

BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA TECNOLOGIA 5G PARA AS CIDADES

1. INTRODUÇÃO

O conceito de cidade inteligente, embora relativamente recente, tem ganhado cada vez mais destaque no cenário urbano global. A ideia central reside na utilização de tecnologias da informação e comunicação (TICs) para otimizar a gestão urbana, melhorar a qualidade de vida dos cidadãos e promover o desenvolvimento sustentável. A adoção de tecnologias inovadoras, como a Internet das Coisas (IoT), permite coletar e analisar dados em tempo real, possibilitando a identificação de padrões e a tomada de decisões mais assertivas para atender às necessidades da população (CARAGLIU *et al.*, 2011).

Essa capacidade de coletar e processar grandes volumes de dados permite que as cidades identifiquem padrões, tendências e necessidades específicas da população, otimizando a gestão de serviços públicos e a qualidade de vida. A análise desses dados possibilita a implementação de soluções personalizadas e a criação de cidades mais inteligentes e resilientes (FORBES, 2023). O 5G se destaca como uma tecnologia inovadora que promete transformar significativamente as cidades, oferecendo uma série de recursos que impactarão positivamente as experiências digitais e o desenvolvimento das cidades inteligentes.

O 5G, representando a quinta geração de redes móveis, proporciona uma conectividade muito superior às tecnologias anteriores, com alta capacidade e baixa latência, reduzindo o tempo de transferência de dados para menos de 10 milissegundos, ou até 1 milissegundo em situações ideais. Essas características são essenciais para o avanço das cidades inteligentes, permitindo a transmissão de grandes volumes de dados em tempo real, fundamental para o funcionamento de sensores, câmeras e dispositivos da IoT. Isso possibilita aplicações como controle de veículos autônomos, telemedicina, monitoramento da qualidade do ar, gestão de energia e padrões de tráfego, além de outras soluções inovadoras para a gestão urbana (CUNHA; SILVA, 2020; PREECE *et al.*, 2015).

A implementação do 5G está se expandindo rapidamente em todo o mundo, impulsionando a transformação digital das cidades. Metrôpoles como Seoul, Barcelona e Dubai estão à frente na adoção de soluções baseadas nessa tecnologia, como transporte público inteligente, gestão de resíduos e saúde digital (LEE; KIM, 2019). No Brasil, o 5G chegou em 2022 por meio de uma parceria entre a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e o Ministério das Comunicações, resultando no projeto “Conecta 5G”, que visa facilitar o acesso dos municípios à nova tecnologia com a instalação de antenas nas luminárias públicas (ABDI, 2022).

Esses exemplos demonstram como o 5G pode impulsionar o desenvolvimento urbano sustentável e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, servindo como inspiração para outras cidades que buscam se tornar mais inteligentes. No entanto, a expansão do 5G também apresenta desafios, como os altos custos de infraestrutura, a necessidade de garantir a segurança cibernética e a importância de reduzir a desigualdade digital. Apesar desses desafios, os benefícios potenciais do 5G são numerosos, incluindo a criação de novos empregos, o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos (LEE; KIM, 2019). A partir desse contexto, o objetivo deste ensaio teórico é refletir sobre os benefícios e desafios da tecnologia 5G para as cidades.

2. TECNOLOGIA 5G

A tecnologia 5G, padronizada oficialmente pela *International Telecommunication Union* (ITU) em 2019, representa um avanço significativo em relação às gerações anteriores de redes móveis. Com o desenvolvimento iniciado na década de 2000, o 5G foi concebido para

atender à crescente demanda por conectividade. Sua principal diferença está na capacidade de suportar um grande número de dispositivos conectados simultaneamente, o que é essencial para a expansão da Internet das Coisas (IoT) e para o suporte de novas aplicações, como cidades inteligentes e veículos autônomos (3GPP, 2019; BOCCARDI *et al.*, 2014).

O 5G já está transformando a vida urbana em várias cidades do mundo. Em Seul, Coreia do Sul, a tecnologia é utilizada para desenvolver soluções de mobilidade urbana inteligente, como sistemas de transporte conectados e veículos autônomos, otimizando o gerenciamento do tráfego e melhorando a segurança nas estradas (LEE *et al.*, 2020). Na China, Xangai está integrando o 5G em ambientes industriais e comerciais, criando uma manufatura inteligente com monitoramento em tempo real, o que melhora a produtividade e reduz custos operacionais (ZHANG *et al.*, 2021).

Na Europa, cidades como Londres e Paris estão utilizando o 5G para promover redes urbanas mais eficientes e sustentáveis. Em Londres, o 5G melhora a gestão de energia e a eficiência dos serviços públicos, enquanto Paris explora soluções de transporte público mais integradas e eficientes (SÁNCHEZ *et al.*, 2016). Esses exemplos demonstram como o 5G não apenas amplia a conectividade, mas também transforma a gestão urbana, criando cidades mais responsivas e melhorando a qualidade de vida dos cidadãos.

A revolução prometida pelo 5G nas cidades vai além da conectividade, afetando como as cidades operam e interagem com seus habitantes. Com a capacidade de suportar múltiplos dispositivos e sensores em tempo real, o 5G possibilita uma gestão mais eficiente do tráfego, da energia e de outros aspectos críticos da infraestrutura urbana (YANG *et al.*, 2019). Suas aplicações em diversos setores estão apenas começando a ser exploradas, e os benefícios potenciais para a eficiência urbana e a qualidade de vida são enormes (XIE *et al.*, 2020).

2.2 Benefícios da tecnologia 5G

A principal vantagem da tecnologia 5G reside em sua capacidade de conectar um número significativamente maior de dispositivos simultaneamente, oferecendo alta velocidade e baixa latência. Sensores distribuídos pela cidade poderão coletar dados em tempo real sobre o tráfego, o consumo de energia, a qualidade do ar e outros aspectos, possibilitando uma gestão mais eficiente dos recursos urbanos (CHOI *et al.*, 2019). Além da conectividade aprimorada, refletindo-se em impactos sociais, ambientais e econômicos significativos.

No aspecto social, o investimento em infraestrutura e a implementação de redes 5G pode reduzir a lacuna digital ao proporcionar acesso à internet de alta velocidade em áreas anteriormente desatendidas. Isso promove a inclusão digital e melhora a equidade social, oferecendo mais oportunidades para educação, saúde e emprego (CHOI *et al.*, 2019).

Do ponto de vista ambiental, o 5G contribui para a eficiência energética e a redução de emissões de carbono. A tecnologia permite o monitoramento e a gestão inteligente do consumo energético em edifícios e infraestruturas urbanas, ajudando na transição para uma economia de baixo carbono e no cumprimento de metas ambientais. A possibilidade de implementar redes inteligentes e sistemas de transporte conectados pode resultar em uma significativa redução da poluição e otimização do uso de recursos (AHMADI *et al.*, 2020). Além disso, o 5G facilita o monitoramento ambiental em tempo real, o que pode melhorar a resposta a desastres naturais e proteger ecossistemas sensíveis (YANG *et al.*, 2019).

No âmbito da mobilidade urbana sustentável, o 5G desempenha um papel crucial ao facilitar a implementação de sistemas de transporte inteligentes, incluindo veículos autônomos e sistemas de compartilhamento de transporte. Esses avanços ajudam a otimizar o tráfego e melhorar a eficiência dos sistemas de transporte (TAHIR *et al.*, 2021). A tecnologia também fortalece a resiliência urbana, melhorando a comunicação entre autoridades e serviços de emergência, e aprimorando sistemas de alerta precoce e monitoramento ambiental (AHMADI *et al.*, 2020).

Economicamente, a expansão da infraestrutura 5G impulsiona a inovação e o desenvolvimento de novos modelos de negócios, gerando empregos e estimulando setores como tecnologia da informação e comunicações. A conectividade aprimorada promove a automação de processos, aumentando a eficiência e a produtividade, e pode estimular o empreendedorismo e o crescimento econômico em comunidades locais. A automação também reduz custos operacionais para empresas e governos, liberando recursos para investimentos em áreas prioritárias como saúde, educação e infraestrutura (BOCCARDI *et al.*, 2014).

A conectividade proporcionada pelo 5G melhora a qualidade de vida ao oferecer acesso a serviços digitais de alta qualidade, como saúde e educação online, e outras formas de enriquecimento pessoal. Além disso, o 5G promove a participação cidadã e a governança transparente, facilitando a colaboração entre governos e comunidades através de plataformas digitais e aplicativos móveis (SÁNCHEZ *et al.*, 2016).

O Quadro 1 resume os benefícios associados à tecnologia 5G discutidos nesta seção e apresenta os autores responsáveis por cada um dos benefícios mencionados.

Quadro 1: Resumo dos Benefícios da tecnologia 5G

Categoria	Benefícios	Referências
Conectividade	Conexão simultânea de vários dispositivos, alta velocidade, baixa latência, expansão da IoT, criação de cidades inteligentes.	CHOI <i>et al.</i> , 2019
Impactos Sociais	Redução da lacuna digital, inclusão digital, equidade social, melhorias em educação, saúde e emprego.	CHOI <i>et al.</i> , 2019
Impactos Ambientais	Eficiência energética, redução de emissões de carbono, monitoramento ambiental em tempo real, otimização de recursos.	AHMADI <i>et al.</i> , 2020; YANG <i>et al.</i> , 2019
Mobilidade Urbana	Implementação de sistemas de transporte inteligentes, otimização do tráfego, fortalecimento da resiliência urbana.	TAHIR <i>et al.</i> , 2021; AHMADI <i>et al.</i> , 2020
Impactos Econômicos	Inovação, novos modelos de negócios, geração de empregos, aumento da eficiência e produtividade, redução de custos operacionais.	BOCCARDI <i>et al.</i> , 2014
Qualidade de Vida	Acesso a serviços digitais de alta qualidade (saúde, educação), participação cidadã, governança transparente.	SÁNCHEZ <i>et al.</i> , 2016

Fonte: autores

2.3 Desafios da tecnologia 5G

A adoção do 5G traz à tona desafios significativos no que diz respeito à privacidade e à segurança dos dados. Para garantir a proteção dos direitos individuais e a integridade das informações pessoais em um ambiente altamente interconectado, é fundamental desenvolver e implementar políticas e regulamentações robustas e eficazes (YANG *et al.*, 2019). Além disso, é necessário considerar as implicações éticas e sociais que surgem com a crescente quantidade de dados trafegados nas redes, bem como as possíveis vulnerabilidades que podem ser exploradas por atores mal-intencionados.

Além dos riscos imediatos, a falta de uma infraestrutura segura em cidades inteligentes também ameaça a privacidade das pessoas. Com a quantidade crescente de dados pessoais coletados pelos sistemas urbanos públicos, como informações de localização, dados pessoais e hábitos de consumo, existe um potencial significativo para o acesso não-autorizado a esses dados. Isso pode resultar em violações de privacidade e até mesmo em crimes cibernéticos, como roubo de identidade, sequestro digital de informações e fraudes financeiras em nomes de terceiros, dentre outros acontecimentos (INFORCHANNEL, 2023).

A manipulação de sistemas de monitoramento, por exemplo, pode comprometer a eficácia dos esforços de segurança pública. Hackers podem alterar feeds de vídeos de câmeras

de vigilância, mascarar atividades suspeitas ou desabilitar alarmes, dificultando a detecção e a prevenção de crimes. Outra frente que demanda proteção é a ciberespionagem e a sabotagem para uso indevido de informações. Isso levanta preocupações sérias, começando no nível do indivíduo e chegando até à segurança nacional, podendo prejudicar a soberania de um país (GUIDETTI; SPEELMAN, 2021).

A expansão da rede 5G e a construção de cidades inteligentes exigem uma abordagem integrada que considere tanto os aspectos tecnológicos quanto os desafios de segurança e regulamentação. A vulnerabilidade dos sistemas de monitoramento, como destacado no livro “Cybersecurity for Smart Cities”, evidencia a necessidade de medidas de segurança robustas para proteger a infraestrutura crítica.

Embora o cenário para desenvolvimento do 5G no país seja promissor, inúmeros são os desafios para preparar a infraestrutura dos centros urbanos brasileiros para o recebimento da tecnologia 5G, sendo o principal deles a complexidade do licenciamento urbanístico para implantação de antenas nas Estações Rádio Base. É essencial que a legislação relacionada às antenas seja uniformizada, especialmente pelo fato de a tecnologia 5G demandar uma densidade muito maior de antenas por quilômetro quadrado em relação às tecnologias anteriores (MATTOS FILHO, 2021).

A Lei Geral de Antenas (Lei nº 13.116/2015) foi criada com o intuito de harmonizar os procedimentos para licenciamento e uso, e ocupação do solo por meio do estabelecimento de diretrizes e regras a serem observadas pelos municípios para o tratamento das infraestruturas de suporte. Entretanto, muitas diretrizes ainda não foram absorvidas e adotadas pelos municípios, havendo, na prática, grande variação entre a legislação de cada município sobre o tema.

Em São Paulo, por exemplo, as antenas são consideradas edificações e, por isso, devem seguir as regras definidas no Código de Obras, que, juntamente com o Plano Diretor do Município, são os instrumentos responsáveis pela distribuição do espaço e organização das cidades (KUJAWSKI, 2021). Em geral, para que uma edificação seja considerada regular, devem ser obtidos, além das licenças ambientais eventualmente necessárias, o alvará de aprovação do projeto, o alvará de execução de obras, e o auto de conclusão de obras, também conhecido como “habite-se” (MATTOS FILHO, 2021).

Os maiores prejudicados, no entanto, são os cidadãos que residem nas áreas periféricas, para os quais o sinal do celular representa verdadeira inclusão social. A atual pandemia de Covid-19 nos mostrou que as soluções digitais têm sido eficazes para enfrentar os desafios impostos pela crise, de modo que a inclusão digital, que deve ser ampliada pelo 5G, se mostra extremamente importante não apenas por questões econômicas e urbanas, mas também por razões sociais (KUJAWSKI, 2021).

O Presidente da ANATEL enviou a Carta Aberta às Autoridades Municipais Brasileiras, solicitando a todos os Prefeitos e Vereadores uma reavaliação das suas respectivas legislações municipais a respeito da regulamentação da instalação de infraestruturas de telecomunicações em suas respectivas cidades, bem como dos procedimentos administrativos necessários para tal. Em 04 de maio de 2021, surgiu também o Movimento *Antene-se*, por iniciativa da Associação Brasileira de Infraestrutura para Telecomunicações (ABRINTEL), com o objetivo de desenvolver iniciativas para engajar e conscientizar autoridades municipais em relação aos entraves que as legislações locais representam para a ampliação da infraestrutura necessária para a instalação das antenas, bem como em relação à importância desta infraestrutura para o desenvolvimento econômico e social dos municípios (MATTOS FILHO, 2021).

O Quadro 2 apresenta os principais desafios enfrentados na implementação da tecnologia 5G.

Quadro 2: Resumo dos Desafios para a implementação da tecnologia 5G

Categoria	Desafios	Referências
Privacidade e Segurança dos Dados	Desenvolvimento de políticas e regulamentações adequadas para proteger dados pessoais em um ambiente altamente conectado.	YANG; CHEN e HAN, (2019)
	Risco de acesso não autorizado a dados pessoais coletados por sistemas urbanos.	INFORCHANNEL (2023)
	Vulnerabilidade de sistemas de monitoramento a ataques cibernéticos.	SMITH (2022)
	Ciberspionagem e sabotagem para uso indevido de informações.	SMITH (2022)
Infraestrutura e Regulamentação	Complexidade do licenciamento urbanístico para implantação de antenas.	MATTOS FILHO (2021)
	Falta de uniformização da legislação relacionada a antenas entre os municípios.	MATTOS FILHO (2021)
	Proibição de instalação de antenas em determinadas regiões.	MATTOS FILHO (2021)
	Dificuldade em obter as licenças necessárias para a instalação de antenas.	MATTOS FILHO (2021)
Impacto Social e Econômico	Desigualdade no acesso à internet, especialmente em áreas periféricas.	KUJAWSKI (2021)
	Impacto negativo na experiência dos usuários devido à falta de cobertura e qualidade do sinal.	KUJAWSKI (2021)
	Perda de investimentos em infraestrutura essencial para os municípios.	KUJAWSKI (2021)
	Perda de arrecadação de tributos.	KUJAWSKI (2021)

Fonte: autores.

3. CONCLUSÃO

A tecnologia 5G representa um marco na transformação das cidades em ambientes mais inteligentes, eficientes e conectados. Com sua alta velocidade, baixa latência e capacidade de conectar um grande número de dispositivos simultaneamente, o 5G possibilita a implementação de soluções inovadoras, como a gestão inteligente de energia, transporte e segurança pública. Essas aplicações são fundamentais para o desenvolvimento de cidades que priorizem a sustentabilidade, a qualidade de vida dos cidadãos e o crescimento econômico.

Apesar dos inúmeros benefícios, a implementação do 5G enfrenta desafios significativos, como os altos custos de infraestrutura, a complexidade das regulamentações e a necessidade de garantir a segurança e privacidade dos dados. Para que o 5G alcance todo o seu potencial, é essencial que governos e empresas colaborem para simplificar processos de licenciamento, desenvolver políticas de segurança robustas e promover a inclusão digital. Apenas com uma abordagem integrada e comprometida será possível superar esses obstáculos e transformar as cidades em ambientes verdadeiramente inteligentes.

O futuro das cidades inteligentes, impulsionado pelo 5G, depende de um planejamento estratégico que envolva a participação ativa de todos os *stakeholders*. Investimentos em infraestrutura, inovação tecnológica e políticas públicas inclusivas são essenciais para garantir que os benefícios do 5G sejam acessíveis a todos, contribuindo para a criação de cidades mais conectadas, resilientes e sustentáveis. Com uma implementação cuidadosa e direcionada, o 5G pode não apenas melhorar a gestão urbana, mas também promover uma sociedade mais equitativa e preparada para os desafios do futuro.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Conecta 5G. 2022. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- AHMADI, S.; MAROJEVIC, V.; RANGANATHAN, P.; REED, J. H. Energy efficiency in 5G and beyond networks: a review and implications for future research. *IEEE Access*, v. 8, p. 174935-174950, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3025083.
- BOCCARDI, F.; HEATH, R. W.; LOZANO, A.; MARZETTA, T. L.; POPOVSKI, P. Five disruptive technology directions for 5G. *IEEE Communications Magazine*, v. 52, n. 2, p. 74-80, 2014. DOI: 10.1109/MCOM.2014.6736746.
- CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, v. 18, n. 2, p. 65-82, 2011. DOI: 10.1080/10630732.2011.601117.
- CHOI, J.; HAN, B.; LEE, S. A novel 5G traffic steering mechanism for heterogeneous RAN. *IEEE Communications Magazine*, v. 57, n. 3, p. 69-75, 2019. DOI: 10.1109/MCOM.2019.1800398.
- CUNHA, M.; SILVA, C. R. Smart cities and the internet of things: a systematic literature review. *Smart Cities*, v. 3, n. 1, p. 44-64, 2020. DOI: 10.3390/smartcities3010004.
- FORBES. The impact of 5G on smart cities and urban development. 2023. Disponível em: <https://www.forbes.com/>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- GUIDETTI, M.; SPEELMAN, C. Cybersecurity for smart cities. Springer, 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-74090-7.
- INFORCHANNEL. Desafios e riscos da segurança cibernética nas cidades inteligentes. 2023. Disponível em: <https://www.inforchannel.com.br/>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- KUJAWSKI, C. Desafios para a implementação do 5G no Brasil. 2021. Disponível em: <https://www.teletime.com.br/>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- LEE, S.; KIM, J. A case study of 5G network and smart city applications in Seoul. *IEEE Network*, v. 33, n. 4, p. 96-101, 2019. DOI: 10.1109/MNET.2019.1800513.
- MATTOS FILHO. Infraestrutura e regulamentação para o 5G no Brasil. 2021. Disponível em: <https://www.mattosfilho.com.br/>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- PREECE, A.; MACE, B.; COOK, M. The future of urban mobility with 5G networks. *Journal of Urban Technology*, v. 22, n. 3, p. 1-12, 2015. DOI: 10.1080/10630732.2015.1044009.
- SÁNCHEZ, L.; MUNOZ, L.; GALACHE, J. A.; SOTRES, P.; PRESSER, M. Smart city services over a future internet platform based on internet of things and cloud: the SmartSantander approach. *Energies*, v. 9, n. 5, p. 498-517, 2016. DOI: 10.3390/en9050498.
- TAHIR, R.; KHANDAKER, M. R. A.; MIR, Z. H. Vehicular-to-everything (V2X) communication: technology, trends, and challenges. *IEEE Access*, v. 9, p. 25568-25596, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3057837.
- YANG, Y.; CHEN, M.; HAN, Z. Smart cities and 5G networks: artificial intelligence, internet of things, and connected technologies. Wiley, 2019. DOI: 10.1002/9781119509911.
- ZHANG, Y.; XU, Y.; TIAN, H. 5G applications and network security in smart cities. *IEEE Access*, v. 9, p. 108774-108786, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3083049.
- XIE, J.; ZHANG, Y.; ZHENG, H. 5G network architecture and technology for the Internet of Things. *IEEE Network*, v. 34, n. 3, p. 6-14, 2020. DOI: 10.1109/MNET.001.1900308.