
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

**EXPLORANDO A CONVERGÊNCIA ENTRE A EVOLUÇÃO DA
INTERNET E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: IMPLICAÇÕES NAS
REDES DE COMPUTADORES**

**EXPLORING THE CONVERGENCE BETWEEN THE EVOLUTION OF
THE INTERNET AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: IMPLICATIONS
FOR COMPUTER NETWORKS**

Edivaldo Pimenta¹
Juliana Cecília de Oliveira²
Adriane Cavichioli³

¹ Aluno do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, da Faculdade de Presidente Prudente.
Email: edivaldo.pimenta@fatec.sp.gov.br

² Aluna do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, da Faculdade de Presidente Prudente.
Email: juliana.oliveira102@fatec.sp.gov.br

³ Professora orientadora Ms. em Ciência da Computação, da Faculdade de Presidente Prudente. E-mail:
adriane.cavichioli@fatec.sp.gov.br

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

Resumo

A evolução da internet (3G, 4G, 5G e perspectivas para 6G) tem impulsionado a Inteligência Artificial (IA), afetando diretamente as redes de computadores. Este estudo tem como objetivo investigar como essa convergência impacta aplicações como veículos independentes, saúde digital e internet das coisas, que dependem de alta velocidade e baixa latência. Foi realizado um levantamento bibliográfico, bem como um levantamento quantitativo, utilizando um questionário aplicado a 150 participantes para avaliar o acesso e as limitações da adoção do 5G no Brasil. Os resultados demonstraram que a popularização do 5G ainda enfrenta barreiras significativas, especialmente em regiões menos urbanizadas. Conclui-se que a evolução das redes de comunicação é essencial para permitir o desenvolvimento completo de tecnologias de IA, mas que desafios técnicos e éticos precisam ser superados.

Palavras-chave: Internet 4G, Internet 5G, Redes de Computadores, Inteligência Artificial, *Edge Computing*

Abstract

The evolution of the internet (3G, 4G, 5G, and prospects for 6G) has driven Artificial Intelligence (AI), directly impacting computer networks. This study aims to investigate how this convergence affects applications such as autonomous vehicles, digital health, and the Internet of Things, which rely on high speed and low latency. A bibliographic survey was carried out, as well as a quantitative survey using a questionnaire applied to 150 participants to assess access to and limitations of 5G adoption in Brazil. The results showed that the popularization of 5G still faces significant barriers, especially in less urbanized regions. It is concluded that the evolution of communication networks is essential to fully enable AI technologies, but technical and ethical challenges must be overcome.

Keywords: 4G Internet, 5G Internet, Computer Networks, Artificial Intelligence, Edge Computing.

1. INTRODUÇÃO

A rápida evolução da internet, desde suas primeiras formas até a era atual do 5G, tem sido acompanhada por avanços significativos na Inteligência Artificial (IA). Segundo Araújo e Barbosa (2019), “a IA se refere à criação de sistemas computacionais capazes de realizar tarefas que normalmente exigiriam inteligência humana, como reconhecimento de padrões, tomada de decisões e aprendizado”. Essa convergência entre a internet 5G e a IA marca um ponto crucial na interseção das tecnologias digitais, redefinindo tanto a conectividade global quanto as capacidades computacionais em tempo real.

Este trabalho tem como objetivo investigar como a evolução das redes de internet (3G, 4G, 5G e perspectivas para 6G) impacta o desenvolvimento e a aplicação da IA, principalmente em setores que exigem alta velocidade e baixa latência, como veículos autônomos, saúde digital e a Internet das Coisas (*IoT*). Para complementar a análise, foi

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

realizada uma pesquisa quantitativa por meio de um questionário aplicado a 150 participantes, visando avaliar o acesso e as limitações da adoção do 5G no Brasil. A pesquisa também analisa os desafios éticos e técnicos relacionados à implementação do 5G em larga escala.

A evolução das gerações de internet trouxe avanços expressivos em velocidade e capacidade de transmissão de dados, mas também novos desafios para as infraestruturas de rede. Ojope (2024) aponta que o 3G e o 4G foram essenciais para o surgimento dos smartphones e a expansão da internet móvel, permitindo conectividade constante. No entanto, a crescente demanda por aplicativos de IA, como explica Silva e Cerqueira (2020), revelou a limitação dessas redes em lidar com o volume crescente de dados e os requisitos de latência.

Com a chegada do 5G, mudanças significativas ocorreram, incluindo maior velocidade, menor latência e a capacidade de conectar simultaneamente muitos dispositivos. Isso tem sido crucial para aplicações de IA, como veículos autônomos e *IoT*, que dependem de respostas rápidas e de uma infraestrutura robusta (Nascimento & Almeida, 2018). Já o 6G, ainda em fase de pesquisa, promete velocidades ainda mais altas e uma conectividade mais ampla, potencializando novas aplicações e ampliando o papel da IA nas redes de computadores.

A Internet 5G, com sua alta velocidade e baixa latência, é fundamental para suportar aplicações avançadas de IA. Segundo Andriulo et al. (2024), o *edge computing* aproxima o processamento de dados da sua fonte de origem, reduzindo a latência e melhorando o desempenho de aplicações em tempo real. Além das inovações técnicas, desafios críticos como privacidade de dados, viés algorítmico e responsabilidade em caso de falhas nos sistemas de IA continuam sendo questões centrais a serem enfrentadas (Souza & Lima, 2017).

Por meio de exemplos concretos e estudos de caso, o artigo demonstra como a convergência entre a Internet 5G e a IA está moldando o futuro digital em diferentes contextos globais, oferecendo uma base sólida para explorar o potencial transformador dessas tecnologias emergentes.

2. CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS DAS GERAÇÕES DE INTERNET: 3G, 4G E 5G

A evolução das gerações de internet tem sido marcada por avanços significativos na

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

velocidade, capacidade de conexão e latência, refletindo as crescentes demandas dos usuários e o surgimento de novas tecnologias. Cada geração trouxe melhorias que não apenas transformaram a conectividade, mas também possibilitaram a implementação de aplicações cada vez mais complexas. Como ressalta Ojope (2024), “a tecnologia de redes móveis evoluiu num período muito curto e atingiu além do que poderia ter sido imaginado quando o conceito foi implantado inicialmente”.

A tecnologia 3G foi lançada no início dos anos 2000 e representou um avanço crucial ao introduzir a internet móvel com velocidades de conexão que variavam de 200 Kbps a 2 Mbps. Isso possibilitou o surgimento de *smartphones* e a popularização de serviços de dados, como e-mail, navegação na web e serviços de mídia. No entanto, à medida que as aplicações começaram a exigir mais largura de banda, a 3G mostrou-se insuficiente para atender à crescente demanda por streaming de vídeo e outras aplicações interativas, como é apontado por Lima de Santana et al. (2024).

A chegada do 4G, com velocidades que alcançam até 100 Mbps em ambientes móveis e 1 Gbps em condições ideais, revolucionou a experiência do usuário ao oferecer uma internet móvel mais rápida e confiável. Essa geração facilitou o desenvolvimento de aplicativos avançados, como streaming de vídeo em alta definição, jogos online e videoconferências. No entanto, mesmo o 4G começou a enfrentar desafios com o aumento exponencial de dispositivos conectados e a demanda por latência mais baixa, conforme evidenciado por Lima de Santana et al. (2024)

A Internet 5G, lançada recentemente, é caracterizada pela alta velocidade de conexão, podendo atingir até 10 Gbps, e por uma latência ultra baixa, inferior a 1 milissegundo. Essa combinação possibilita uma comunicação quase instantânea entre dispositivos, abrindo caminho para aplicações em tempo real como realidade aumentada/virtual, jogos em nuvem e controle remoto de máquinas. O 5G também permite a conexão de até um milhão de dispositivos por quilômetro quadrado, uma capacidade dez vezes superior ao 4G, o que prepara a infraestrutura para atender às crescentes demandas de conectividade no futuro (Ojope, 2024). Já Silva e Cerqueira (2020) ressaltam que essa tecnologia, ao aumentar drasticamente a capacidade de conexões simultâneas, torna-se essencial para a evolução de sistemas interconectados e para a adoção de soluções mais avançadas em diferentes setores.

Além disso, a implementação da Internet 5G se alinha diretamente com as demandas da

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

Inteligência Artificial, que requer o processamento de grandes volumes de dados em tempo real. Aplicações como veículos autônomos exigem processamento instantâneo para a tomada de decisões rápidas, enquanto na saúde digital, a IA pode ser usada para diagnósticos precoces e intervenções críticas em tempo real. A Internet das Coisas (*IoT*) envolve dispositivos conectados que dependem da troca constante de informações para manter a sincronia e a operação eficaz, como discutido por Nascimento & Almeida (2018).

3. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SUAS DEMANDAS EM TEMPO REAL

A convergência entre a Internet 5G e a Inteligência Artificial (IA) está transformando diversos setores, incluindo saúde, mobilidade e comunicações. A seguir, detalhamos alguns exemplos concretos e estudos de caso que ilustram as aplicações e os benefícios dessa combinação.

3.1. Saúde: Telerradiologia e Cirurgias Remotas

A tecnologia 5G possibilita avanços significativos na saúde, especialmente em telerradiologia e cirurgias remotas. O 5G melhora a transmissão de imagens radiológicas em tempo real, permitindo diagnósticos mais rápidos e precisos. A baixa latência do 5G também viabiliza cirurgias remotas, onde especialistas podem operar pacientes a distância com alta precisão. Isso é crucial para regiões remotas, onde o acesso a especialistas é limitado (VX Med, 2023; Mobile Time, 2021).

3.2. Mobilidade: Carros Autônomos e V2X

Os carros autônomos dependem do 5G para processar dados rapidamente e comunicar-se em tempo real com outros veículos e a infraestrutura ao redor. Tecnologias complementares, como LiDAR e câmeras avançadas, são essenciais para a segurança e a eficiência dos veículos autônomos. Embora o 5G ofereça baixa latência e alta velocidade, sua infraestrutura ainda está em desenvolvimento, especialmente em áreas menos urbanizadas (Motor1, 2022; UOL, 2022). A comunicação V2X (veículo-para-tudo) melhora a segurança ao permitir que os carros compartilhem informações sobre suas posições e movimentos, ajudando a evitar acidentes (Mobile Time, 2021).

3.3. Internet das Coisas (*IoT*) e Monitoramento em Tempo Real

A combinação do 5G com a IA impulsiona a Internet das Coisas (*IoT*), especialmente

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

em monitoramento em tempo real. Na saúde, dispositivos *IoT* podem monitorar pacientes continuamente, enviando dados vitais em tempo real para os profissionais de saúde, permitindo intervenções precoces em casos de emergência (Motor1, 2021). Na indústria, sensores conectados via 5G monitoram equipamentos e infraestrutura, prevenindo falhas e otimizando a manutenção, o que reduz custos e aumenta a eficiência operacional (VX Medical Innovation, 2023).

3.4. Desafios e Considerações Éticas

Apesar dos benefícios, a implementação do 5G e IA enfrenta desafios significativos. A infraestrutura necessária para suportar o 5G ainda é limitada em muitas áreas, com custos elevados de instalação e manutenção (Mobile Time, 2021; Motor1, 2021). Além disso, questões de segurança de dados e privacidade são preocupações importantes. A comunicação em tempo real e o processamento de grandes volumes de dados exigem robustas medidas de segurança cibernética para proteger informações sensíveis. O acesso equitativo à tecnologia é uma questão ética crucial, garantindo que os benefícios do 5G e da IA estejam disponíveis para todos, independentemente da localização geográfica ou status socioeconômico (VX Medical Innovation, 2023). Com a incorporação dessas tecnologias, as possibilidades de aplicação do 5G e da IA são vastas, com benefícios significativos para a sociedade, desde a melhoria dos cuidados de saúde até a revolução da mobilidade urbana.

4. DESAFIOS E LIMITAÇÕES DA POPULARIZAÇÃO DO 5G

A implementação da Internet 5G requer uma infraestrutura robusta e abrangente, que inclui tanto *upgrades* significativos em *hardware* quanto em *software*. As redes precisam ser adaptadas para suportar maior largura de banda, menor latência, e uma quantidade massiva de dispositivos conectados simultaneamente. Para mitigar a menor cobertura das frequências mais altas usadas pelo 5G, é necessário instalar um grande número de células pequenas (*small cells*) além das tradicionais torres de celular. Essas pequenas células são instaladas em locais como postes de luz e edifícios para garantir cobertura contínua. Além disso, a tecnologia Massive MIMO (*Multiple Input Multiple Output*), que utiliza uma quantidade massiva de antenas em cada estação base, permite a transmissão de múltiplos feixes de dados simultaneamente, aumentando a capacidade e eficiência da rede.

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

Os equipamentos de rede também precisam de *upgrades*. Novos roteadores e *switches* com maior capacidade de processamento e suporte a alta largura de banda são necessários para lidar com o volume de dados que a 5G irá gerar. A implementação de fibra óptica é crucial para interconectar as estações base e garantir a transmissão rápida de dados entre diferentes partes da rede. Os protocolos de rede precisam ser atualizados para suportar a alta velocidade e baixa latência da 5G. Isso inclui melhorias em protocolos de transporte, como o TCP/IP, e a implementação de novos protocolos específicos para 5G. Além disso, *softwares* avançados de gerenciamento de rede são essenciais para monitorar e otimizar o desempenho da rede 5G, garantindo qualidade de serviço (*QoS*) e priorização de tráfego em tempo real.

As características apresentadas pelo 5G geraram e continuam a gerar grandes expectativas quanto às possibilidades de seu uso (Lima de Santana et al., 2024). *Upgrades* em *hardware* e *software*, o uso de *edge computing*, e a virtualização de funções através de *SDN* (*Software Defined Networking*) e *NFV* (*Network Functions Virtualization*), juntamente com *cloud computing*, são fundamentais para realizar o potencial completo da 5G. Essas tecnologias não só suportam a maior largura de banda e menor latência, mas também garantem a flexibilidade, resiliência e escalabilidade necessárias para atender às demandas futuras de conectividade.

Explorando esses desafios, desenvolvemos uma pesquisa composta por 12 questões intitulada “Pesquisa sobre o Acesso ao 4G e 5G e Suas Aplicações” onde os dados foram coletados por meio de um formulário estruturado criado no *Microsoft Forms*, que facilitou a criação e distribuição do formulário, além de garantir a integridade das respostas com ferramentas automáticas, como restrição de respostas duplicadas e a definição de campos obrigatórios. A distribuição dos formulários foi feita via *Whatsapp* para 150 participantes. A escolha do WhatsApp como meio de distribuição foi baseada em seu alto alcance e na facilidade de acesso para os participantes, especialmente nas áreas com diferentes níveis de conectividade.

O objetivo da pesquisa foi analisar o acesso às tecnologias 4G e 5G no Brasil e avaliar como elas impactam o uso de aplicativos que dependem de conexão móvel, analisando o número de pessoas que tem acesso a mais nova tecnologia, o 5G, e quais os fatores limitantes para quem não tem acesso ainda. Obtivemos 115 respostas dos formulários distribuídos, resultando em uma taxa de retorno de 76,67%.

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

Após o término do período de coleta, as respostas foram exportadas para *Microsoft Excel*, onde foram realizadas análises estatísticas. O tratamento dos dados incluiu a exclusão de respostas inválidas e respostas qualitativas foram categorizadas para viabilizar análises quantitativas. Os cálculos estatísticos incluíram frequências absolutas e relativas para identificar a distribuição de acesso ao 4G e 5G nas regiões participantes e cruzamentos de variáveis para correlacionar fatores limitantes com o acesso à tecnologia. Para visualização, gráficos foram gerados diretamente no *Microsoft Excel* para ilustrar a distribuição por estado e comparar com os dados da Anatel (Gráficos 1 e 2). Para validar os achados, os dados coletados foram comparados às estatísticas oficiais da Anatel e do IBGE. Essa triangulação de informações buscou identificar alinhamentos ou discrepâncias, como a menor cobertura 5G em municípios com menos de 30 mil habitantes. Dentre os respondentes, 70% afirmaram ter acesso ao 4G, enquanto apenas 29% relataram acesso ao 5G. Os dados indicam que as regiões Sul e Sudeste concentram a maior parte dos usuários com acesso ao 5G, alinhando-se com os dados de cobertura por estado fornecidos pela Anatel. A comparação entre o gráfico 1, que apresenta os dados da Anatel, e o gráfico 2, com os resultados da nossa pesquisa, confirma essa distribuição:

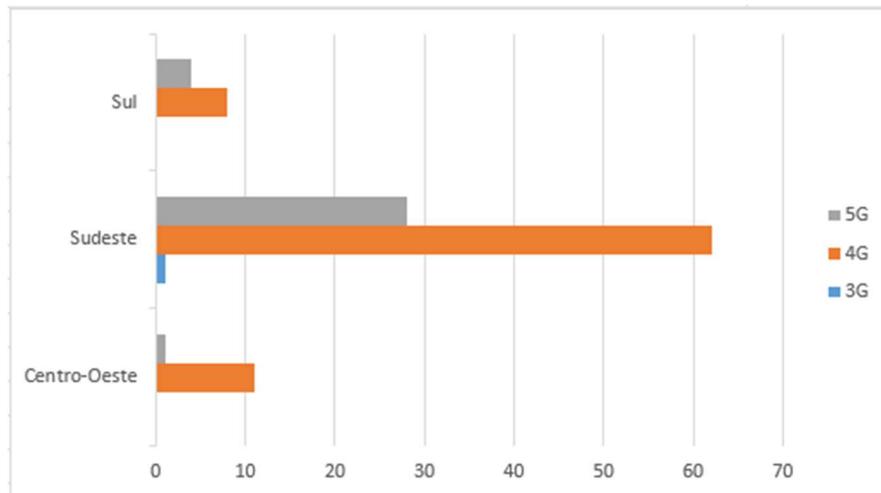
Gráfico 1 – Moradores Cobertos Por Estado



Fonte: Anatel

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

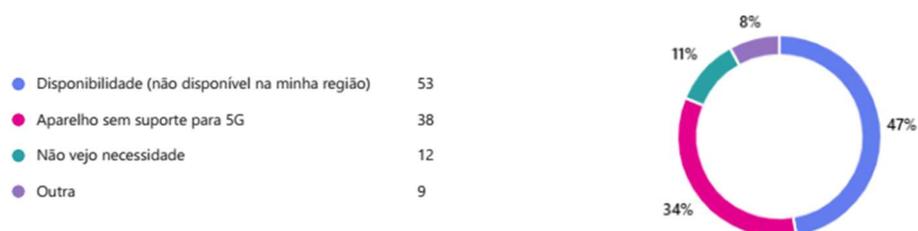
Gráfico 2 – Acesso à internet por estado:



Fonte: Pesquisa sobre o Acesso ao 4G e 5G e Suas Aplicações

No gráfico 1, observa-se que o estado de São Paulo ocupa a terceira posição em cobertura 5G no Brasil, à frente da região Sul, o que é refletido também no gráfico 2. No entanto, a maioria dos formulários foi distribuída na região de Presidente Prudente, que abrange 53 municípios, dos quais 88,68% têm menos de 30 mil habitantes. De acordo com o cronograma de disponibilização da cobertura, essas cidades estão previstas para receber o 5G no último prazo estipulado, o que reflete as dificuldades relatadas pelos respondentes em usufruir dessa tecnologia, conforme ilustrado no gráfico 3 que evidencia os fatores limitantes relatados pelos respondentes para o acesso à tecnologia 5G.

Gráfico 3 – Motivos que impedem de usufruir da tecnologia 5G:



Fonte: Pesquisa sobre o Acesso ao 4G, 5G e Suas Aplicações

De acordo com dados da Anatel, citados pela Teleco (2024), o Brasil encerrou agosto de 2024 com uma densidade de 15,31 celulares 5G para cada 100 habitantes, um dado que se reflete em nossa pesquisa, onde 34% dos entrevistados afirmaram não possuir dispositivos

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

compatíveis com 5G. Além disso, dados do IBGE (2024) indicam que 73,27% dos municípios brasileiros possuem menos de 30 mil habitantes, enquanto 26,73% têm entre 30 mil e 100 mil habitantes. Isso demonstra as dificuldades enfrentadas para a popularização do 5G no Brasil, uma vez que, de acordo com o cronograma, a maioria dos municípios só terá acesso à tecnologia entre 2026 e 2029.

5. EDGE COMPUTING COMO SOLUÇÃO PARA A CONVERGÊNCIA

Com a evolução da internet trazendo atualmente as redes 5G, a demanda por maior velocidade, baixa latência e capacidade de lidar com grandes volumes de dados trouxe à tona o conceito de *edge computing*. Diferente da arquitetura tradicional de processamento centralizado, o *edge computing* descentraliza o processamento, aproximando-o da fonte de geração de dados, o que proporciona várias vantagens importantes para a era da hiperconectividade. Como afirmam Andriulo et al. (2024), “o *edge computing* aproxima o processamento de dados da sua fonte de origem, proporcionando várias vantagens, como a redução da latência e o alívio de congestionamentos nos data centers centrais”

Ao processar dados localmente, essa abordagem reduz drasticamente a latência, permitindo respostas quase em tempo real, fator crítico para aplicações como veículos autônomos, jogos online, realidade aumentada/virtual e diagnósticos médicos remotos. Além disso, a descentralização do processamento alivia os data centers centrais, diminuindo congestionamentos e melhorando a eficiência geral da rede. Isso é especialmente relevante em ambientes como internet das coisas (*IoT*) e cidades inteligentes, onde volumes massivos de dados são gerados continuamente.

A resiliência da rede também é fortalecida com o *edge computing*, uma vez que dispositivos e aplicações podem continuar operando mesmo em casos de falhas ou desconexões temporárias com o núcleo da rede. Em setores como saúde e segurança pública, onde a confiabilidade é imprescindível, essa característica garante que serviços críticos mantenham sua operação.

Tecnologias complementares como a virtualização e a computação em nuvem desempenham um papel essencial na implementação de redes 5G. As Redes Definidas por *Software* (*SDN*) separam o plano de controle do plano de dados, proporcionando maior

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

flexibilidade e controle centralizado sobre a rede, facilitando a gestão de políticas, o gerenciamento de tráfego e a adaptação às demandas em tempo real, como destacado por Lima de Santana et al. (2024). Já a Virtualização de Funções de Rede (*NFV*) permite a virtualização de funções que antes eram realizadas por *hardware* especializado, como *firewalls* e balanceadores de carga. Essa virtualização contribui significativamente para a agilidade e redução de custos operacionais, conforme apontado por Nascimento e Almeida (2018).

A integração entre *cloud computing* e *edge computing* resulta em uma arquitetura híbrida, em que o processamento é distribuído de maneira eficiente. A escalabilidade da nuvem permite que aplicações sejam rapidamente ampliadas para lidar com picos de demanda, enquanto o *Edge* garante a baixa latência e o desempenho necessários para operações sensíveis ao tempo. Um exemplo disso é a utilização dessas tecnologias pela Natura & Co. Como afirma Jorge Stakowiak, Diretor de TI Infraestrutura e Operações de Tecnologia da empresa:

"Hoje temos uma série de aplicações e estruturas em nuvem, e quando falamos em *edge computing*, a temos no lado fabril e no e-commerce. Isso facilitou a digitalização (quando, além dos dados, as estratégias e os processos são digitalizados) e digitalização das nossas revendedoras" (STAKOWIAK apud EMBRATEL, 2023).

Essa convergência tecnológica garante a criação de um ecossistema de redes mais eficiente, escalável e seguro, capaz de sustentar as demandas das futuras gerações de internet e a crescente complexidade das aplicações inteligentes.

6. QUESTÕES ÉTICAS E DE RESPONSABILIDADE

A convergência da Internet 5G e da Inteligência Artificial (IA) promete transformar diversos setores, oferecendo benefícios significativos como maior eficiência, automação e novas oportunidades de inovação. No entanto, essa integração também apresenta desafios consideráveis, incluindo questões de privacidade e segurança de dados, viés algorítmico e responsabilidade em caso de falha dos sistemas de IA. Para entender melhor esses desafios, podemos relacioná-los com as Três Leis da Robótica de Isaac Asimov, que, embora originalmente aplicadas a robôs, podem oferecer um marco ético útil para a implementação de IA na era da 5G.

6.1. Questões de Privacidade e Segurança de Dados

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

A Internet 5G, com sua capacidade de conectar um número massivo de dispositivos e suportar aplicações em tempo real, aumenta exponencialmente a quantidade de dados gerados e transmitidos. Isso inclui dados pessoais sensíveis, dados de localização e informações de saúde, entre outros. A Inteligência Artificial (IA), ao analisar esses dados, pode oferecer serviços personalizados e *insights* valiosos. No entanto, essa capacidade de processamento levanta sérias preocupações sobre privacidade e segurança, uma vez que a comunicação em tempo real e a troca massiva de informações exigem robustas medidas de segurança. Souza e Lima (2017) enfatizam que, para que essas tecnologias sejam implementadas com segurança, é essencial que políticas rigorosas de proteção de dados sejam estabelecidas, incluindo criptografia avançada e governança transparente.

A Primeira Lei de Asimov, que estabelece que "um robô não pode ferir um ser humano ou, por inação, permitir que um ser humano sofra dano" (ASIMOV, 1942, p. X), pode ser aplicada ao contexto de IA e 5G. Os sistemas de IA devem ser projetados para proteger a privacidade dos usuários e garantir a segurança dos dados. A violação da privacidade ou a exposição de dados sensíveis pode ser vista como uma forma de dano aos usuários. Portanto, é essencial que as redes 5G e as aplicações de IA implementem medidas robustas de segurança, como criptografia avançada, e adotem práticas rigorosas de proteção de dados para evitar vazamentos e acessos não autorizados.

6.2. Viés Algorítmico

O viés algorítmico é um problema crítico na IA, onde os modelos de IA podem refletir e até amplificar preconceitos existentes nos dados de treinamento. Isso pode levar a decisões injustas e discriminatórias em áreas como recrutamento, crédito, saúde e justiça. Como Araujo e Barbosa (2019) destacam, "os sistemas de IA devem ser desenvolvidos com atenção ao contexto social e ético, para evitar que decisões automatizadas repliquem ou intensifiquem desigualdades existentes". O viés algorítmico, portanto, exige que os desenvolvedores de IA adotem práticas rigorosas para mitigar esses problemas, como auditorias contínuas e a utilização de dados mais equilibrados e representativos.

A Segunda Lei de Asimov, que afirma que "um robô deve obedecer às ordens dadas por seres humanos, exceto onde tais ordens entrem em conflito com a Primeira Lei" (ASIMOV, 1942, p. X), implica que os sistemas de IA devem operar de acordo com diretrizes

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

éticas estabelecidas pelos humanos, sem prejudicar os indivíduos. Os desenvolvedores de IA têm a responsabilidade de mitigar o viés em seus modelos e garantir que as decisões tomadas por sistemas de IA sejam justas e imparciais. Ferramentas de auditoria e *frameworks* éticos devem ser desenvolvidos e utilizados para detectar e corrigir vieses, garantindo que os sistemas de IA respeitem os direitos e a dignidade de todos os usuários.

6.3. Responsabilidade em Caso de Falha dos Sistemas de IA

Com a crescente dependência de sistemas de IA e a infraestrutura 5G, a falha de tais sistemas pode ter consequências graves. Isso inclui acidentes com veículos autônomos, diagnósticos médicos incorretos ou falhas em sistemas de segurança. Determinar a responsabilidade por essas falhas é um desafio complexo, que envolve questões técnicas, legais e éticas.

A Terceira Lei de Asimov, que estabelece que "um robô deve proteger sua própria existência, desde que tal proteção não entre em conflito com a Primeira ou Segunda Lei" (ASIMOV, 1942, p. X), sugere que os sistemas de IA devem ser projetados para operar de forma segura e confiável, minimizando riscos de falha. Além disso, os sistemas de IA devem ser transparentes e auditáveis, permitindo que seja possível identificar e corrigir erros rapidamente. A responsabilidade pelas falhas deve ser claramente definida, seja dos desenvolvedores, dos operadores ou dos fabricantes, para garantir que haja responsabilidade e medidas corretivas adequadas.

A convergência da Internet 5G e da IA oferece um enorme potencial para inovação e melhoria na qualidade de vida, mas também apresenta desafios significativos que devem ser abordados com seriedade. As leis da robótica de Asimov, embora originalmente concebidas para robôs, fornecem um *framework* ético útil para pensar sobre a responsabilidade, segurança e justiça na implementação de IA. Garantir a privacidade e segurança dos dados, mitigar o viés algorítmico e definir claramente a responsabilidade em caso de falha são passos essenciais para realizar o potencial da 5G e da IA de maneira ética e segura.

7. PERSPECTIVAS FUTURAS

O futuro da convergência entre IA e a evolução das gerações de internet depende de avanços contínuos em ambas as áreas. A dependência da IA das redes de internet pode limitar

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

o seu desenvolvimento, caso a infraestrutura não acompanhe o ritmo das demandas.

Com relação ao 6G, perspectivas futuras indicam um salto significativo em velocidade e capacidade de conexão.

A IA alcançou grandes sucessos em áreas como visão computacional, processamento de linguagem natural e condução autônoma. Essas tarefas exigem intensa capacidade computacional e, em geral, são treinadas, desenvolvidas e implantadas em data centers com servidores dedicados.

Segundo Letaief *at al* (2019),

Com o rápido crescimento dos dispositivos móveis inteligentes e da Internet das Coisas (*IoT*), espera-se que um grande número de aplicações inteligentes seja implementado na borda das redes sem fio em um futuro próximo. Nesse contexto, a rede sem fio 6G será projetada para aproveitar tecnologias avançadas de comunicação sem fio e computação móvel, a fim de dar suporte a aplicativos habilitados para IA em diversos dispositivos móveis de ponta, os quais possuem comunicação, recursos de computação, *hardware* e energia limitados. (Letaief *at al* 2019, p. 5)

Pesquisadores da Universidade de Londres, Inglaterra, atingiram a velocidade de quase 1 Tbps em testes de laboratório com o 6G, conforme estudo publicado no *Journal of Lightwave Technology*. Esta taxa de transferência é aproximadamente 9 mil vezes mais rápida que a média do 5G no Reino Unido.

O experimento alcançou uma velocidade recorde de 928 Gbps, utilizando uma combinação de frequências de 5 a 150 GHz, empregando tecnologias de rádio e óptica simultaneamente. A abordagem inovadora possibilita o uso de mais frequências para aumentar a largura de banda, mantendo alta qualidade de sinal e flexibilidade no acesso aos recursos de frequência. Este método foi descrito pelos pesquisadores como uma solução capaz de criar redes sem fio super-rápidas e confiáveis, eliminando gargalos de velocidade, especialmente em ambientes lotados.

Essa nova tecnologia permite, por exemplo, o *download* de um filme em 4K com duas horas de duração em apenas 0,12 segundos, enquanto no 5G a 100 Mbps o mesmo processo levaria cerca de 19 minutos. Contudo, tais taxas de transferência foram atingidas em condições de laboratório e poderão ser menores em cenários reais, assim como ocorreu com o 5G. A previsão é que o 6G se torne uma realidade por volta de 2030, trazendo inovações em aplicações de alta demanda de dados e conectividade.

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

8. CONCLUSÃO

A convergência entre a Internet 5G e a Inteligência Artificial (IA) representa um marco tecnológico que está remodelando diversos setores da sociedade, impulsionando a transformação digital em áreas como saúde, mobilidade, indústria e telecomunicações. Ao longo deste estudo, foram discutidos os avanços trazidos pelo 5G, suas aplicações práticas em conjunto com IA e os desafios que se apresentam no cenário atual e futuro, como a popularização dessa tecnologia e a implementação de arquiteturas de *edge computing*.

Com o aumento da demanda por processamento em tempo real e a crescente complexidade dos sistemas conectados, a combinação do 5G com IA não só eleva o patamar das capacidades computacionais, mas também desafia a infraestrutura de redes de computadores, exigindo atualizações em *hardware* e *software*, bem como novas soluções de arquitetura, como *edge computing* e virtualização de funções de rede. Esses avanços possibilitam o desenvolvimento de aplicações críticas, como cirurgias remotas, carros autônomos e monitoramento em tempo real, que dependem de latência ultrabaixa e alta confiabilidade.

Entretanto, a adoção em larga escala do 5G e das tecnologias de IA traz consigo considerações éticas e desafios de segurança, especialmente no que se refere à privacidade de dados e ao viés algorítmico. A responsabilidade de garantir a segurança cibernética e o desenvolvimento de modelos justos e imparciais é essencial para a construção de um futuro digital que beneficie a sociedade como um todo. A análise dos dados da pesquisa realizada revela que, no Brasil, a popularização do 5G ainda enfrenta barreiras de infraestrutura e custo, refletindo desigualdades regionais que precisam ser abordadas para que os benefícios dessas tecnologias sejam amplamente acessíveis.

Por fim, à medida que o 6G começa a surgir no horizonte tecnológico, espera-se que essa nova geração de internet ofereça ainda mais oportunidades de integração com IA amplificando as capacidades de automação e conectividade global. No entanto, o sucesso dessa convergência dependerá da superação de desafios relacionados à infraestrutura, já que demandas crescentes por conectividade exigem redes robustas e flexíveis. Este artigo, portanto, contribui para futuras pesquisas que explorem as implicações dessa convergência, tanto nas redes de computadores quanto no desenvolvimento de uma sociedade mais conectada

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

e tecnologicamente avançada, com atenção à governança ética e responsável.

REFERÊNCIAS

ANDRIULO, Francesco Cosimo; FIORE, Marco; MONGIELLO, Marina; TRAVERSA, Emanuele; ZIZZO, Vera. **Edge Computing and Cloud Computing for Internet of Things: A Review**. Informatics, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9709/11/4/71>. Acesso em: 27 out. 2024.

ARAÚJO, M.; BARBOSA, L. **Inteligência Artificial: Avanços, desafios e aplicações no contexto brasileiro**. Revista Brasileira de Computação Aplicada, v. 11, n. 3, p. 45-56, 2019.

EMBRATEL. **4 empresas que usam edge computing e computação em nuvem para escalar negócios**. Proximo Nível Embratel, 2023. Disponível em: <https://proximonivel.embratel.com.br/4-empresas-que-usam-edge-computing-e-computacao-em-nuvem-para-escalar-negocios/>. Acesso em: 21 out. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas de População Residente para os Municípios e para as Unidades da Federação Brasileiras com Data de Referência em 1º de Julho de 2023**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>. Acesso em: 31 out. 2024.

LETAIEF, Khaled B.; CHEN, Wei; SHI, Yuanming; ZHANG, Jun; ZHANG, Ying-Jun Angela. **The roadmap to 6G – AI empowered wireless networks**. 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8808168>. Acesso em: 31 out. 2024.

LIMA DE SANTANA, W.; DOURADO SISNANDO, A.; LEITE RIBEIRO, K.; HEBRAICO CIPRIANO MANIÇOBA, R.; FERREIRA DOS SANTOS, A. **Historicidade da rede 5G (quinta geração): Aplicações e desafios**. Scientia: Revista Científica Multidisciplinar, v. 9, n. 3, p. 76–103, 2024. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/scientia/article/view/20926>. Acesso em: 14 nov. 2024.

MOBILE TIME. **Infraestrutura: o grande desafio para a implementação do 5G no Brasil**. Disponível em: <https://www.mobiletime.com.br/artigos/15/12/2021/infraestrutura-o-grande-desafio-para-a-implementacao-do-5g-no-brasil/>. Acesso em: 13 jun. 2024.

MOTOR1. **Automóveis 5G: tecnologias e desafios no Brasil**. Disponível em: <https://motor1.uol.com.br/news/602536/automoveis-5g-tecnologias-brasil/>. Acesso em: 13 jun. 2024.

NASCIMENTO, G. B.; ALMEIDA, R. C. **A evolução da Internet das Coisas no Brasil e suas implicações para o desenvolvimento tecnológico**. Anais do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, 2018.

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE

OJOPE, Fred Richard Maciel. **Evolução das redes móveis e transição perfeita para 5G.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Tecnologia em Sistemas de Comunicações) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, campus CMDI, Manaus – AM. Disponível em: <http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/handle/4321/1504>. Acesso em: 14 nov. 2024.

OLIVEIRA, F. et al. **Impactos da Internet 5G na saúde digital no Brasil.** Revista Brasileira de Saúde Digital, v. 15, n. 1, p. 30-45, 2021.

SILVA, D. F.; CERQUEIRA, E. **A revolução do 5G no Brasil: Aspectos técnicos e desafios regulatórios.** Revista Brasileira de Telecomunicações, v. 34, n. 2, p. 210-227, 2020.

SOUZA, T. P.; LIMA, R. A. **Desafios éticos e regulatórios da Inteligência Artificial no Brasil.** Cadernos Brasileiros de Informática na Educação, v. 25, n. 2, p. 112-125, 2017.

TECMUNDO. **Recorde: cientistas alcançam quase 1 Tbps de velocidade em teste do 6G.** Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/internet/293960-recorde-cientistas-alcancam-1-tbps-velocidade-teste-6g.htm>. Acesso em: 31 out. 2024.

UOL. **Por que o 5G não é a única opção para viabilizar os carros autônomos.** Disponível em: <https://www.uol.com.br/carros/noticias/redacao/2022/08/03/por-que-o-5g-nao-e-a-unica-opcao-para-viabilizar-os-carros-autonomos.htm>. Acesso em: 13 jun. 2024.

VX MED. **Tecnologia 5G na saúde: o futuro da medicina ao seu alcance.** Disponível em: <https://vx.med.br/tecnologia-5g-na-saude/>. Acesso em: 13 jun. 2024.