

CONTEXTOS E DESAFIOS DA TECNOLOGIA LI-FI *CONTEXTS AND CHALLENGES OF LI-FI TECHNOLOGY*

Renan Josemar Fontanelli Boaro – renan.boaro@hotmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

Mauricio de Oliveira Dian – mauricio.dian@fatec.sp.gov.br
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

DOI: 10.31510/inf.v22i1.2168

Data de submissão: 17/03/2025

Data do aceite: 26/06/2025

Data da publicação: 30/06/2025

RESUMO

Este artigo tem como objetivo analisar a tecnologia *Light Fidelity* (Li-Fi), uma alternativa emergente ao *Wireless Fidelity* (Wi-Fi) para a transmissão de dados sem fio. Através de uma revisão bibliográfica, são investigados os principais aspectos e desafios relacionados à implementação do Li-Fi, incluindo suas vantagens, como maior velocidade de transmissão e segurança em ambientes restritos à radiofrequência, como hospitais e aeronaves. A pesquisa destaca a necessidade de soluções tecnológicas inovadoras para atender à crescente demanda por conectividade eficiente e segura. Embora ainda não amplamente comercializado, o Li-Fi apresenta um grande potencial de transformação no cenário das comunicações sem fio, dependendo de investimentos para sua adoção em larga escala.

Palavras-chave: Li-Fi. Comunicação por luz visível. Comunicações sem fio.

ABSTRACT

This article aims to analyze Light Fidelity (Li-Fi) technology, an emerging alternative to Wireless Fidelity (Wi-Fi) for wireless data transmission. Through a bibliographic review, the main aspects and challenges related to Li-Fi implementation were investigated, including its advantages, such as higher transmission speed and enhanced security in environments where radiofrequency use is restricted, like hospitals and aircraft. The research highlights the need for innovative technological solutions to meet the growing demand for efficient and secure connectivity. Although not yet widely commercialized, Li-Fi has significant potential to transform the wireless communication landscape, depending on investments for large-scale adoption.

Keywords: Li-Fi. Visible light communication. Wireless communications.

1. INTRODUÇÃO

Dispositivos como smartphones, tablets e notebooks já fazem parte do nosso cotidiano e, se somarmos a eles os veículos, geladeiras, e outros equipamentos eletrônicos de Internet das Coisas, muitos são os itens ao nosso redor que utilizam a tecnologia *Wireless Fidelity* (Wi-Fi) para a transferência de dados sem fio através de redes locais e Internet.

Um fator relevante diz respeito à limitação do uso do Wi-Fi em ambientes onde as ondas de radiofrequência (RF) são restritas por questões de segurança. Segundo Silva *et al.* (2014), locais como dentro de aviões, usinas e hospitais não permitem o uso de dispositivos que operam com radiofrequência devido ao risco de interferências em seus equipamentos críticos.

Em meio as alternativas à tecnologia Wi-Fi, o Li-Fi surge como uma tecnologia que tenta se utilizar de luz visível ou infravermelha, transmitida por LEDs, para comunicar dados em meios sem fio. Essa tecnologia, além de ser até 100 vezes mais rápida que o Wi-Fi, oferece maior segurança por não atravessar paredes, tornando-se uma solução viável em ambientes onde o Wi-Fi não pode ser utilizado (Silva; Vaz De Melo; Almeida; Loureiro, 2014).

Desde então, a tecnologia Li-Fi vem se consolidando como uma alternativa inovadora no campo das comunicações sem fio, apresentando-se como uma solução promissora para o crescente aumento da demanda por transmissão de dados. Segundo Haas (2011), ela se diferencia do popular Wi-Fi pelo fato de não usar ondas de rádio, mas sim luz visível para transmitir informações de maneira potencialmente mais eficiente e mais rápida.

Devido os fatores limitantes relatados e o surgimento do Li-Fi já há alguns anos como possível solução para ambientes onde o uso de ondas de rádio é limitado, ruim ou indesejado, o presente artigo se justifica pelo fato de entender tal tecnologia como promissora. Mesmo ainda não muito comentada no Brasil, aparenta ser algo que possa inovar a forma como ocorrem as comunicações, sobretudo as sem fio. Tendo como metodologia principal a revisão bibliográfica sobre o tema em artigos, monografias e sites especializados nacionais e internacionais, possui como objetivo de fomentar a pesquisa nessa área, promovendo difusão de conhecimento sobre a tecnologia Li-Fi, seus conceitos, possíveis aplicações, desafios de implantação e de comunicação, além das vantagens e desvantagens dela em relação a tecnologia Wi-Fi na atualidade. Uma vez que existem contextos que demandam conectividade rápida e segura por meios sem fio, o Li-Fi pode ser uma alternativa interessante, restando por parte das empresas saber se ela é tecnologicamente aceitável.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Uma rede sem fio pode ser entendida como uma estrutura de dispositivos interconectados, que permitem a transmissão de dados sem a necessidade de cabos, utilizando ondas eletromagnéticas como meio de propagação. Esses sinais são modulados em uma onda portadora e enviados por antenas transmissoras, sendo captados por antenas receptoras que realizam a demodulação, processam as informações recebidas e as direcionam para os usuários finais (Haas, 2011).

Cardoso, Almeida e Teixeira (2014) destacam a tecnologia *Light Fidelity* (Li-Fi) como uma inovação no campo das comunicações sem fio. Apresentada em 2011 por Harald Haas, professor da Universidade de Edimburgo durante uma palestra no TED Global, o Li-Fi demonstra o potencial das lâmpadas LED não apenas para iluminação, mas também como meio eficiente de transmissão de dados, utilizando-se de luz visível, infravermelha ou ultravioleta, modulada em alta frequência para garantir a comunicação digital.

O funcionamento do Li-Fi baseia-se na variação rápida da intensidade luminosa dos LEDs, interpretada como pulsos binários que transmitem dados. Sensores fotodetectores presentes em dispositivos como smartphones e laptops captam esses pulsos e os convertem em sinais elétricos, que são então decodificados em informações utilizáveis pelos usuários. Para sua implementação, a tecnologia requer lâmpadas LED adaptadas para comunicação, sensores fotodetectores nos dispositivos receptores e, em alguns casos, integração com redes Wi-Fi para ampliar a conectividade. Essa combinação possibilita que o Li-Fi complemente as redes tradicionais, sendo especialmente útil em locais onde o uso de radiofrequência é limitado ou inviável (Haas, 2011).

Uma das principais vantagens do Li-Fi é sua alta capacidade de transmissão de dados, que pode atingir velocidades até 100 vezes superiores às do Wi-Fi. Além disso, a tecnologia oferece maior segurança, pois a luz visível utilizada não atravessa paredes, reduzindo os riscos de interceptação de dados e tornando-a ideal para ambientes sensíveis, como hospitais, aeronaves e instalações governamentais (Haas, 2011; Medeiros; Sorrentino, 2018).

O Li-Fi, como parte da Comunicação por Luz Visível (VLC), utiliza a modulação da luz emitida por LEDs, permitindo a transmissão de grandes volumes de dados sem comprometer a iluminação ambiente. Essa característica possibilita que cada lâmpada LED atue simultaneamente como fonte de luz e ponto de acesso de dados, promovendo a integração com a infraestrutura da Internet das Coisas (IoT) e contribuindo para o desenvolvimento de cidades

inteligentes e ambientes conectados. Nesse contexto, o Li-Fi desempenha um papel central ao suportar aplicações que vão desde o acesso à internet em dispositivos móveis até a coleta de dados sobre o uso de espaços urbanos, oferecendo subsídios valiosos para a gestão urbana e a otimização da infraestrutura (Albraheem *et al.*, 2018).

De acordo com Komine e Nakagawa (2004), dentre as tecnologias emergentes que buscam solucionar a lotação do espectro de frequência, a VLC vem se destacando como uma alternativa promissora. A Comunicação por Luz Visível é caracterizada pela transmissão de dados por meio da modulação de ondas de luz dentro do espectro visível, que varia entre 380 nm e 750 nm (Ghassemlooy *et al.*, 2017). Essa abordagem inclui sistemas que utilizam luz visível aos olhos humanos para a transmissão de informações, consolidando-se como um campo inovador e dinâmico.

O Li-Fi também se destaca pela sua eficiência ao operar no espectro de luz visível, evitando a competição com as já saturadas bandas de radiofrequência. Essa característica o torna uma solução promissora para atender à crescente demanda por conectividade em ambientes de alta densidade, como cidades inteligentes e redes integradas à Internet das Coisas (IoT) (Ghassemlooy *et al.*, 2017). Ainda segundo os autores, o Li-Fi tem a capacidade de integrar-se com a infraestrutura de iluminação existente, possibilitando que lâmpadas LED atuem simultaneamente como fontes de luz e pontos de acesso de dados, oferecendo também oportunidades para aplicações inovadoras, como em redes de transporte, ambientes educacionais e indústrias.

No entanto, Albraheem *et al.* (2018) afirmam que o Li-Fi enfrenta alguns desafios tecnológicos e estruturais que limitam sua adoção em larga escala. Entre esses, destacam-se a necessidade de linha direta de visão entre a fonte de luz e o receptor, bem como a interferência de outras fontes luminosas no ambiente. Esses fatores exigem soluções técnicas adicionais, como sistemas de modulação mais robustos e sensores mais sensíveis.

Apesar das limitações, a tecnologia Li-Fi continua a evoluir com investimentos de empresas especializadas, como PureLiFi e VLNComm, que buscam ampliar suas aplicações comerciais. Essas iniciativas envolvem o desenvolvimento de soluções integradas para geolocalização, conectividade em alta velocidade e sistemas de iluminação adaptativos, tornando a tecnologia mais viável para uso cotidiano em residências, instalações comerciais e indústrias. Como uma alternativa inovadora à comunicação por radiofrequência (RF), o Li-Fi oferece vantagens em velocidade e segurança, atendendo às crescentes demandas de ambientes

urbanos e corporativos, cada vez mais conectados e sensíveis à proteção de dados (Albraheem *et al.*, 2018).

No Brasil, a implementação do Li-Fi ainda se encontra em estágio inicial, exigindo esforços significativos em pesquisa, disseminação de conhecimento e investimentos para sua ampla adoção (Albraheem *et al.*, 2018). A integração entre iluminação e comunicação por meio do Li-Fi desponta como uma alternativa promissora para atender ao crescimento exponencial de dispositivos conectados, oferecendo conectividade mais robusta e segura. Nesse contexto, Medeiros e Sorrentino (2018) destacam que o aumento contínuo da demanda por transmissão de dados sem fio tem imposto desafios significativos às tecnologias tradicionais, como o Wi-Fi, que opera na banda ISM (Industrial, Científica e Médica), entre 900 MHz e 5,8 GHz. A saturação dessa banda, decorrente do expressivo aumento de dispositivos conectados, tem prejudicado a eficiência na transferência de dados, reforçando a necessidade de alternativas tecnológicas capazes de superar tais limitações.

Complementando essa perspectiva, observa-se que o avanço da tecnologia Li-Fi está diretamente relacionado à convergência entre inovação tecnológica, sustentabilidade e conectividade inteligente. Ao utilizar a infraestrutura de iluminação já existente para transmissão de dados, o Li-Fi se posiciona como uma solução ecologicamente eficiente e economicamente viável em médio e longo prazo (Ghassemloo; Wilkinson; Pophof, 2017). Essa característica contribui para sua aplicação estratégica em cidades inteligentes, onde a integração entre iluminação pública e redes de dados pode otimizar serviços urbanos como segurança, mobilidade e gestão energética (Albraheem; Hussain; Farhan, 2018). Além disso, em ambientes internos como hospitais e aviões, a ausência de interferência eletromagnética torna o Li-Fi uma alternativa segura e eficiente frente aos sistemas de radiofrequência, respeitando normas rígidas de segurança técnica (Medeiros; Sorrentino, 2018). Apesar de ainda enfrentar desafios estruturais e de disseminação, o Li-Fi representa uma ruptura promissora nos paradigmas tradicionais de comunicação sem fio, aproximando-se de demandas contemporâneas por velocidade, segurança e conectividade contínua (Haas, 2011; Gil, 2017).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo se baseia principalmente em uma abordagem de revisão bibliográfica de materiais já publicados sobre a tecnologia Li-Fi e suas aplicações em comparação ao Wi-Fi. Segundo Gil (2017), a pesquisa bibliográfica é uma técnica fundamental para reunir

informações existentes e realizar novas interpretações sobre um tema. Dentre as fontes, foram consultados livros, artigos científicos e publicações acadêmicas disponíveis em fontes confiáveis e com no máximo 10 anos de sua respectiva publicação. De forma qualitativa, foram selecionados os documentos e filtrados através das palavras chaves “Li-Fi”, “Comunicação por luz visível” e “Comunicações sem fio”, visando proporcionar uma visão abrangente sobre o contexto, as vantagens e os desafios da implementação do Li-Fi.

Caracteriza-se a presente pesquisa por utilizar fontes teóricas já consolidadas, possibilitando a compreensão aprofundada do tema investigado, uma vez que, de acordo com Marconi e Lakatos (2010), essa abordagem permite a identificação, análise e síntese de dados relevantes, fundamentando teoricamente as discussões e conclusões do estudo, sempre com o foco qualitativo do material selecionado. Sendo assim, o acesso às informações com base sólida pode contribuir com novos questionamentos a respeito das tecnologias Li-Fi e Wi-Fi.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tecnologia Wi-Fi, amplamente utilizada em dispositivos como smartphones, tablets e notebooks, enfrenta desafios crescentes em locais onde o uso de radiofrequência (RF) é restrito por questões de segurança ou apresenta limitações devido à saturação do espectro. Atualmente, o Li-Fi está em fase de expansão, sendo objeto de crescente interesse em pesquisas e aplicações experimentais ao redor do mundo. Segundo Haas (2011), o Li-Fi já demonstrou seu potencial em aplicações específicas, como em hospitais, onde garante conectividade segura sem afetar equipamentos médicos sensíveis, e em aeronaves, proporcionando conectividade aos passageiros sem interferir nos sistemas de navegação e comunicação. Além disso, Medeiros e Sorrentino (2018) observam que, ao operar no espectro de luz visível, o Li-Fi oferece vantagens como velocidades de transmissão até 100 vezes superiores às do Wi-Fi, sendo ideal para locais de alta densidade de dispositivos conectados.

Na integração com a Internet das Coisas (IoT), o Li-Fi apresenta possibilidades promissoras. Estudos mostram que a tecnologia já está sendo aplicada em setores automotivos para comunicação entre veículos e sistemas de iluminação pública inteligente e em ambientes residenciais para conectar dispositivos domésticos inteligentes (Albraheem *et al.*, 2018). Essa integração não apenas amplia o uso do Li-Fi, mas também contribui para o desenvolvimento de cidades inteligentes, onde a infraestrutura de iluminação pode ser utilizada como rede de dados para monitoramento e controle urbano.

Apesar dessas vantagens, a implementação em larga escala do Li-Fi ainda enfrenta desafios. Conforme apontam Ghassemloooy *et al.* (2017), a tecnologia exige infraestrutura específica, como lâmpadas LED adaptadas com moduladores de sinal e sensores fotodetectores, o que demanda altos investimentos iniciais. No Brasil, esses custos e a necessidade de maior incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico tornam a adoção do Li-Fi mais lenta, limitando seu uso a projetos-piloto e aplicações restritas. Ou seja, como em outras áreas, no Brasil faltam investimentos e estudos.

Ainda assim, avanços têm sido registrados em países que investem em inovação tecnológica. Na França, empresas já estão implementando o Li-Fi em escritórios e salas de aula, promovendo ambientes conectados com alta segurança de dados, maior velocidade de conexão de internet e livre de interferências de radiofrequência. Seu uso em escolas contribui para um ambiente digital mais eficiente, permitindo a conexão de dispositivos sem fio de maneira segura e estável (Ghassemloooy *et al.*, 2017).

Outro país que registrou a utilização do Li-Fi é a Índia, segundo Ghassemloooy *et al.* (2017), a tecnologia tem sido testada em sistemas de transporte público, como trens e ônibus, demonstrando sua capacidade de oferecer conectividade confiável e de alta velocidade mesmo em movimento, o que explora a eficiência do Li-Fi em fornecer internet sem fio em situação desafiadora. Além disso, o país busca soluções inovadoras para melhorar a conectividade em áreas remotas ou de alta densidade populacional, onde o espectro de radiofrequência já está sobrecarregado, o que demonstra a versatilidade do Li-Fi e seu potencial para transformar diferentes setores, desde a educação e o ambiente corporativo até o transporte e a conectividade em locais de difícil acesso.

Dessa forma, o Li-Fi já está consolidando como uma alternativa viável e promissora para substituir ou complementar o Wi-Fi em aplicações específicas, sobretudo em ambientes sensíveis e de alta densidade de dispositivos conectados. Contudo, sua popularização dependerá de avanços tecnológicos e econômicos que permitam sua implementação em larga escala, viabilizando o potencial transformador dessa tecnologia no contexto da conectividade moderna.

A implementação do Li-Fi ainda está em fase inicial no Brasil. Apesar do crescente interesse acadêmico e industrial, a tecnologia enfrenta desafios como a infraestrutura necessária, os custos elevados de desenvolvimento e a baixa disseminação de informações sobre seu funcionamento e potencial (Carvalho; Pereira; Carvalho, 2015). Diferente de países como França e Índia, onde empresas já adotam soluções Li-Fi em escritórios, escolas e transportes

públicos, o Brasil ainda carece de iniciativas robustas para sua adoção em larga escala (Albraheem *et al.*, 2018). Algumas iniciativas pontuais têm explorado seu potencial no país, especialmente em instituições de ensino e centros de pesquisa, que estudam sua viabilidade para aplicações domésticas e corporativas. No entanto, para que a tecnologia ganhe espaço no mercado brasileiro, serão necessários investimentos significativos em pesquisa, desenvolvimento e infraestrutura (Silva *et al.*, 2014).

Sendo assim, o Li-Fi se apresenta como uma solução promissora para os desafios contemporâneos da conectividade sem fio e sua implementação no Brasil dependerá de iniciativas do setor público e privado, que devem fomentar pesquisas e desenvolver parcerias para viabilizar sua adoção em diversas áreas, como educação, saúde e infraestrutura urbana.

Além das vantagens mencionadas, é essencial compreender mais detalhadamente o funcionamento técnico do Li-Fi. A tecnologia baseia-se na modulação da intensidade luminosa emitida por lâmpadas LED, que são ligadas e desligadas em velocidades extremamente altas — imperceptíveis ao olho humano — para transmitir dados em forma de sinais binários. Esse processo é viabilizado por moduladores integrados às lâmpadas e sensores fotodetectores nos dispositivos receptores, que captam essas variações de luz e as convertem novamente em sinais digitais interpretáveis por computadores, smartphones ou tablets (Ghassemloooy; Pohl; Haas, 2020). Essa modulação de alta frequência é responsável pela elevada taxa de transmissão de dados do Li-Fi, que pode alcançar velocidades superiores a 10 Gbps em condições ideais, muito acima das capacidades médias do Wi-Fi convencional.

Apesar da sofisticação e do potencial da tecnologia, um dos principais entraves para sua implementação em larga escala são os custos. A instalação do Li-Fi exige a substituição de lâmpadas comuns por LEDs especiais com capacidade de modulação, além da adaptação dos dispositivos para incluir sensores ópticos compatíveis com o sistema. Segundo Haas e Elgala (2016), essa necessidade de hardware específico implica investimentos consideráveis em infraestrutura, tanto em ambientes públicos quanto privados. Adicionalmente, o sistema requer linha direta de visão entre o transmissor e o receptor, o que pode limitar sua aplicabilidade em espaços com muitas barreiras físicas ou iluminação natural excessiva.

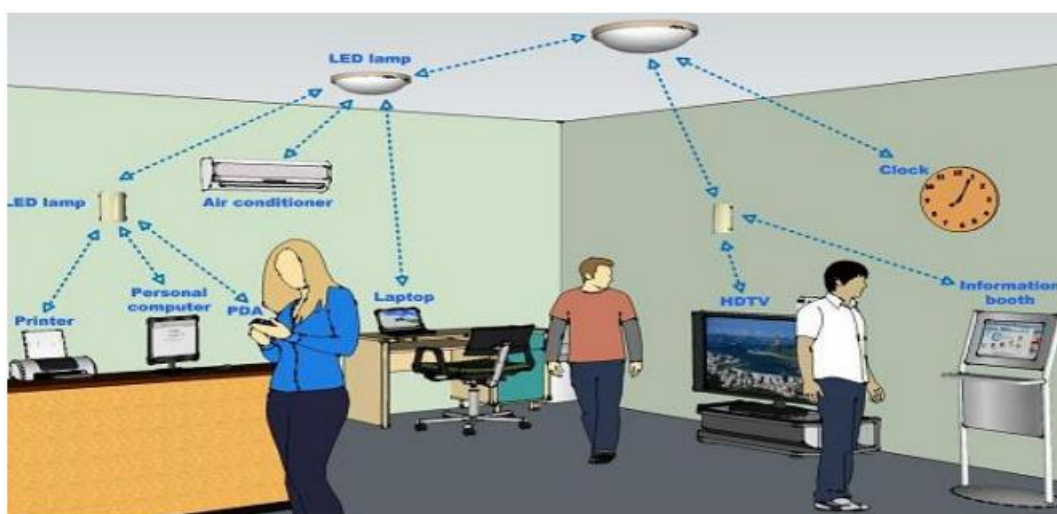
Estudos apontam que, embora o custo inicial de implementação seja elevado, a longo prazo o Li-Fi pode representar economia em termos de eficiência energética e manutenção, principalmente ao integrar as funções de iluminação e transmissão de dados em uma única estrutura (Elgala *et al.*, 2011). No entanto, esse benefício só se torna viável com planejamento

adequado e escalabilidade do sistema, o que ainda depende de maior desenvolvimento tecnológico e padronização do mercado.

A adoção em massa da tecnologia também enfrenta desafios relacionados à padronização e à interoperabilidade entre dispositivos. A ausência de um padrão internacional consolidado para Li-Fi dificulta a compatibilidade entre fabricantes e limita a penetração no mercado, aumentando ainda mais os custos de desenvolvimento e aquisição. Assim, a redução de custos dependerá, em grande parte, de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, da produção em escala de equipamentos compatíveis e da adoção de padrões regulatórios que favoreçam a integração da tecnologia ao cotidiano (Haas; Chen; O'brien, 2018).

Em síntese, o funcionamento do Li-Fi se destaca por sua inovação e eficiência, mas a realidade econômica e técnica atual ainda impõe barreiras à sua ampla adoção. Os custos de instalação e adaptação tecnológica, embora significativos, podem ser compensados em longo prazo com ganhos em desempenho e segurança, especialmente em contextos que exigem soluções robustas e livres de interferência por radiofrequência. Como demonstrado na figura 1

Figura 1: Ambiente com Li-Fi



Fonte: Ali, *et al.* (2015)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo explorou as características, possibilidades e desafios da tecnologia Li-Fi como uma alternativa emergente às limitações do Wi-Fi. Com base na revisão bibliográfica e no panorama atual, foi identificado que o Li-Fi apresenta vantagens significativas em termos de velocidade, segurança e eficiência, destacando-se especialmente em ambientes onde o uso

de radiofrequência (RF) é restrito. Além disso, sua capacidade de operar sem interferir em equipamentos sensíveis e sua integração potencial com a infraestrutura de IoT reforçam sua aplicabilidade em contextos de alta densidade tecnológica.

Na atualidade, o uso do Li-Fi está crescendo, mas ainda de forma limitada e localizada. Países como França e Índia têm investido em projetos-piloto e aplicações práticas da tecnologia, explorando seu potencial em ambientes corporativos, educacionais e de transporte público. Na França, escritórios e escolas já utilizam o Li-Fi para garantir conectividade segura e eficiente. Na Índia, a tecnologia vem sendo testada em sistemas de transporte público, demonstrando sua viabilidade em cenários urbanos. Esses avanços evidenciam o interesse crescente pela tecnologia em mercados globais que priorizam inovação tecnológica (Ghassemloooy *et al.*, 2017; Albraheem *et al.*, 2018).

No Brasil, no entanto, o Li-Fi ainda não está amplamente difundido. Os altos custos iniciais de implementação, a necessidade de infraestrutura específica e a falta de investimentos robustos em pesquisa e desenvolvimento são os principais entraves para sua popularização no país. Apesar disso, há uma tendência crescente de interesse e reconhecimento do potencial transformador do Li-Fi, especialmente em setores como saúde, educação e iluminação pública, que podem se beneficiar diretamente de suas vantagens. Medeiros e Sorrentino (2018) destacam que, com incentivos adequados e parcerias estratégicas, o Brasil pode avançar na adoção do Li-Fi, aproveitando seu potencial para resolver problemas de saturação do Wi-Fi e atender à crescente demanda por conectividade.

Dessa forma, embora o Li-Fi esteja se consolidando em mercados internacionais como uma solução viável e eficiente, sua aplicação no Brasil ainda depende de esforços coordenados entre governo, setor privado e academia. A promoção de mais estudos, discussões e investimentos é crucial para superar os desafios existentes e expandir o uso do Li-Fi, especialmente em setores estratégicos. Ou seja, a tecnologia Li-Fi aparenta ter potencial de não apenas complementar o Wi-Fi, mas também revolucionar a forma como as comunicações sem fio são realizadas, contribuindo significativamente para o desenvolvimento de cidades inteligentes e para a transformação do panorama global das telecomunicações.

REFERÊNCIAS

ALBRAHEEM, A. A.; HUSSAIN, Z. S.; FARHAN, H. M. Li-Fi technology: A brief overview, application and challenges. **International Journal of Computer Science and Mobile**

Computing, v. 7, n. 1, p. 130–137, 2018. Disponível em: <https://ijcsmc.com/docs/papers/January2018/V7I1201803.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2024.

ALI, Raafat *et al.* Overview Li-Fi Technology. Technical Report, Syrian Arab Republic: **Higher Institute for Applied Sciences and Technology**, April 2015. DOI: 10.1145/978-3-319-4400-0099. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/288175446>. Acesso em: 30 jun. 2025

CARVALHO, P.; PEREIRA, J.; CARVALHO, J. Tecnologia Li-Fi: conceito, vantagens e possibilidades de aplicação. **Revista Brasileira de Tecnologia e Inovação**, v. 3, n. 2, p. 45-53, 2015. Disponível em: <https://revistas.uninter.com/revistatecnologia/article/view/1542>. Acesso em: 30 jun. 2025.

ELGALA, H.; MESLEH, R.; HAAS, H. Indoor optical wireless communication: potential and state-of-the-art. **IEEE Communications Magazine**, v. 49, n. 9, p. 56–62, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2011.6011734>. Acesso em: 30 jun. 2025.

GHASSEMLOOY, Z.; POHL, V.; HAAS, H. Visible light communications: theory and applications. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2020.

GHASSEMLOOY, Z.; WILKINSON, A. J.; POPHOF, B. Optical wireless communications: system and channel modelling with MATLAB®. Boca Raton: CRC Press, 2017.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

HAAS, H. TED Global – Wireless data from every light bulb. 2011. Disponível em: https://www.ted.com/talks/harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb. Acesso em: 09 out. 2024.

HAAS, H.; CHEN, C.; O'BRIEN, D. A guide to Li-Fi. *Nature Photonics*, v. 12, p. 82–82, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41566-018-0092-2>. Acesso em: 30 jun. 2025.

HAAS, H.; ELGALA, H. Beam steering and spatial reuse in Li-Fi networks. **Journal of Lightwave Technology**, v. 34, n. 16, p. 3895–3903, 2016.

KOMINE, T.; NAKAGAWA, M. Fundamental analysis for visible-light communication system using LED lights. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 50, n. 1, p. 100–107, 2004.

Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1277847>. Acesso em: 15 nov. 2024.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MEDEIROS, A. N. M.; SORRENTINO, T. A. Comunicação wireless por luz. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2018.

SILVA, T.; VAZ DE MELO, P.; ALMEIDA, J.; LOUREIRO, A. Large scale study of city dynamics and urban social behavior using participatory sensing. **IEEE Wireless Communications**, v. 21, n. 1, p. 42–51, 2014. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/ctd/article/view/9995>. Acesso em: 25 set. 2024.