

CIDADES INTELIGENTES E INOVAÇÃO: EXPLORANDO A QUÁDRUPLA HÉLICE

RAÍSSA CASTRO SCHORN

UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (UNIJUÍ)

FABRICIO BARON MUSSI

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

DANIEL KNEBEL BAGGIO

Resumo

O presente ensaio "Cidades Inteligentes e Inovação: Explorando a Quádrupla Hélice" analisa como as cidades inteligentes podem ser utilizadas para enfrentar desafios urbanos contemporâneos por meio da integração de tecnologia e práticas sustentáveis. O estudo foca na eficácia da colaboração entre governo, academia, indústria e sociedade civil, conhecida como o modelo da quádrupla hélice, para promover inovações urbanas. Com a rápida urbanização e os avanços tecnológicos, as cidades estão sob pressão para encontrar soluções inovadoras que melhorem a qualidade de vida. As cidades inteligentes oferecem uma abordagem promissora ao empregar tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) e big data, criando ambientes urbanos mais eficientes e resilientes. Entretanto, a implementação de cidades inteligentes varia significativamente entre diferentes regiões, influenciada por suas condições socioeconômicas e culturais. O artigo compara as abordagens de cidades inteligentes no Brasil e em Portugal. O Brasil enfrenta desafios relacionados à infraestrutura e desigualdade social, enquanto Portugal se destaca pela integração eficaz de tecnologias inteligentes. Essa comparação oferece insights valiosos sobre práticas bem-sucedidas e obstáculos comuns, ajudando a impulsionar o desenvolvimento urbano sustentável. O modelo da quádrupla hélice, que enfatiza a colaboração entre governo, academia, indústria e sociedade civil, é crucial para o sucesso das cidades inteligentes. Em cidades como Barcelona e Singapura, essa abordagem resultou em melhorias significativas na qualidade de vida e na redução de desigualdades. Contudo, ainda existem desafios, como diferenças culturais e a ausência de métricas claras para avaliar o impacto das iniciativas. No caso da análise comparativa, revela que entender as dinâmicas de adoção de tecnologias inteligentes em diferentes contextos culturais e socioeconômicos é fundamental. Estudos comparativos ajudam a identificar boas práticas e adaptar estratégias às condições locais, promovendo políticas urbanas mais eficazes. Dessa forma, conclui-se que a aplicação do modelo da quádrupla hélice pode ser uma força motriz na criação de soluções urbanas inovadoras e sustentáveis. O estudo destaca a importância de uma abordagem colaborativa e integrada, adaptada às realidades locais, para maximizar os benefícios das cidades inteligentes, e as implicações práticas incluem orientações para gestores urbanos e formuladores de políticas, enfatizando a necessidade de uma governança colaborativa e a participação ativa de todos os envolvidos. Este ensaio reforça que as cidades inteligentes têm um grande potencial para melhorar a qualidade de vida e promover o desenvolvimento sustentável e que o modelo da quádrupla hélice se apresenta como uma ferramenta eficaz para facilitar essa transformação, contribuindo para que as cidades enfrentem os desafios urbanos do século XXI de maneira inovadora e inclusiva.

Palavras Chave

Cidades inteligentes, Inovação, Quádrupla hélice

Agradecimento a órgão de fomento

Agradeço à Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ e ao Parque Tecnológico de Itaipu - PTI pelo suporte crucial à minha pesquisa. Sou grata aos meus professores orientadores, Daniel Knebel Baggio e Fabrício Baron Mussi, pelo apoio contínuo e pela orientação junto a essas instituições, que têm sido fundamentais para o avanço da minha jornada acadêmica e de estudos.

CIDADES INTELIGENTES E INOVAÇÃO: EXPLORANDO A QUÁDRUPLA HÉLICE

1 INTRODUÇÃO

A rápida urbanização e os avanços tecnológicos colocam desafios para as cidades contemporâneas, exigindo soluções inovadoras que integrem tecnologia e sustentabilidade para melhorar a qualidade de vida urbana e a eficiência dos serviços públicos (Sassen, 1991; Mitchell, 1995). As cidades inteligentes surgem, então, como uma abordagem promissora, ao fazer uso de tecnologias para criar ambientes urbanos mais eficientes e resilientes. Entretanto, a implementação de cidades inteligentes varia amplamente entre diferentes regiões, refletindo, em grande medida, suas condições socioeconômicas e culturais.

Em países como Brasil e Portugal, por exemplo, observa-se um interesse crescente em iniciativas de cidades inteligentes, embora as abordagens e os resultados sejam bastante distintos, pois enquanto o Brasil enfrenta desafios relacionados à infraestrutura e desigualdade social, Portugal destaca-se pela integração eficaz de tecnologias inteligentes (Rodrigues, 2018). Este trabalho discorre sobre como tema cidades inteligentes vêm sendo tratado e como diferentes contextos podem influenciar no alcance de resultados, oferecendo insights sobre práticas bem-sucedidas e obstáculos enfrentados na implementação dessas iniciativas. Objetiva-se defender os ganhos decorrentes da comparação entre realidades distintas, sob a ótica cultural e socioeconômica. Os achados podem contribuir para o desenvolvimento urbano sustentável, destacando a importância de abordagens colaborativas e integradas no planejamento urbano do século XXI.

Da perspectiva teórica, esta pesquisa se insere na discussão sobre a interação entre governo, academia, indústria e sociedade civil, a chamada quádrupla hélice (Carayannis & Campbell, 2009), como um modelo para promover soluções inovadoras e sustentáveis em cidades inteligentes. A quádrupla hélice sugere que a inovação é mais eficaz quando esses setores colaboram para desenvolver soluções que atendam às necessidades da sociedade. Da perspectiva prática, este trabalho pode oferecer insights relevantes para a formulação de políticas públicas, identificação de gargalos nas interações entre os elementos da quádrupla hélice, bem como sobre questões de natureza institucional passíveis de aprimoramento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Quanto à formatação do corpo do texto, deve-se iniciar o texto com um espaço após o título das seções.

2.1 CIDADES INTELIGENTES

O conceito de cidades inteligentes tem evoluído ao longo das últimas décadas, emergindo como uma solução inovadora para atender às crescentes demandas urbanas por eficiência, sustentabilidade e qualidade de vida, originado da rápida urbanização e dos avanços tecnológicos. Este modelo de desenvolvimento urbano busca adaptar as cidades a novos desafios contemporâneos, oferecendo soluções viáveis e necessárias ao combinar tecnologia e inovação para melhorar a vida urbana (Sassen, 1991; Mitchell, 1995).

A urbanização acelerada, aliada às pressões ambientais e à busca por sustentabilidade, impulsiona a adoção de tecnologias avançadas destinadas a transformar a gestão das cidades e elevar a qualidade de vida dos habitantes. Angelidou *et al.* (2021) propõem o conceito de "cidade inteligente 3.0," que vai além da mera implementação de tecnologias, enfatizando a integração de aspectos sociais e culturais no planejamento urbano. Este modelo destaca a importância da co-criação e do envolvimento ativo dos cidadãos na governança urbana,

utilizando ferramentas como a Internet das Coisas (IoT) e big data para enfrentar os desafios urbanos de forma inclusiva e sustentável, propiciando um ambiente no qual as soluções tecnológicas são moldadas para atender às necessidades específicas das comunidades locais.

A realização de estudos comparativos entre cidades em diferentes estágios de desenvolvimento em relação aos critérios de cidade inteligente apresenta oportunidades e oferece *insights* para o planejamento urbano e a implementação de tecnologias inovadoras. Comparar cidades em diversas fases permite identificar boas práticas, desafios comuns e estratégias de adaptação às condições locais, além de ajudar a entender como as cidades podem evoluir para se tornarem mais inteligentes e sustentáveis ao longo do tempo.

Os critérios de classificação de uma cidade inteligente incluem a avaliação de dimensões como infraestrutura de tecnologia da informação e comunicação (TIC), sustentabilidade ambiental, qualidade de vida, governança, mobilidade urbana e inovação econômica. Giffinger *et al.* (2007) destacam seis dimensões principais para avaliar o desempenho das cidades inteligentes, conforme apresentado no Quadro 01. Essas dimensões podem variar entre cidades, dependendo de fatores como contexto socioeconômico, prioridades políticas locais e recursos disponíveis. Por exemplo, uma cidade com alta densidade populacional pode priorizar soluções de mobilidade inteligente para mitigar congestionamentos, enquanto uma cidade em uma região rural pode focar na integração de tecnologias para melhorar a conectividade e a prestação de serviços básicos (Harrison *et al.*, 2010).

Quadro 01: Dimensões de Avaliação de Cidades Inteligentes

Dimensão	Descrição
Economia Inteligente	Envolve a competitividade econômica, promovendo inovação, empreendedorismo e a flexibilidade do mercado de trabalho.
Pessoas Inteligentes	Foco no capital humano e social, promovendo educação, criatividade, participação e diversidade social.
Governança Inteligente	Aplicação de práticas de governança transparentes, participativas e eficientes, com envolvimento dos cidadãos nas decisões públicas.
Mobilidade Inteligente	Infraestrutura de transporte moderna e sustentável, acessibilidade e uso de TICs para melhorar a logística e o transporte urbano.
Ambiente Inteligente	Gestão sustentável dos recursos naturais, promoção da proteção ambiental e redução da poluição.
Vida Inteligente	Qualidade de vida dos cidadãos, incluindo saúde, segurança, educação, cultura e lazer.

Fonte: Elaborado com base na revisão da literatura.

É válido mencionar que estudos comparativos entre cidades em diferentes estágios de implementação de tecnologias inteligentes oferecem oportunidades para analisar como essas iniciativas afetam o desenvolvimento urbano. Comparar cidades que estão começando a adotar tecnologias inteligentes com aquelas que já têm implementações avançadas pode revelar insights sobre os fatores que influenciam o sucesso ou o fracasso dessas iniciativas. Hollands (2008), argumenta que entender os diferentes níveis de maturidade tecnológica e de governança é crucial para desenvolver políticas eficazes que promovam a inovação sustentável. Nesse sentido, estudos comparativos podem auxiliar na identificação de barreiras comuns e soluções inovadoras que podem ser replicadas em outros contextos (Nam & Pardo, 2011).

Ao compreender como diferentes contextos influenciam a adoção e a eficácia de tecnologias inteligentes, os pesquisadores podem formular hipóteses mais robustas e desenvolver estratégias adaptativas que considerem as variáveis culturais, econômicas e

políticas de cada cidade. Segundo Angelidou (2014), a personalização das estratégias de cidade inteligente é essencial para maximizar os benefícios e minimizar os riscos associados à transformação urbana.

Neirotti *et al.* (2014), por sua vez, introduziram a ideia de que as políticas de cidades inteligentes podem ser classificadas em duas abordagens principais: "*hard*" e "*soft*". Enquanto a primeira foca na implementação de infraestrutura física, como redes de transporte, energia e TICs, visando à eficiência operacional e à automação dos processos urbanos, a segunda enfatiza o desenvolvimento humano e social, incluindo educação, inclusão social e bem-estar. Quanto à implementação, vários desafios são apontados, a exemplo das barreiras tecnológicas, resistência cultural e limitações financeiras (Lim, Edelenbos, & Gianoli, 2019).

Mora, Deakin e Reid (2019) analisaram práticas bem-sucedidas de cidades inteligentes na Europa e identificaram a governança colaborativa e o envolvimento dos cidadãos como princípios estratégicos para o sucesso. Eles argumentam que a infraestrutura tecnológica deve ser complementada por políticas que promovam a inclusão social e o desenvolvimento sustentável, além disso, a integração de tecnologias emergentes deve ser acompanhada por uma governança que priorize a participação ativa de todos os stakeholders, incluindo governo, academia, indústria e sociedade civil, conforme o modelo da quádrupla hélice. Já Meijer e Bolívar (2016), reforçam a necessidade de uma governança urbana que seja adaptativa e inclusiva, destacando que, embora a implementação de cidades inteligentes enfrente desafios como barreiras tecnológicas e resistência cultural.

Kummitha e Crutzen (2019), sugerem uma perspectiva evolucionária para as cidades inteligentes, propondo que o desenvolvimento urbano deve integrar inovações tecnológicas com transformações sociais e econômicas. Eles defendem que é essencial equilibrar a tecnologia com o impacto social para que as cidades inteligentes alcancem seu pleno potencial, permitindo que as cidades antecipem e respondam a problemas de forma eficaz, criando ambientes urbanos resilientes e inclusivos.

2.2 QUÁDRUPLA HÉLICE

O modelo da quádrupla hélice representa uma evolução do conceito da tríplice hélice, originalmente desenvolvido por Etzkowitz e Leydesdorff (2000), que destacava a interação entre universidade, indústria e governo como base para a inovação e o desenvolvimento econômico. Com a adição da sociedade civil como quarta hélice, proposta por Carayannis e Campbell (2009), o modelo reconhece a importância do engajamento social e da participação cidadã na promoção de inovações mais sustentáveis e inclusivas. Sugere-se que a inovação é mais eficaz quando governo, academia, indústria e sociedade civil colaboram para desenvolver soluções que atendam às necessidades e desafios da sociedade, considerando a inovação não restrita à tecnologia, mas envolvendo mudanças sociais e culturais.

Estudos recentes têm explorado a aplicação do modelo da hélice quádrupla em cidades inteligentes ao redor do mundo, destacando seus impactos e desafios. Cavallini *et al.* (2016), ressaltaram a importância da inclusão da sociedade civil como ator central na inovação em cidades europeias, tais como Barcelona. Em contextos asiáticos, Kummitha e Crutzen (2019), analisaram cidades como Singapura e Hong Kong, onde a colaboração entre os quatro setores impulsionou tanto a inovação tecnológica quanto transformações sociais, com melhoria na qualidade de vida e a redução de desigualdades urbanas.

Na América do Norte, Mora *et al.* (2019) examinaram como a hélice quádrupla foi aplicada em cidades como Toronto e Vancouver, facilitando a implementação de soluções tecnológicas avançadas, como redes de energia inteligentes e sistemas de transporte sustentáveis, enquanto promoviam o desenvolvimento econômico local. Esses resultados foram comparados a práticas observadas em cidades asiáticas, como Seul, onde Kim *et al.* (2018),

destacaram a utilização do modelo para impulsionar a inovação em serviços públicos, resultando em melhorias significativas na qualidade de vida dos cidadãos.

No contexto latino-americano, especificamente em Buenos Aires e Medellín, González *et al.* (2017), analisaram como essas cidades utilizam a colaboração multissetorial para enfrentar desafios como a desigualdade social e a segurança pública. Em Medellín, a aplicação do modelo resultou na criação de iniciativas de educação tecnológica que envolvem comunidades locais, universidades e empresas, promovendo a inclusão digital e o desenvolvimento de competências tecnológicas entre os jovens.

Apesar dos avanços significativos, a implementação do modelo da hélice quádrupla enfrenta desafios, Lundvall (2013) aponta que as diferenças culturais e institucionais podem dificultar a colaboração eficaz entre os quatro setores, especialmente em contextos onde a desconfiança entre governo e sociedade civil é prevalente. Nam e Pardo (2011), ressaltam a importância de desenvolver métricas claras para avaliar o impacto das iniciativas de cidades inteligentes, já que a falta de padrões de avaliação pode limitar a capacidade de medir o sucesso das intervenções.

Quanto às lacunas e limitações na adoção do modelo da hélice quádrupla entre diferentes regiões e cidades, Lim, Edelenbos e Gianoli (2019) apontam que barreiras culturais e tecnológicas podem dificultar a implementação eficaz de cidades inteligentes em alguns contextos. Cavada, Hunt e Rogers (2019) destacam que a falta de mecanismos claros para a participação cidadã pode limitar o impacto da hélice quádrupla, e ainda é um desafio medir o impacto real das iniciativas de cidades inteligentes.

3 CONCLUSÃO

Ao discutir a aplicação do modelo da quádrupla hélice no contexto das cidades inteligentes, este trabalho defende que o entendimento das interações entre governo, academia, indústria e sociedade civil pode ser uma força propulsora na promoção de soluções urbanas inovadoras e sustentáveis. Ademais, considerar diferentes contextos possibilita que se faça uso de *benchmarks*, aprendizados conquistados e barreiras já superadas que viabilizem aos envolvidos impulsionar determinadas etapas, evitar determinados problemas, bem como catalisar determinadas relações entre poder público e outros atores.

A análise comparativa que ilumina as práticas de inovação em diferentes contextos culturais e socioeconômicos, fornecendo *insights* sobre as dinâmicas de adoção de tecnologias inteligentes. Defende-se o emprego da abordagem integrada e colaborativa, conforme o modelo da quádrupla hélice, para impulsionar o desenvolvimento urbano sustentável e inclusivo. A pesquisa reforça, ainda, a necessidade de considerar as variáveis culturais, econômicas e políticas que influenciam a eficácia das tecnologias inteligentes, oferecendo uma perspectiva aprofundada sobre como adaptar estratégias de cidade inteligente às realidades locais.

Em termos de implicações práticas, pesquisas dessa natureza podem orientar políticas públicas e práticas em cidades inteligentes, pois ao identificar práticas bem-sucedidas e obstáculos comuns enfrentados na implementação dessas iniciativas, o estudo oferece recomendações valiosas para gestores urbanos e formuladores de políticas. A promoção de uma governança colaborativa e a ênfase na participação ativa de todos os *stakeholders* são destacadas como estratégias cruciais para o sucesso das cidades inteligentes. Além disso, a necessidade de desenvolver métricas claras para avaliar o impacto das iniciativas urbanas é enfatizada, garantindo que as ações estejam alinhadas com metas de sustentabilidade e equidade social.

Por fim, as cidades inteligentes oferecem um potencial significativo para melhorar a qualidade de vida e promover o desenvolvimento sustentável, e o modelo da quádrupla hélice destaca-se como uma ferramenta eficaz para facilitar essa transformação, exigindo abordagens

abrangentes que considerem as necessidades comunitárias e fomentem a inovação e a colaboração. Este estudo contribui para a literatura ao enfatizar a importância de um modelo colaborativo e integrado, capaz de alavancar o potencial das cidades para se tornarem mais resilientes, inclusivas e sustentáveis, enfrentando os desafios do século XXI de maneira eficaz e inovadora.

REFERÊNCIAS

- ANGELIDOU, M.; PSALTOGLOU, A.; KOMNINOS, N.; KAKDERI, C.; TSARCHOPOULOS, P. **Towards smart city 3.0: Rethinking the city of tomorrow**. *Journal of Urban Technology*, 2021.
- ARAÚJO, C. A. A. **Bibliometria: Evolução histórica e questões atuais**. *Em Questão*, 12(1), 11-32, 2006.
- CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J. **'Mode 3' and 'Quadruple Helix': Toward a 21st Century Fractal Innovation Ecosystem**. *International Journal of Technology Management*, 46(3/4), 201-234, 2009.
- CAVALLINI, S.; SOLDI, R.; FRIEDL, J.; VOLPE, M. **Using the quadruple helix approach to accelerate the transfer of research and innovation results to regional growth**. *European Union Committee of the Regions*, 2016.
- CUNNINGHAM, J. A.; MENTER, M.; O'KANE, C. **Value creation in the quadruple helix: A micro-level analysis of micro-level actors**. *R&D Management*, 49(5), 775-789, 2019.
- DOSI, G. **Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change**. *Research Policy*, 11(3), 147-162, 1982.
- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. **The dynamics of innovation: From National Systems and 'Mode 2' to a Triple Helix of university-industry-government relations**. *Research Policy*, 29(2), 109-123, 2000.
- FACHIN, O. **Fundamentos de Metodologia**. 3ª ed. São Paulo: Saraiva, 2001.
- GIFFINGER, R.; FERTNER, C.; KRAMAR, H.; KALASEK, R.; PICHLER-MILANOVIĆ, N.; MEIJERS, E. **Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities**. Vienna: Centre of Regional Science Vienna UT, 2007.
- GONZÁLEZ, C.; MONTEZUMA, R.; RESTREPO, J. **Análisis de la Innovación Social en las Ciudades Inteligentes: El Caso de Medellín y Buenos Aires**. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 2017.
- HARRISON, C.; DONNELLY, I. A. **A Theory of Smart Cities**. *Proceedings of the 55th Annual Meeting of the International Society for the Systems Sciences*, 2010.
- KIM, J.; LEE, J.; SHIN, J. **Smart city and public service innovation: A case study of Seoul, South Korea**. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4(4), 46, 2018.
- KUMMITHA, R. K. R.; CRUTZEN, N. **How do we understand smart cities? An evolutionary perspective**. *Cities*, 92, 273-281, 2019.
- LIM, C. K.; EDELENBOS, J.; GIANOLI, A. **The Impact of Public-Private Partnerships on Smart City Development: Insights from Eindhoven City of Light**. *Cities*, 89, 80-91, 2019.
- MEIJER, A.; BOLÍVAR, M. P. R. **Governing the smart city: a review of the literature on smart urban governance**. *International Review of Administrative Sciences*, 82(2), 392-408, 2016.
- MITCHELL, W. J. **City of Bits: Space, Place, and the Infobahn**. Cambridge: MIT Press, 1995.

MORA, L.; DEAKIN, M.; REID, A. **Strategic principles for smart city development: A multiple case study analysis of European best practices.** *Technological Forecasting and Social Change*, 142, 70-97, 2019.

NAM, T.; PARDO, T. A. **Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions.** *Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times*, 2011.

NEIROTTI, P.; DE MARCO, A.; CAGLIANO, A. C.; MANGANO, G.; SCORRANO, F. **Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts.** *Cities*, 38, 25-36, 2014.

RODRIGUES, L. L. **Smart Cities em Portugal: Estudo de caso da cidade de Guimarães.** *Revista Portuguesa de Estudos Regionais*, 48, 27-44, 2018.