividade, cerca de um terço do efeito resulta de uma melhoria mais rápida na qualidade de vida, que com uma investigação preliminar indica operar na “cidade de consumo”. As contribuições do estudo são notórias, evidenciando que as concentrações de residentes estudados podem encorajar o crescimento de serviços ao consumidor, como restaurantes e bares, o que torna a cidade mais atrativa para potenciais

imigrantes. Além de que, os cidadãos são mais encorajados a agir, por meio do sistema político, para melhorar a qualidade de vida local, e ainda, realizam maiores investimentos na comunidade. Ao entender como a concentração de residentes com nível superior influencia o crescimento econômico e a qualidade de vida na cidade, os gestores e formuladores de políticas podem aplicar as contribuições deste estudo (SHAPIRO, 2005) para promover o desenvolvimento inteligente da cidade. Por meio de dados, são possíveis impulsionar a economia e a qualidade de vida da sociedade.

De 1993 a 2010, constam 22 publicações relacionadas com Smart Cities na base de dados Web of Science. Em 2011, são encontradas 26 publicações, entre elas, o artigo “Smart Cities in Europe” de Caragliu, Del Bo e Nijkamp (2011), sendo o segundo artigo mais citado sobre o tema. A pesquisa foi desenvolvida pelo fato de diversos problemas associados ao aumento da população urbana e da aglomeração resultante, que têm sido resolvidos por meio de soluções com o uso da criatividade, do capital humano, da cooperação e de ideias brilhantes, todas estas, resumidas em soluções inteligentes. O artigo discute que o conceito de cidade inteligente deve “apontar para soluções inteligentes que permitam às cidades modernas prosperar” (CARAGLIU; DEL BO; NIJKAMP, 2011, p. 66). As características próprias de uma cidade inteligente foram elencadas na pesquisa, sendo elas:

- A utilização de infraestruturas em rede para melhorar a eficiência econômica e política e permitir o desenvolvimento social, cultural e urbano;
- Ênfase subjacente no desenvolvimento urbano liderado pelas empresas;
- Alcance na inclusão social de residentes urbanos nos serviços públicos;
- Uma ênfase no papel crucial das indústrias criativas e de alta tecnologia no crescimento urbano a longo prazo;
- Profunda atenção ao papel do capital social no desenvolvimento urbano. Uma cidade inteligente será uma cidade cuja comunidade aprendeu a aprender, a adaptar-se e a inovar;
- Finalmente, a sustentabilidade social e ambiental como principal componente estratégico das cidades inteligentes.

Estes seis tópicos abordam as características imprescindíveis para uma cidade conseguir ter o rótulo de inteligente. Todavia, a pesquisa também se preocupou em caracterizar o próprio conceito de cidade inteligente, que no passado centrava-se no papel da infraestrutura de comunicação, mas que refletia o pensamento do período em que o termo começou a ganhar interesse, na década de 1990, no qual o uso da internet era entendido como o grande identificador de uma cidade inteligente, o que para os autores, já não fazia mais sentido. Assim, foi proposta a seguinte definição:

uma cidade é inteligente quando os investimentos em capital humano e social e em infraestruturas de comunicação tradicionais (transportes) e modernas (TIC) alimentam o crescimento económico sustentável e uma elevada qualidade de vida, com uma gestão sensata dos recursos naturais, através de uma governação participativa (CARAGLIU; DEL BO; NIJKAMP, 2011, p. 70).

O estudo de Allwinkle e Cruickshank (2011) atentou em oferecer uma visão geral do que significa para as cidades serem, de fato, inteligentes. Os autores argumentam que é preciso basear-se em algo mais do que a utilização de tecnologias de informação e comunicação (TIC). Como base para a pesquisa e discussão, Hollands (2008) foi amplamente utilizado. Segundo o autor, é possível perceber que muitas adotam o título de cidade inteligente e enfatizam o impacto automaticamente positivo das tecnologias na vida urbana para fins de autopromoção. Apesar do rótulo, que pressupõe uma vida urbana harmoniosa com as tecnologias, existe uma agenda política limitada de empreendedorismo urbano de alta tecnologia. As cidades inteligentes precisam ser constantemente estudadas. O desenvolvimento de ecossistemas de inovação é um tema que deve ser pesquisado, pois, apesar de se mostrarem cidades tecnológicas e sustentáveis, também podem esconder deficiências e contradições, como o aumento da desigualdade e da polarização social. Assim, são propostas três ações fundamentais para as cidades que querem ser inteligentes, de fato sejam:

- Começar pelas pessoas, ao invés de acreditar que as tecnologias possuem o poder de transformar e melhorar automaticamente as cidades. O foco das tecnologias não deve ser de criar comunidades inteligentes, mas da sua adaptabilidade ser utilizada socialmente de forma a capacitar e educar as pessoas, para que se envolvam em debates políticos sobre o ambiente urbano que habitam;
- Criar uma mudança no equilíbrio de poder entre a utilização da tecnologia da informação pelas empresas, governo, comunidades e pessoas que vivem na cidade, procurando equilibrar o crescimento econômico com a sustentabilidade;
- Exigir a contribuição destes grupos de pessoas: mulheres, imigrantes, jovens, grupos políticos alternativos, como ambientalistas, posseiros, terceiros grupos setoriais e cooperativas e/ ou grupos políticos urbanos; e não ser simplesmente rotulada por meio da adoção de uma infraestrutura sofisticada.

As verdadeiras cidades inteligentes terão, na verdade, de assumir riscos muito maiores com a tecnologia, descentralizar o poder, combater as desigualdades e redefinir o que entendem por inteligente (HOLLANDS, 2008, p. 316). Assim, a sinergia multifacetada de todos os atores que interagem com o ecossistema urbano deve convergir com o objetivo do desenvolvimento inteligente.

Leydesdorff e Deakin (2011) desenvolveram um estudo sobre redes de relações universidade-indústria-governo (tríplice hélice) e ofereceram um modelo neoevolutivo de uma economia baseada no conhecimento para as cidades inteligentes. O modelo tríplice hélice permite reconhecer que o desenvolvimento cultural não é espontâneo das economias de mercado, mas um produto das políticas, da liderança acadêmica e das estratégias empresariais, substituindo a visão de que o conhecimento era baseado no empreendedorismo e dependente do mercado.

A principal contribuição do estudo se dá pelas interações relevantes para o desenvolvimento de uma cidade inteligente: o capital intelectual das universidades, a criação de riqueza das indústrias e a participação do governo democrático que forma o Estado de direito em sociedade civil (LEYDESCDORFF; DEAKIN, 2011). Estas interações são fundamentais para a dinâmica inteligente da cidade, e fazem parte estrutural dos ecossistemas de inovação, permitindo que as cidades aproveitem a tecnologia proveniente dos sistemas regionais de inovação.

Kourtit, Nijkamp e Arribas (2012) realizaram um estudo com uma análise comparativa de nove cidades inteligentes europeias, e apresentaram indicadores de desempenho de “inteligência”. As cidades inteligentes são um conceito político, concebido para mobilizar os centros de conhecimento em centros de inovação, fortalecendo o crescimento socioeconômico da União Europeia. São cidades altamente produtivas, por possuir uma “percentagem relativamente elevada de pessoas altamente qualificadas, empregos intensivos em conhecimento, sistemas de planeamento orientados para resultados, atividades criativas e iniciativas orientadas para a sustentabilidade” (KOURTIT; NIJKAMP; ARRIBAS, 2012, p. 232). Para qualificar-se como uma cidade inteligente, alguns indicadores precisam ser cumpridos, sendo estes mensuráveis, comparáveis, transferíveis e consistentes em todas as cidades relevantes, como:

Indicador	Proxies
Emprego	Proporção de emprego em intermediação financeira e atividades empresariais.
TIC	Número de unidades locais que fabricam produtos de TIC. Porcentagem de agregados familiares com acesso à internet em casa.
População	População economicamente ativa total. População residente total.
E-governo	Quantidade de formulários administrativos disponíveis para download do site oficial. Número de formulários administrativos que podem ser submetidos eletronicamente.
Governo local	Dívida da autoridade municipal por residente. Despesa anual da autarquia por residente.
A infraestrutura	Extensão da rede de transportes públicos (km).
Capital humano	Proporção da população entre os 15 e os 64 anos com ensino secundário que vive nas cidades da Auditoria Urbana (%).

Quadro 01 - Características de desempenho das cidades inteligentes

Fonte: KOURTIT; NIJKAMP; ARRIBAS (2012, p. 237).

Nesta perspectiva, o estudo considerou algumas cidades europeias durante o período de 1999 a 2006, analisando os indicadores em dois momentos, e por meio da abordagem de mapa auto organizável, examinou como cada uma estava desenvolvida em cada ano, e a dinâmica envolvida durante a evolução de um período para o outro. O diferencial deste estudo está na “capacidade de reunir toda a informação de diversas variáveis em dois momentos e visualizá-la de uma forma intuitiva que pode permitir a extração de padrões e a criação de conhecimento substantivo” (KOURTIT; NIJKAMP; ARRIBAS, 2012, p. 244).

Outro estudo demonstrou que a Internet das Coisas (IoT) possibilita uma comunicação inteligente entre máquinas (M2M) e entre máquinas e usuários (M2U), o que viabiliza a oferta de serviços essenciais. Essa infraestrutura inteligente, portanto, constitui a base das cidades inteligentes (BALAKRISHNA, 2012). Os dispositivos móveis são grandes aliados pela sua onipresença, tendo a capacidade de fornecer visões da cidade, comunidade e indivíduos. Com a captação desses dados em tempo real, tornam-se aliados de serviços inteligentes disponibilizados pela cidade, além de facilitar a tomada de decisão pelos gestores da cidade.

Além do papel dos smartphones como catalisadores para aplicações em cidades inteligentes, Balakrishna (2012, p. 224) elencou áreas de uma cidade inteligente, sendo elas:

- Economia inteligente: inclui fatores relacionados à competitividade econômica, como a inovação, o empreendedorismo, as marcas, a produtividade e a flexibilidade do mercado de trabalho, bem como a integração no mercado internacional.
- Pessoas inteligentes: que não se descreve apenas pelo nível de qualificação ou educação dos cidadãos, mas também pela qualidade das interações sociais no que diz respeito à integração e à vida pública e à abertura em direção ao mundo “externo”.
- Governança inteligente: compreende aspectos de participação política, serviços para os cidadãos, bem como o funcionamento da administração.
- Mobilidade inteligente: relacionada aos aspectos de disponibilidade e acessibilidade de informações e tecnologias de comunicação e sistemas de transporte modernos e sustentáveis.
- Ambiente inteligente: descrito por condições naturais atraentes (clima, espaços verdes, etc.), poluição e gestão de recursos e por esforços para a proteção ambiental.
- Vida inteligente: compreende vários aspectos da qualidade de vida como cultura, saúde, segurança, habitação, turismo, etc.

Essas áreas precisam ser pensadas e desenvolvidas de forma inteligente. Neste processo, as tecnologias e os dispositivos móveis são aliados, por meio do fornecimento de dados, auxiliando na aplicação de serviços e resolução de problemas urbanos.

Ainda sobre a Internet das Coisas, o artigo mais citado, de acordo com a base de dados *Web of Science*, é o *Internet of Things for Smart Cities* (ZANELLA et al., 2014). O estudo analisou, de forma técnica, as soluções disponíveis para a implementação de IoTs urbanas, exemplos de aplicações na cidade e a implementação prática de uma IoT urbana na cidade de Padova, na Itália. A contribuição de uma IoT urbana, reside na capacidade de integrar diferentes tecnologias com as infraestruturas de comunicação existentes, a fim de apoiar uma evolução progressiva da IoT, com a interligação de outros dispositivos e a realização de novas funcionalidades e serviços. Ao permitir fácil acesso e interação com uma ampla variedade de dispositivos (eletrodomésticos, câmeras de vigilância, etc.), promove o desenvolvimento de uma série de aplicações que fazem uso da quantidade e variedade potencialmente enorme de dados gerados por estes dispositivos para fornecer novos serviços aos cidadãos, às empresas e à administração pública.

Como abordado, não existe uma única definição de cidade inteligente. Segundo Zanella et al. (2014, p. 22), “o objetivo final é aproveitar melhor os recursos públicos, aumentando a qualidade dos serviços oferecidos aos cidadãos, ao mesmo tempo que reduz os custos operacionais da administração pública”. A implantação de uma IoT urbana é uma possível solução para a infraestrutura de comunicação da cidade, pelo acesso unificado, que pode operar em sintonia com diversos serviços públicos, para dar agilidade aos serviços disponível e à administração, interoperabilidade entre os sistemas, aumentar a transparência das ações do governo local e estimular a participação ativa dos cidadãos.

A IoT pode operar auxiliando os serviços: saúde estrutural de edifícios, gestão de resíduos, qualidade do ar, monitoramento de ruído, gestão do tráfego, consumo de energia da cidade, estacionamento e iluminação inteligente e automação e salubridade de edifícios públicos. Para entender na prática a implementação de uma IoT urbana, criaram o projeto “Padova Smart City”, que pelo uso de dados abertos e soluções de TIC para a administração pública, realizaram um sistema de coleta de dados ambientais e monitoramento da iluminação pública, por meio de sensores colocados nos postes e conectados à internet (ZANELLA et al., 2014). Pelos dados coletados foi possível observar padrões e irregularidades para a temperatura, umidade, luz e benzeno, auxiliando a administração pública e gerando respostas mais rápidas em questões como congestionamento. O uso dos dados e da IoT na administração pública tem o poder de acelerar o tempo de resposta aos problemas cotidianos da vida urbana, bem como agir de forma a eliminá-los.

Entre os anos de 1992 a 2009, a média de artigos publicados foi de 3,5 por ano. A partir de 2009 as publicações foram aumentando, mas ainda se mostravam em número reduzido. Em 2016 houve um boom de publicações, que saíram de 323 em 2014 para 877 em 2015, e 1507 em 2016. Isto pode estar relacionado ao fato de que eventos e conferências importantes abordaram o tema de cidades inteligentes reunindo especialistas, pesquisadores e profissionais da área, como: Smart City Expo World Congress (primeira edição em 2011), IEEE International Conference on Smart Cities (primeira edição em 2015). Os rankings IESE Cities in Motion (primeira edição em 2013), Connect Smart Cities (primeira edição em 2015) e IMD Smart Cities (primeira edição em 2019) também colaboraram para maior difusão do assunto, e consequentemente, mais publicações sobre o tema, conforme é visualizado no Quadro 02:

AUTOR(ES)	TÍTULO	TEMA	PRINCIPAL CONTRIBUIÇÃO
MAHIZHNAN (1999)	Smart cities: The Singapore case	Tecnologia na educação, infraestrutura, economia e bem-estar	Uso da tecnologia na educação, na infraestrutura, na economia e no bem-estar geral. Aborda um caso de sucesso, o Singapore ONE, uma rede nacional de banda larga que oferece aplicativos e serviços interativos e multimídia.
SHAPIRO (2005)	Smart Cities: Quality of Life, Productivity, and the Growth Effects of Human Capital	Capital humano	Pesquisa-se sobre a influência da educação e da concentração de residentes com nível superior em áreas metropolitanas. Há um efeito causal das concentrações de graduados no crescimento do emprego na área local.
HOLLANDS (2008)	Will the real smart city please stand up?	Princípios gerais de uma cidade inteligente	O estudo sugere o uso de tecnologias em favor das pessoas e pelo capital humano; equilíbrio entre o crescimento econômico e a sustentabilidade; participação de grupos sociais na política como mulheres, imigrantes e jovens.
CARAGLIU et al. (2011)	Smart Cities in Europe	Definição	A cidade é inteligente quando os investimentos em capital humano e social e em infraestruturas de comunicação tradicionais (transportes) e modernas (TIC) alimentam o crescimento econômico sustentável e uma elevada qualidade de vida, com uma gestão sensata dos recursos naturais, com uma governança participativa.
ALLWINKLE; CRUCKSHANK (2011)	Creating Smart-er Cities: An Overview.	Definição	Para uma cidade ser inteligente é preciso basear-se em algo mais do que a utilização de tecnologias de informação e comunicação (TIC).
LEYDESDORF; DEAKIN (2011)	The Triple-Helix Model of Smart Cities: A Neo-Evolutionary Perspective	Interação da tríplice hélice como base	Três interações são relevantes para o desenvolvimento de uma cidade inteligente: o capital intelectual das universidades, a criação de riqueza das indústrias e a participação do governo democrático que forma o Estado de direito em sociedade civil.
KOURITI; NIJKAMP; ARRIBAS (2012)	Smart cities in perspective: a comparative European study by means of self-organizing maps	Indicadores	Elencou onze indicadores para que as cidades sejam inteligentes, e analisou algumas cidades europeias durante o período de 1999 a 2006.
BALAKRISHNA (2012)	Enabling Technologies for Smart City Services and Applications	Áreas da cidade inteligente e o papel dos dispositivos móveis	Elencou seis áreas de uma cidade inteligente: economia inteligente, pessoas inteligentes, governança inteligente, mobilidade inteligente, ambiente inteligente e vida inteligente. Apresentou as tecnologias e os dispositivos móveis como aliados, por meio do fornecimento de dados, que auxiliam na aplicação de serviços e resolução de problemas urbanos.
ZANELLA, et al (2014)	Internet of Things for Smart Cities	IoT	O estudo analisou, de forma técnica, as soluções disponíveis para a implementação de IoTs urbanas e a descrição de uma implementação prática de uma IoT urbana na cidade de Padova, na Itália.

Quadro 02 - Cidades inteligentes: conceitos.

Fonte: elaborado pela pesquisadora (2024).

De 2016 a 2022 foram publicadas aproximadamente 2.700 pesquisas anuais sobre o tema. Em 2023 foram publicadas 2.844 pesquisas, e em 2024 já totalizam 122 (13.02.2024). Estes dados ressaltam a importância e a atualidade do tema. Para finalizar a revisão de literatura das cidades inteligentes, os seguintes artigos estão entre os seis artigos mais citados nos últimos 3 anos.

Esposito et al. (2021, p. 02) destaca que a solução para uma cidade inteligente “é o produto da integração de algumas infraestruturas existentes pertencentes a múltiplas organizações diferentes que colaboraram para tornar a cidade mais inteligente”. Para a gestão de uma cidade conseguir planejar suas políticas públicas baseadas em dados, estas infraestruturas em conjunto com alguns sensores, podem ser uma solução eficaz.

O estudo apresenta a blockchain como uma tecnologia muito utilizada no contexto das IoTs e, principalmente nas cidades inteligentes, na qual a proteção de dados é essencial. A blockchain pode ser definida como uma,

tecnologia promissora que consiste em agrupar dados em blocos que estão vinculados entre si com o hash dos blocos anteriores e fazer com que os participantes do blockchain concordem sobre os novos blocos a serem incluídos no blockchain, executando um algoritmo de consenso distribuído tolerante a falhas e falhas bizantinas. Tal tecnologia é utilizada para garantir a consistência dos dados replicados em um ambiente distribuído, mesmo que assíncrono, graças aos algoritmos de consenso utilizados, e para fornecer imutabilidade dos dados provenientes de manumissões intencionais e não intencionais graças às criptoprimitivas utilizadas (ESPOSITO et al., 2021, p. 05).

A principal contribuição do estudo é a utilização da blockchain para o gerenciamento de atributos de identidade e políticas de autorização dentro do ecossistema, apoiando a realização da cidade inteligente, pois aborda o armazenamento destas dentro de uma plataforma blockchain, que foi integrada no contexto da plataforma FIWARE, que possui código aberto (ESPOSITO et al., 2021).

O principal objetivo é “utilizar o blockchain como um mero repositório de dados distribuídos, deixando a implementação da lógica de autenticação e autorização externamente ao blockchain” (ESPOSITO et al., 2021, p. 6). Ainda, o estudo se desfaz da antiga ideia de que a cidade deve ser a única hospedagem do banco de dados, pois à medida que novos conceitos de cidade inteligente surgem pautados em um ecossistema, as formas de armazenagem de dados acompanham a mudança.

Outra tecnologia que está sendo amplamente estudada para auxiliar no desenvolvimento de cidades inteligentes é a de nanogeradores. Com o uso de tecnologias como o 5G e a IoT, a fonte de energia para manter os sistemas é algo que precisa evoluir, de forma sustentável e de preferência, energia que se autoalimente. Os sensores em tempo real são difíceis de sustentar por meio de uma rede elétrica centralizada tradicional, as baterias não são uma opção viável, principalmente pelo apelo sustentável que se busca. É neste contexto que as fontes de energia limpa são vistas como aliadas no desenvolvimento das cidades inteligentes. Os nanogeradores têm emergido como uma resposta a essa necessidade, por possuírem uma “estrutura simples, flexibilidade no design, fácil fabricação, excelente relação sinal-ruído e diferentes modos de operação com ampla aplicabilidade”

(ZHAO et al., 2021, p. 1391). Um dos principais diferenciais dos nanogeradores se traduz na capacidade de extrair energia de recursos renováveis ambientais, como pequenas vibrações mecânicas, ondas de água (dos oceanos, rios e esgotos) e vento (parques para captação de energia eólica). Este diferencial de captação de energia em baixas frequências, em comparação com outras tecnologias que só captam as altas, é um aliado no ideal de autoalimentação podendo ser uma fonte de energia.

A pesquisa elencou diversas aplicações alimentadas pelos nanogeradores para dispositivos IoT autoalimentados, como: transporte inteligente, veículos inteligentes, interface homem-máquina e cuidados de saúde inteligentes. Um dos exemplos utilizados foi de sensores autoalimentados em sistemas de veículos e monitoramento de tráfego, que aumenta a infraestrutura de transporte para veículos conectados e sistemas autônomos, ao mesmo tempo que reduz o consumo de combustível dos veículos, aliviando o congestionamento e melhorando a segurança rodoviária (ZHAO et al., 2021). Os autores apresentaram por meio de uma ampla pesquisa, com design de potenciais utilizações, quais os benefícios e desafios com a utilização dos nanogeradores como uma das tecnologias fundamentais para a realização de cidades inteligentes na era do 5G.

CONCLUSÃO

A concepção de cidades inteligentes transcende a simples implementação de tecnologias avançadas, formando um ecossistema que integra capital humano, social e infraestrutura de comunicação. Essa abordagem holística, conforme discutido por Caragliu et al. (2011), enfatiza a importância de uma governança participativa e da gestão sustentável dos recursos naturais. A integração entre tecnologia, sociedade e meio ambiente é crucial para promover um desenvolvimento urbano que responda às necessidades contemporâneas, assegurando um futuro inclusivo e sustentável. A literatura sobre cidades inteligentes é diversificada, apresentando definições que destacam a otimização de recursos públicos e a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

Desde as primeiras publicações sobre o tema na década de 1990, a discussão sobre cidades inteligentes evoluiu significativamente, conectando desenvolvimento econômico e inovação tecnológica. Estudos como o Mahiznan sobre Singapura e o de Shapiro sobre o impacto do capital humano demonstram a relevância da educação e da tecnologia na promoção do crescimento econômico e da qualidade de vida urbana. Esses trabalhos sublinham a importância de políticas informadas por dados, que podem impulsionar o desenvolvimento de cidades mais inteligentes e resilientes.

A Internet das Coisas (IoT) se revela como um elemento central na construção de cidades inteligentes, facilitando a comunicação entre máquinas e usuários e promovendo a implementação de serviços essenciais. O estudo de Balakrishna (2012) ilustra como a IoT, juntamente com dispositivos móveis, pode transformar a gestão urbana, permitindo decisões informadas e a otimização de serviços públicos. As áreas delineadas para o desenvolvimento de uma cidade inteligente — economia, pessoas, governança, mobilidade, ambiente e vida — destacam a necessidade de uma abordagem integrada e multifacetada.

A crescente produção acadêmica sobre o tema, especialmente a partir de 2015, reflete um interesse intensificado por parte da comunidade acadêmica e profissional em entender e implementar soluções de cidades inteligentes. Eventos e conferências têm promovido a troca de conhecimento e a visibilidade de práticas inovadoras, contribuindo para o avanço do campo. À medida que mais cidades adotam tecnologias inteligentes, é essencial continuar a pesquisa e a análise para garantir que essas implementações resultem em benefícios reais para os cidadãos e na construção de um futuro urbano mais sustentável e inclusivo.

A análise das publicações sobre cidades inteligentes revela um aumento significativo de interesse e pesquisa na área. Este crescimento destaca a relevância do tema e a necessidade de inovações tecnológicas que suportem o desenvolvimento urbano sustentável.

Para futuros estudos, recomenda-se a exploração mais aprofundada da integração entre tecnologias emergentes, como blockchain e nanogeradores, dentro do ecossistema das cidades inteligentes. A investigação sobre como essas tecnologias podem se complementar e impulsionar a eficiência e a sustentabilidade urbana será fundamental. Além disso, estudos que analisem a percepção dos cidadãos sobre a implementação dessas tecnologias e sua influência na qualidade de vida nas cidades podem oferecer insights valiosos para a formulação de políticas públicas e práticas de governança mais efetivas.

REFERÊNCIAS

- ALLWINKLE, S; CRUICKSHANK, P. Creating Smart-er Cities: an overview. *Journal of Urban Technology*, v.18, n.2, p.1-16, 2011. 10.1080/10630732.2011.601103
- BALAKRISHNA, C. Enabling Technologies for Smart City Services and Applications. Sixth International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, p. 223-227, 2012. 10.1109/NGMAST.2012.51.
- CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, v.18, n.2, p. 65-82, 2009. 10.1080/10630732.2011.601117
- CHEN, Y. et al. Design and Implementation of Video Analytics System Based on Edge Computing. International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery, p. 130 -137, 2018. 10.1109/CyberC.2018.00035.
- DASHKEVYCH, O; PORTNOV, B. A. Criteria for Smart City Identification: a Systematic Literature Review. *Sustainability*, v. 14, n. 8, p. 1-34, 2022. 10.3390/su14084448
- FARAHANI, B el al. Towards fog-driven IoT eHealth: Promises and challenges of IoT in medicine and healthcare. *Future Generation Computer Systems*, v.78, n.2, p.659-676, 2018. 10.1016/j.future.2017.04.036

ESPOSITO, C.; FICCO, M.; GUPTA, B. Blockchain-based authentication and authorization for smart city Applications. *Information Processing and Management*, v. 58, n. 2, 2021. 10.1016/j.ipm.2020.102468

GIBSON, D. et al. The Technopolis Phenomenon: Smart Cities, Fast Systems, Global Networks. Lanham: Rowman & Littlefield, 1992.

HOLLANDS, R. G. Will the real smart city please stand up? *City*, v.12, n.3, p. 303-320, 2008. 10.1080/13604810802479126

KHATOUN, R; ZEADALLY, S. Smart Cities: Concepts, Architectures, Research Opportunities. *Communications of the ACM*, v. 59, n. 8, p. 46 - 57, 2016. 10.1145/2858789

KOURTIT, K; NIJKAMP, P; ARRIBAS, D. Smart cities in perspective: a comparative European study by means of self-organizing maps. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, v. 25, n. 2, p. 229-246, 2012. 10.1080/13511610.2012.660330

LEYDESCDORFF, L; DEAKIN, M. The Triple-Helix Model of Smart Cities: A Neo-Evolutionary Perspective, *Journal of Urban Technology*, v.18, n. 2, p.53-63, 2011. 10.1080/10630732.2011.601111

NIZETIC, S. et al. Smart technologies for promotion of energy efficiency, utilization of sustainable resources and waste management. *Journal of Cleaner Production*, v. 231, p. 565-591, 2019. 10.1016/j.jclepro.2019.04.397

MAHIZHNAN, A. Smart cities: The Singapore case. *Cities*, v.16, n.1, p.13-18, 1999.

SHAPIRO, J. M. Smart Cities: Quality of Life, Productivity, and the Growth Effects of Human Capital. National Bureau of Economic Research, n. 11615, 2005.

ZANELLA, N.; BUI, A. Castellani, L. Vangelista and M. Zorzi. Internet of Things for Smart Cities, in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 22-32, 2014. 10.1109/JIOT.2014.23063

ZHU, Q. Research on Road Traffic Situation Awareness System Based on Image Big Data. *IEEE Intelligent Systems*, v. 35, n. 1, p. 18-26, 2020. 10.1109/MIS.2019.2942836.

WANG, H.; ZHANG, M.; ZHONG, M. Opportunities and Challenges for the Construction of a Smart City Geo-Spatial Framework in a Small Urban Area in Central China. *Smart Cities*, v. 2, p. 245 - 258, 2019. 10.3390/smartcities202001

WASHBURN, D.; SINDHU, U.; BALAOURAS, S., DINES, R.A., Hayes, N.M., Nelson, L.E. Helping CIOs Understand "Smart City" initiatives: Defining The Smart City, Its Drivers, And The Role Of The CIO. Forrester Research. Cambridge, 2010.