

**INSTITUTO FEDERAL**  
Amazonas

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS – IFAM  
TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES**

**FRED RICHARD MACIEL OJOPE**

**EVOLUÇÃO DAS REDES MÓVEIS E TRANSIÇÃO PERFEITA PARA 5G**

**MANAUS - AM**

**2024**

**FRED RICHARD MACIEL OJOPE**

**EVOLUÇÃO DAS REDES MÓVEIS E TRANSIÇÃO PERFEITA PARA 5G**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Tecnologia em Sistemas de Comunicações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, campus CMDI, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações.

Orientador: Prof. Celso Souza Cordeiro

**MANAUS - AM**

**2024**

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

O11e Ojope, Fred Richard Maciel.  
Evolução das redes móveis e transição perfeita para 5G / Fred Richard Maciel Ojope. — Manaus, 2024.  
38f.: il. color.

Monografia (Graduação) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Distrito Industrial, Curso de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, 2024.

Orientador: Prof.º Celso Souza Cordeiro, Esp.

1. Redes móveis. 2. Evolução. 3. 5G. I. Cordeiro, Celso Souza. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 621.382

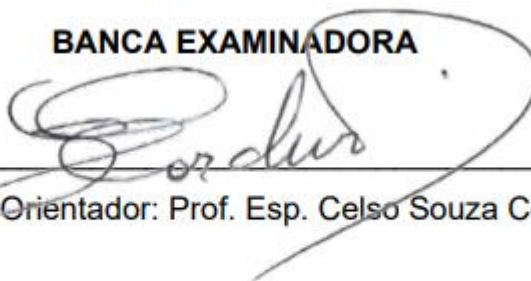
**FRED RICHARD MACIEL OJOPE**

**EVOLUÇÃO DAS REDES MÓVEIS E TRANSIÇÃO PERFEITA PARA 5G**

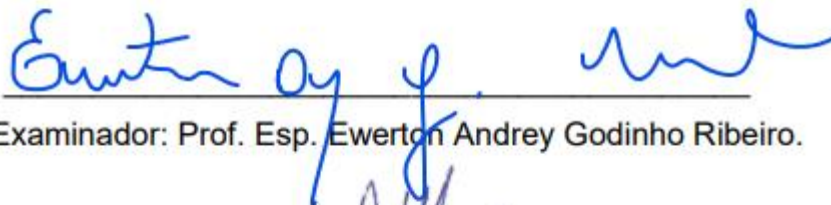
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Tecnologia em Sistemas de Comunicações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, campus CMDI, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 16 / 07 / 2024.

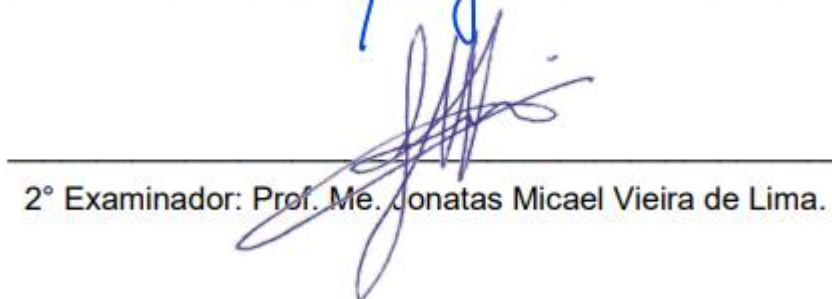
**BANCA EXAMINADORA**



Presidente: Orientador: Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro.



1º Examinador: Prof. Esp. Ewerton Andrey Godinho Ribeiro.



2º Examinador: Prof. Me. Jonatas Micael Vieira de Lima.

Dedico este trabalho à minha família e a minha amada, que tanto me apoiaram, dedico o resultado do esforço realizado ao longo deste percurso.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

Aos meus pais e irmãos e minha namorada, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

“Qualquer tecnologia suficientemente  
avançada é equivalente à mágica”.

Arthur C. Clarke

## RESUMO

O presente trabalho abordará uma visão geral do processo da Evolução das redes móveis e transição perfeita para 5G. Analisa o seu comportamento, as suas mudanças mais importantes, as suas características, as suas perspectivas futuras e os seus efeitos e tendências. O crescimento do mercado de comunicações móveis leva à necessidade de melhorar a velocidade de conexão e a transmissão de dados móveis. Hoje, as redes celulares possuem recursos como acesso à Internet de alta velocidade, segurança, serviços de mensagens multimídia, televisão celular de alta definição ao vivo e videochamadas. A tecnologia atual oferece uma variedade de serviços que antes estavam disponíveis apenas por meio de banda larga fixa. A forma como os utilizadores comunicam, armazenam e organizam a informação está a impulsionar a investigação e o desenvolvimento de novas tecnologias que prometem velocidades de transferência ainda mais elevadas. Cria novos serviços e melhora os já oferecidos.

Palavras-chave: Redes móveis; 5G; evolução.

## **ABSTRACT**

This work will cover an overview of the Evolution of mobile networks and the seamless transition to 5G. It analyzes your behavior, its most important changes, its characteristics, its future perspectives and its effects and trends. The growth of the mobile communications market leads to the need to improve connection speed and mobile data transmission. Today, cellular networks have features such as high-speed Internet access, security, multimedia messaging services, live high-definition cellular television, and video calling. Today's technology offers a variety of services that were previously only available through fixed broadband. The way users communicate, store and organize information is driving research and development of new technologies that promise even higher transfer speeds. Create new services and improve those already offered.

Keywords: Mobile networks; 5G; evolution.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Cronologia da evolução da rede móvel .....	20
Figura 2 – Fatiamento de rede 5G .....	20
Figura 3 – Arquiteturas de rede 5G .....	20
Figura 4 – Modelos de computação em nuvem e computação de borda .....	24
Figura 5 – Cenários de uso de 5G .....	25
Figura 6 – 5G na Agricultura .....	26
Figura 7 – Aplicação de AR.....	28
Figura 8 – Teste de Velocidade em JavaScript .....	35
Figura 9 – Teste de Velocidade em Node.js.....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – WiMAX e LTE .....	8
------------------------------	---

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Kbps	Kilobit
GSM	Global System for Mobile
IoT	Internet of Things
AR	Augmented Reality
VR	Virtual Reality
NSA	Non Standalone
SA	Standalone
RAN	Regional Area Network
Qos	Quality of Service
IA	Inteligência Artificial
API	Application Programming Interface

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>EVOLUÇÃO DAS REDES MÓVEIS</b> .....	<b>15</b>
2.1	Primeira Geração (1G).....	15
2.2	Segunda Geração (2G).....	16
2.3	Terceira Geração (3G).....	17
2.4	Quarta Geração (4G).....	17
2.5	Quinta Geração (5G).....	18
<b>3</b>	<b>PRINCIPAIS RECURSOS DAS REDES 5G</b> .....	<b>20</b>
3.1	Fatiamento de Rede.....	20
3.2	Arquitetura de Rede 5G.....	21
3.2.1	Arquitetura Não Autônoma (NSA).....	21
3.2.2	Arquitetura Autônoma (SA).....	22
3.3	Espectro 5G.....	22
3.3.1	Espectro de Banda Baixa.....	23
3.3.2	Espectro de Banda Média.....	23
3.3.3	Espectro de Banda Alta.....	24
3.4	Computação de borda.....	24
<b>4</b>	<b>IMPACTO NA INDÚSTRIA</b> .....	<b>26</b>
4.1	Indústria Agrícola.....	26
4.2	Veículos Autônomos.....	28
4.3	Indústria da Saúde.....	28
4.4	Automação Industrial.....	29
4.5	Tecnologia AR e VR.....	29
<b>5</b>	<b>POSSÍVEIS RISCOS E DESAFIOS</b> .....	<b>30</b>
5.1	Malware e Ataques Modernos de IoT.....	30
5.2	Alternando entre Redes.....	30
5.3	Desafios de Privacidade.....	30
<b>6</b>	<b>FERRAMENTAS E AMBIENTES DE DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS</b> .....	<b>32</b>
6.1	Tecnologias.....	33
6.1.1	Java Script (JS).....	33

6.1.2	Node.js.....	33
<b>7</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES. ....</b>	<b>35</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>37</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um mundo que antes só se pensava ser possível na ficção científica está prestes a tornar-se realidade. A mundo onde os médicos podem operar pacientes a milhares de quilómetros de distância. Um mundo onde os alunos podem vivenciar cidades antigas e galas distantes, como se estivessem fisicamente lá. Um mundo de carros totalmente autônomos. Um mundo onde cada etapa da cadeia de abastecimento é automatizada. Um mundo onde as fábricas têm um punhado de funcionários supervisionando robôs que cuidam de todo o processo de fabricação. Um mundo de fazendas totalmente autônomas, onde um agricultor pode gerenciar uma fazenda inteira, desde a semente até a colheita, a partir de seu smartphone.

O desenvolvimento, implementação e adoção de redes celulares 5G tornarão este mundo uma possibilidade. As redes 5G impactarão o mundo de inúmeras maneiras. Os modelos de negócio irão mudar, a forma como as pessoas trabalham irá mudar, a forma como os estudantes aprendem irá muda, a forma como os pacientes recebem cuidados de saúde irá mudar, a forma como as pessoas obtêm a sua alimentação irá mudar, a forma como as pessoas conduzem irá mudar. Nesta tese, examino o desenvolvimento, as aplicações, os benefícios e os impactos socioeconómicos da tecnologia 5G, bem como limitações atuais que a indústria enfrenta e formas de abordá-las.

## 2 EVOLUÇÃO DAS REDES MÓVEIS

A evolução da indústria móvel sem fio começou no início de 1970. No entanto, a partir de meados da década de 1990, a indústria de comunicação celular começou a crescer rapidamente.

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. Existem agora 5,03 bilhões de pessoas em todo o mundo que usam a Internet e 180 milhões de novos usuários aderiram apenas nos 12 meses até julho de 2022.

A evolução móvel sem fio progrediu da Primeira Geração para a Quinta Geração e fez avanços impressionantes na capacidade de transporte de dados e latência diminuída. Conforme ilustrado na Figura 1, a importância das redes celulares com as mudanças tecnológicas com a evolução da nova geração de tecnologia.

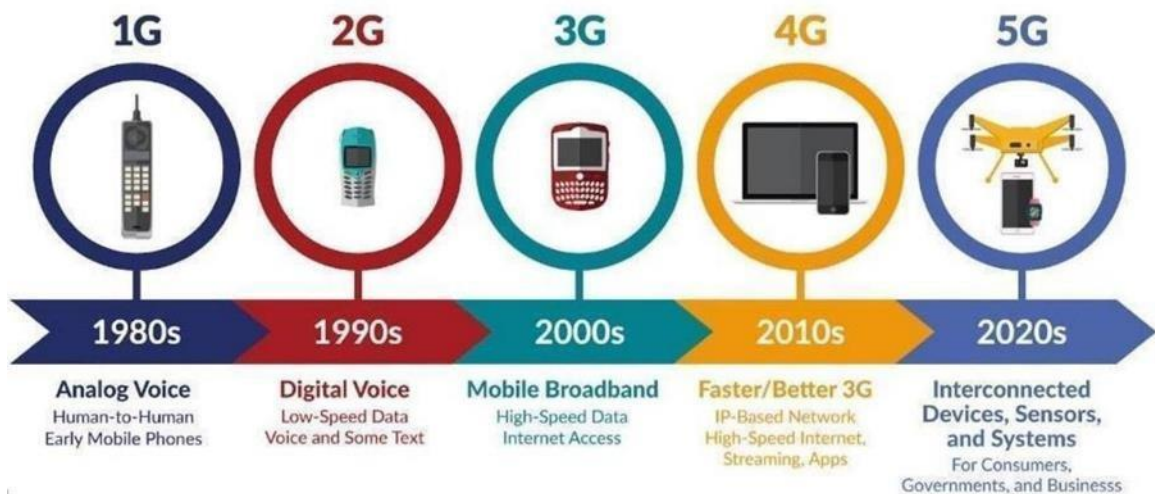


Figura 1 – Cronologia da evolução da rede móvel.

### 2.1 Primeira Geração (1G)

1G é a rede móvel original e foi lançada comercialmente pela NTT em Tóquio em 1979. O objetivo principal do 1G era fornecer chamadas de voz básicas Serviços. Ele usa sinais de rádio analógicos e a voz da chamada é alterada para uma frequência mais alta à medida que é transmitida entre as torres de rádio. Era uma comunicação de rede sem fio com velocidade média de 2,4 Kbps.

No entanto, sendo uma forma muito primitiva de comunicação sem fio, o 1G sofreu de vários inconvenientes. Chamadas não criptografadas eram uma grande preocupação para 1G tecnologia, pois qualquer pessoa com acesso a scanner de rádio poderia participar de uma chamada.

Além disso, má qualidade de som, baixa cobertura, falta de suporte de roaming entre operadores e nenhuma compatibilidade entre sistemas que operavam em diferentes faixas de frequência eram suas deficiências.

## **2.2 Segunda Geração (2G)**

A próxima geração de redes móveis, 2G, foi lançada para superar as deficiências da tecnologia analógica de primeira geração. O desenvolvimento do 2G foi baseado nos sistemas de primeira geração, no entanto, a segunda geração com o sistema digital revolucionou todo o sistema móvel e cobriu a maior parte do planeta.

Com a evolução do 2G variantes de sistemas como GSM TDMA IS-136 CDMA IS-95, PDC e PHS ganharam destaque. No entanto, os sistemas GSM e EGPRS são as tecnologias mais populares. A rede GSM começou comercialmente na década de 1990, embora durante a década de 1980 o trabalho neste sistema tenha iniciado. Em 2007, o sistema GSM tinha mais de três mil milhões de utilizadores ligados a telefonia vocal. A popularidade deste sistema aumentou em pouco tempo e o sistema de mensagens curtas (SMS) desempenhou um papel fundamental nisso. A evolução da tecnologia da geração anterior apresentou muitos serviços fundamentais que ainda hoje são utilizados, como SMS, conferência de chamadas, chamadas em espera e serviços baseados em cobrança. 2G foi introduzido com mais serviços, melhor cobertura e capacidade e melhor qualidade de voz. O 2G também possibilitou o envio de mensagens de texto e ofereceu internet móvel limitada. Todos as mensagens e textos foram criptografados, o que garantiu que apenas o pretendido receptor seria capaz de ler. Ao contrário do 1G, permitia aos usuários enviar voz digital e dados pela rede. Para melhorar a segurança e privacidade das chamadas 2G utilizou Confidencialidade de Dados de Sinalização e Autenticação de Estação Móvel.

### **2.3 Terceira Geração (3G)**

A tecnologia 3G foi introduzida pela primeira vez em 2001 para realizar o sonho de uma economia verdadeiramente global. No entanto, com as enormes melhorias e mudanças, a terceira geração tornou-se muito superior ao seu antecessor. Redes habilitadas para tecnologias 3G permitiram que operadoras oferecessem serviços de dados muito mais avançados, tanto em tempo real quanto não tempo real.

A capacidade melhorada da rede permitiu serviços como fazer videochamadas, bate-papo e teleconferências, mapas de navegação, e-mail, celular jogos, música e filmes pela primeira vez. Outro benefício significativo do uso esta tecnologia é a sua capacidade de permitir aos usuários acesso a funções de voz e dados ao mesmo tempo. A terceira geração da rede suportou uma gama mais ampla de aplicativos com recursos de segurança significativamente maiores e um aumento na transmissão de dados a um custo menor.

No entanto, antes de dar vida ao 3G, as operadoras tiveram que atualizar sua infraestrutura para permitir maior largura de banda. Para a maioria das operadoras foi necessário expandir as capacidades das redes e equipamentos existentes, enquanto outras tiveram que construir uma infraestrutura completamente nova. Todos esses fatores levam à implantação de 3G sendo atrasada às vezes.

### **2.4 Quarta Geração (4G)**

Na quarta geração de uma rede móvel, ocorreu uma mudança notável que forneceu taxas de dados do usuário final significativamente mais altas em comparação com o que era alcançável com os primeiros lançamentos de padrões 3G. A tecnologia móvel 4G pode fornecer transferência de dados em alta velocidade de até 100 Mbps, mesmo quando o servidor ou os dados receptores estão se movendo a uma velocidade de 60 km/h. O objetivo definido para o 4G era fornecer internet rápida, barata e de qualidade com uma conexão segura.

3G pode fornecer Internet com várias tecnologias, no entanto, quando se trata de interoperabilidade entre diferentes redes fica para trás. A quarta geração (4G) é

uma evolução para superar as limitações do 3G e aumenta a largura de banda e reduz o custo dos recursos.

Por outro lado, o 4G pode acessar a Internet mesmo quando se muda de um lugar para outro. A principal vantagem da rede é que ela suporta pacotes comutação e pode transferir facilmente voz e dados para 3G e 2G.

A rede 4G utiliza tecnologias muito populares, como WiMAX e LTE. A tabela a seguir ilustra a diferença entre as duas tecnologias.

Tabela 1 – WiMAX e LTE

Parâmetros	WiMAX	LTE
Taxa de dados máxima	DI 75 Mbps UI:25Mbps	DI:100 Mbps UI:50Mbps
Raio celular	2-7 km	5 km
Eficiência espectral (bits/s/Hz)	3,75	5
Mobilidade	120km/h	350km/h

Tabela 1 – WiMAX e LTE.

## 2.5 Quinta Geração (5G)

5G é a última geração de rede celular comercial e foi lançada no início de 2019.

A comunicação sem fio 5G oferece grande velocidade e menor latência e melhora significativa na capacidade de conectar muito mais dispositivos simultaneamente. Com o enorme aumento nas velocidades de conectividade, com isso, espera-se que o ecossistema IoT seja liberado. Com a quantidade de bilhões de dispositivos que estarão conectados, as operadoras terão o desafio de balancear velocidade, latência e custo.

Da história da evolução das redes móveis, cada geração de a tecnologia de comunicação está evoluindo com base na geração anterior de redes. No entanto, o 5G não é uma simples adição de 4G+1G, traz uma nova revolução na transmissão de dados que fornece taxas de dados de gigabit por segundo a qualquer momento. A forte conectividade e a eficiência aprimorada do 5G abrirão novas oportunidades como inteligência artificial, IoT massiva, computação em nuvem e computação de ponta nos campos da sociedade econômica. As redes 5G podem transportar tais serviços de banda larga móvel de alto tráfego que darão início a novas tecnologias imersivas

experiências como VR e AR, vídeo de ultra-alta definição e melhor conexão Internet das Coisas em larga escala e permitir serviços que podem transformar inteligência manufatura, condução autônoma e outras indústrias.

O desenvolvimento do 5G ainda é contínuo e a expansão do 5G continua a evoluir. Apesar de vários obstáculos, como a pandemia global, o 5G continuou a crescer. A rede celular 5G é gradualmente implantada em vários países e muitos outros países estão a participar nesta revolução global. No entanto, as duas economias do mundo, os Estados Unidos e a China, estão na vanguarda com as cidades com mais 5G. Só no ano de 2021 foram adicionadas 635 novas cidades 5G quase a uma taxa de dois por dia.

### **3 PRINCIPAIS RECURSOS DAS REDES 5G**

A tecnologia 5G representa a solução de próxima geração mais promissora para atender a demanda do mercado. Suas capacidades extraordinárias incluem recursos móveis aprimorados com largura de banda com latência muito baixa. Ele foi projetado com uma extensão capacidade que é quatrocentas vezes mais rápida largura de banda do que 4G sem fio redes. O 5G expandirá o ecossistema móvel e fornecerá bilhões de conexões com altas velocidades, confiabilidade superior e latência insignificante.

Alguns dos principais aspectos da tecnologia 5G são discutidos nas seções a seguir.

#### **3.1 Fatiamento de Rede**

O fatiamento de rede é introduzido com a chegada do 5G. Ele permite um ambiente físico compartilhado e a rede seja dividida em múltiplas redes virtuais. O fatiamento da rede pode ser definido como configuração de rede que permite a implantação de múltiplas redes lógicas na mesma infraestrutura física para separar o tráfego. O fatiamento de rede é um componente essencial do 5G para atender uma ampla gama de serviços com variadas requisitos de desempenho.

Com base nas necessidades específicas dos clientes e nos seus casos de uso, uma fatia ou parte da rede pode ser alocada. Por exemplo, uma fatia de rede para a comunicação veículo-veículo pode ser alocada para atender à alta confiabilidade e requisitos de baixa latência. Da mesma forma, uma rede dedicada pode ser alocada para fins empresariais ou de serviço.

A aplicação de fatiamento de rede e casos de uso em vários setores e empresas são mostradas na Figura 2.

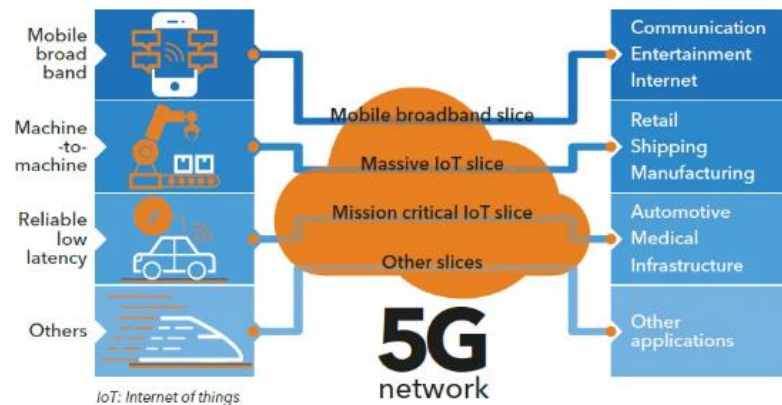


Figura 2 – Fatiamento de rede 5G.

### 3.2 Arquitetura de Rede 5G

A arquitetura de rede se subdivide em 2 categorias, a rede 5G Non-Standalone ou NSA e rede 5G Standalone ou SA. Ilustrado na figura 3.

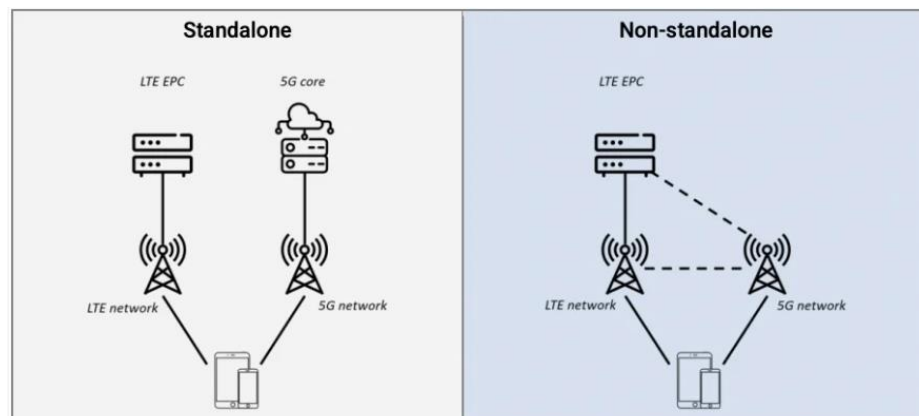


Figura 3 – Arquiteturas de rede 5G.

#### 3.2.1 Arquitetura Não Autônoma (NSA)

Na solução 5G não autônoma, o provedor de serviços pode aproveitar os recursos existentes das centrais de infraestrutura 4G LTE para gerenciar o plano de controle e o tráfego de sinal.

A rede RAN 5G pode ser implementada sobre a infraestrutura 4G existente usando dual conectividade. Esta rede depende de estações com base em 4G e 5G.

A implantação inicial de 5G é dominada pela NSA e é a primeira escolha para muitas operadoras, especialmente para as despreparadas para investimentos iniciais pesados e que não podem arcar com os custos durante a transição para redes 5G.

No entanto, o NSA 5G apresenta algumas desvantagens. Embora reduza o tempo inicial e custos de implantação, fica atrás do SA 5G em certas áreas. A NSA exige enormes consumo de energia, pois usa duas tecnologias celulares diferentes. Além disso, carece de baixa latência, que é uma função 5G essencial.

### 3.2.2 Arquitetura autônoma (SA)

O 5G Standalone consiste em uma arquitetura central totalmente nova, separada das redes 4G existentes e legadas e não depende de redes 4G de forma alguma. O 5G SA é uma rede virtualizada totalmente nova, projetada para ser mais eficiente que a NSA e pode fornecer serviços 5G essenciais. Ao contrário da NSA, a SA rede pode executar funções importantes do 5G, como melhorar a latência, centralizar e controlar funções de gerenciamento de rede.

Por outro lado, o 5G SA é muito caro de implementar e demorado para que os profissionais às vezes aprendam e entendam a infraestrutura.

A rede SA apresenta velocidades altíssimas na casa de gigabits por segundo, além de oferecer uma latência mínima na casa de menos de 10 milissegundos.

## 3.3 Espectro 5G

Espectro são as frequências de rádio alocadas à indústria móvel para comunicação e usado para transportar informações sem fio. O espectro define a capacidade e a cobertura que a rede móvel pode fornecer. As redes 5G NR são projetado para operar em uma ampla faixa de frequências e lidar com dados móveis taxas na faixa de alguns kbps até vários Gbps. 5G é a primeira rede celular padrão de comunicação que pode atingir suas maiores velocidades por meio de operações em bandas de ondas milimétricas. 5G pode utilizar efetivamente o espectro existente usado por tecnologias móveis legadas, bem como as novas faixas de frequência

identificadas para uso celular. Dependendo dos casos de uso do 5G, diferentes faixas de frequência de espectro são usados para comunicação sem fio. Um bom equilíbrio e combinação de espectro de banda baixa, banda média e banda alta pode alcançar bons desempenho.

O 5G usa uma combinação de bandas de frequência para operar dependendo dos casos de uso. O espectro em que operam os serviços 5G é dividido em três faixas distintas.

### 3.3.1 Espectro de banda baixa

O espectro de banda baixa é inferior a 1 GHz com largura de banda de canal de 20 MHz. O espectro de banda baixa é essencial para fornecer cobertura para áreas amplas e profundas. penetração interna com interrupção mínima do sinal. Bandas baixas são muito confiáveis em redes de área ampla e pode ser utilizado para comunicações críticas.

A maioria das redes sem fio em operação atualmente é construída em banda baixa espectro.

### 3.3.2 Espectro de banda média

A banda média usa a porção de 1 a 7 GHz do espectro 5G com um canal largura de banda de 50 a 100 MHz. A banda média oferece redes de grande capacidade, alta taxa de dados e baixa latência. O espectro de banda média pode oferecer capacidade de velocidade mais alta em comparação com a banda baixa e oferece melhor cobertura interna e de área ampla em comparação com o espectro de banda alta. Portanto, o espectro de banda média é muito adequado para vilas, pequenas cidades e áreas suburbanas. Devido à sua flexibilidade e disponibilidade para uso privado do espectro, também é mais popular entre as empresas.

### 3.3.3 Espectro de banda alta

O espectro 5G de banda alta viaja nas frequências de ondas milimétricas acima 24 GHz. As velocidades na banda alta são as mais rápidas com capacidade ultra grande.

Cidades altamente densas usam a banda alta para permitir alto rendimento e baixo serviços de latência. Devido às características de propagação em ondas de frequências milimétricas, o alcance é limitado e muito desafiador para fornecer uma ampla área de cobertura.

## 3.4 Computação de Borda

Em telecomunicações também é conhecida como ou Mobile Edge Computing (MEC) é uma tecnologia emergente que aborda a limitação de sistemas centralizados e fornece recursos de rede próximos a usuários finais. A computação de borda aproxima o processamento de dados de onde os dados estão sendo consumidos e gerados. Os dados não precisam percorrer uma longa distância, o que permite que o modelo operacional permaneça eficiente, bem como escalável e sustentável.

Na computação em nuvem tradicional, que é um sistema centralizado, os dados devem viajar ida e volta. Ele viaja do local de origem até um nó central para processamento e depois retorna ao local onde foi gerado inicialmente. Este processo envolve uma enorme quantidade de informações que consome muita largura de banda e afeta enormemente o desempenho. O modelo tradicional de computação em nuvem não é adequado para aplicações altamente interativas que exigem alta taxa de computação e têm altos requisitos de qualidade de serviços QoS. Isto ocorre porque as nuvens podem estar localizadas longe dos dispositivos. Isso também aumenta o consumo de energia.

Em contraste, o sistema distribuído com nós intermediários pode se beneficiar de processar as solicitações separadamente e reduzirá a carga de trabalho de dados centrais. Os servidores de borda na mini nuvem têm os recursos de uma nuvem, mas em uma escala diferente e estão localizados localmente em vez de data centers remotos que pode estar longe dos dispositivos. A computação de borda adota o

sistema descentralizado. Modelo e aproxima os recursos de computação em nuvem dos dispositivos para reduzir a latência.

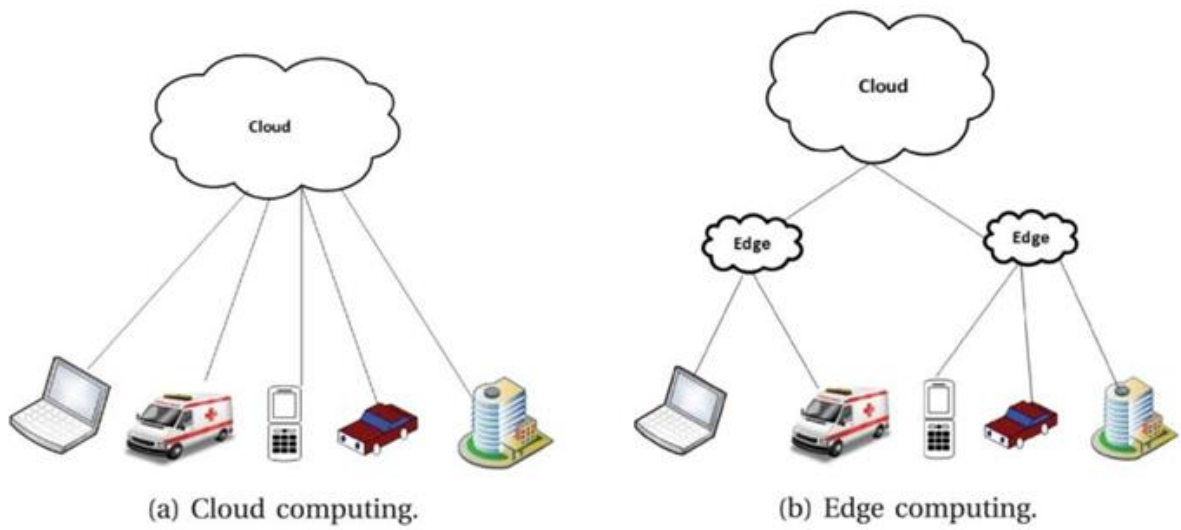


Figura 4 – Modelos de computação em nuvem e computação de borda

## 4 IMPACTO NA INDÚSTRIA

A chegada do 5G criará enormes oportunidades em vários setores. Um de O aspecto interessante do 5G é o seu impacto na Internet das Coisas.

A Figura 5 ilustra os casos de uso do 5G que vão muito além dos smartphones.



Figura 5 – Cenários de uso de 5G.

Algumas das indústrias onde o 5G tem um impacto enorme são discutidas no seções seguintes.

### 4.1 Indústria Agrícola

A agricultura é vital para a sobrevivência da raça humana. Apesar do progresso e avanço da tecnologia e seu impacto em vários campos, a agricultura ainda é extremamente dependente do trabalho manual. Na agricultura as técnicas tradicionais consomem recursos naturais desnecessariamente.

Para melhorar a eficácia das práticas agrícolas, a inovação em toda a agricultura será necessária. Com o advento das tecnologias 5G e a aceleração da transformação digital em todos os setores substituirá as técnicas tradicionais.

A procura de alimentos aumenta dia a dia, enquanto os recursos naturais estão diminuindo. As alterações climáticas, o aumento da temperatura global e o aumento

das pragas e a infestação de ervas daninhas apenas contribui para a redução do rendimento das colheitas. Além disso, o desperdício alimentar é um problema significativo, com apenas uma quantidade muito menor de alimentos produzidos chegando consumidores.

A agricultura de precisão habilitada para 5G desempenha um papel fundamental na produção agrícola. Aproveitando a velocidade de internet 5G significativamente mais rápida, aprendizado de máquina e inteligência artificial (IA) e comunicação quase em tempo real entre dispositivos e o a nuvem abrirá uma ampla gama de tecnologias aprimoradas para os agricultores.

A tecnologia na agricultura pode ter um impacto enorme e potencialmente trazer uma revolução na agricultura. A automação de tarefas repetitivas e trabalhosas possibilitada pelas tecnologias 5G oferecem oportunidades para os agricultores operarem com grande precisão e menos desperdício. As condições de campo podem ser monitoradas com precisão através de uma grande rede de sensores de coleta de dados. Da mesma forma, o uso de drones de IA pode ser usado para digitalizar e aplicar pesticidas em plantações e ervas daninhas com precisão.

A figura 6 ilustra o conceito de agricultura inteligente e o uso de tecnologia na agricultura pode ajudar a reduzir o trabalho



Figura 6 – 5G na Agricultura.

## 4.2 Veículos Autônomos

Há alguns anos, os veículos autônomos eram apenas uma visão de uma ficção científica filme. No entanto, hoje muitas montadoras já começaram a implantar funções de direção automática em carros. 5G terá um grande impacto nos carros autônomos desenvolvimento e executá-lo perfeitamente. Para a condução autônoma, uma enorme quantidade de os dados precisa ser transferida entre veículos e muitos outros dispositivos simultaneamente. Será possível com redes 5G, pois reduzirá drasticamente a latência e os veículos podem responder 10-100 vezes mais rápido do que as redes atuais.

O 5G permite o controle de um carro a partir de um local remoto por um dispositivo externo operador. Isto não seria imaginável sem o tempo de resposta muito curto que a rede 5G traz. Por outro lado, quando se trata de receber um sinal e dirigir carros autônomos, mesmo uma pequena diferença pode significar vida ou morte. Se tomarmos o exemplo de um carro evitando um acidente para comparar 4G e 5G latência. Um carro viajaria cerca de 1,2 metros com o atual 4G e a latência em torno de 100 milissegundos. No entanto, com a latência 5G de cerca de 10 milissegundos, o veículo teria percorrido apenas 12 centímetros.

## 4.3 Indústria da Saúde

A indústria da saúde já depende enormemente da Internet. Com a população global aumentando rapidamente, os sistemas de saúde em todo o mundo estão sob intensa pressão para gerir os recursos limitados atualmente disponíveis. 5G permitirá médicos qualificados para trabalhar remotamente e fornecer os cuidados básicos necessários com a ajuda de robótica inteligente. Também permitirá o uso eficiente dos recursos disponíveis e de forma independente onde quer que as pessoas estejam.

O outro caso de uso do 5G está no mundo cirúrgico. Mesmo estando localizado centenas quilômetros de distância dos pacientes, com a latência, rendimento e confiabilidade entre robôs sem fio, um cirurgião localizado remotamente pode realizar a cirurgia com o mesmo sentido do tato enquanto substitui as mãos do médico por sondas robóticas.

#### 4.4 Automação Industrial

A principal vantagem do 5G na automação industrial é a substituição de todos os dispositivos cabeados tecnologia com tecnologia sem fio mais eficiente e com redução de custos. Há já há muita robótica sincronizada em funcionamento nas fábricas e na cadeia de fornecimento formulários.

A introdução do 5G com alto rendimento, baixa latência e extrema confiabilidade fornecerá o serviço de alta qualidade necessário para fábricas inteligentes. Adicionalmente, O 5G acabará por manter a segurança funcional entre pessoas, máquinas e o ambiente.

#### 4.5 Tecnologia AR e VR

A tecnologia AR e VR pode ser usada em vários setores. A adição do 5G irá espalhar ainda mais os casos de uso de AR e VR. Um dos principais setores fabricação. A capacidade de demonstrar as partes físicas que seriam difíceis de ver a olho nu ou não seguro para tocar teve um grande impacto esta indústria. Além disso, um protótipo virtual pode ser desenvolvido previamente em vez de desperdiçar inúmeras horas e dinheiro em protótipos físicos.

A Figura 7 abaixo ilustra uma aplicação de realidade aumentada (AR).



Figura 7 – Aplicação de AR.

## **5 POSSÍVEIS RISCOS E DESAFIOS**

Embora o 5G tenha potencial para gerar muitas oportunidades de crescimento, também introduz riscos significativos ao mesmo tempo. 5G é um ecossistema com uma mistura de infraestrutura virtual e física. 5G é uma tecnologia dependente de software e devido à sua natureza, é mais vulnerável que as telecomunicações 3G ou 4G sistemas. As questões de segurança são uma grande preocupação para o 5G.

### **5.1 Malware e Ataques Modernos de IoT**

O 5G permitirá cidades inteligentes e carros autônomos. A infraestrutura crítica como bem como indústrias como a energia e a saúde, dependerão em grande parte a tecnologia 5G. Por exemplo, o resultado de uma interferência ou de um corte no A rede 5G que permite esses serviços críticos pode ser catastrófica. Da mesma forma, uma violação de segurança nos sistemas de fornecimento de energia online pode ser desastrosa para as pessoas na sociedade que dependem de sistemas elétricos e eletrônicos.

### **5.2 Alternando entre Redes**

Outro risco vem do próprio projeto arquitetônico 5G. 5G é projetado em uma maneira que conexões 4G ou 3G são permitidas quando um 5G confiável não é disponível. Portanto, quando o 5G é transferido para 4G ou 3G, ele fica exposto a as vulnerabilidades do protocolo das gerações anteriores.

### **5.3 Desafios de Privacidade**

A rede de Quinta Geração deve proteger a privacidade dos seus utilizadores e confidencialidade. Do ponto de vista do usuário, a preocupação surge com a localização rastreamento, identidade e outros dados pessoais. A rede 5G requer

muitas antenas e estações base tenham ampla cobertura em contraste com a rede 4G que pode fornecer o sinal mesmo com uma única torre de celular. Como consequência, informações valiosas sobre a localização do usuário podem ser reveladas com o conhecimento de uma torre de celular ou antena com a qual um usuário móvel se comunica.

A localização de um usuário com a precisão do edifício exato pode ser determinada com as antenas 5G.

Por outro lado, a coleta de dados é outra grande preocupação. Modernos aplicativos coletam informações pessoais dos usuários e os usuários finais não estão cientes onde seus dados são armazenados e para que finalidade estão sendo usados. 5G usa nuvem de armazenamento baseada em dados, o que torna tudo ainda mais difícil, pois os operadores não têm controle sobre os dados armazenados no ambiente de nuvem.

## 6 FERRAMENTAS E AMBIENTES DE DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS

Para examinar e compreender em profundidade a tecnologia mais recente, um aplicativo móvel o desenvolvimento foi planejado. A aplicação a ser construída tem como objetivo fornecer ao usuário aplicação amigável e conveniente que deve ser capaz de medir a velocidade da largura de banda da rede em diferentes gerações de tecnologia de rede móvel.

Além disso, o aplicativo deve diferenciar a velocidade de download e upload da rede. Enquanto isso, um usuário convidado sem qualquer exigência de credencial deverá ser capaz de realizar o teste. A partir do feedback de alguns usuários durante o desenvolvimento de aplicativos, alguns recursos mínimos do aplicativo são esperados:

- O usuário deverá ser capaz de testar a velocidade da rede.
- A aplicação deverá ser capaz de realizar testes em qualquer tipo de rede.
- O usuário deve ser capaz de diferenciar claramente entre a velocidade de download e upload da rede.
- Uma representação visual da medição de velocidade com medidor de velocidade deverá ser apresentada na aplicação.
- Os registros dos testes anteriores deverão ser apresentados em tela separada.
- O usuário deve poder usar o aplicativo como usuário convidado sem a necessidade de inscrição.

Após cuidadosa consideração e pesquisa, diversas tecnologias diferentes foram selecionadas para atender ao requisito de desenvolvimento de aplicativos móveis. Essa seção revisará as tecnologias de desenvolvimento e configuração ambiental necessário para implementar o teste e o desenvolvimento do aplicativo.

## 6.1 Tecnologias

Para atender aos diversos requisitos da aplicação, o autor teve que decidir entre um aplicativo móvel e um site. Tomando a popularidade e o conveniente Em consideração o uso, o aplicativo móvel foi preferido ao website.

Existem diversas maneiras de construir um aplicativo para dispositivos móveis. Um muito a escolha popular entre os desenvolvedores é React Native. Aplicativos em React podem operar em plataformas iOS e Android sem a necessidade comprometer a qualidade e a funcionalidade. React nativo é baseado em JavaScript, além disso, oferece várias bibliotecas de componentes em código aberto pré-construídas. Com base nos requisitos necessários, JavaScript se destaca como a primeira escolha. Para uma interface de usuário suave e responsiva, enquanto aproveita ao máximo as habilidades de JavaScript, o React Native se demonstra como opção. As tecnologias utilizadas para o desenvolvimento de aplicativos móveis são discutidas abaixo.

### 6.1.1 Java Script (JS)

JavaScript, que também é frequentemente abreviado como JS, é uma programação leve linguagem mais conhecida pelo desenvolvimento de aplicativos baseados na Web. PHP típico, Servidores baseados em Java seguem um modelo onde novas solicitações são tratadas em um processo separado ou até mesmo em um novo processo. O JavaScript é uma linguagem de programação que executa um processo inteiro, começando a terminando sem interrupção por linhas de código lidas. Suporta orientação a objetos e estilos de programação funcional.

### 6.1.2 Node.js

Node.js é um ambiente de execução JavaScript de back-end de código aberto. Ele atua em várias plataformas, como Windows, Linux, MacOS etc. Node.js permite o desenvolvimento de servidores Web e ferramentas de rede usando JavaScript. Node.js não é utilizado apenas para escrever JavaScript no lado do servidor, também

pode ser usado para criar ferramentas de linha de comando, bem como aplicativos executados localmente. É mais adequado para desenvolvimento de aplicações que devem lidar com conexões e cada solicitação recebida requer muito poucas CPUs.

Node.js é um ambiente de execução construído sobre o mecanismo V8 do Google. Ele fornece nos com contexto para escrever código JavaScript. Assim como o JavaScript, no Node.js as solicitações também são executadas no mesmo encadeamento com recursos compartilhados.

Node.js faz processamento assíncrono em um único processo para fornecer mais desempenho e escalabilidade.

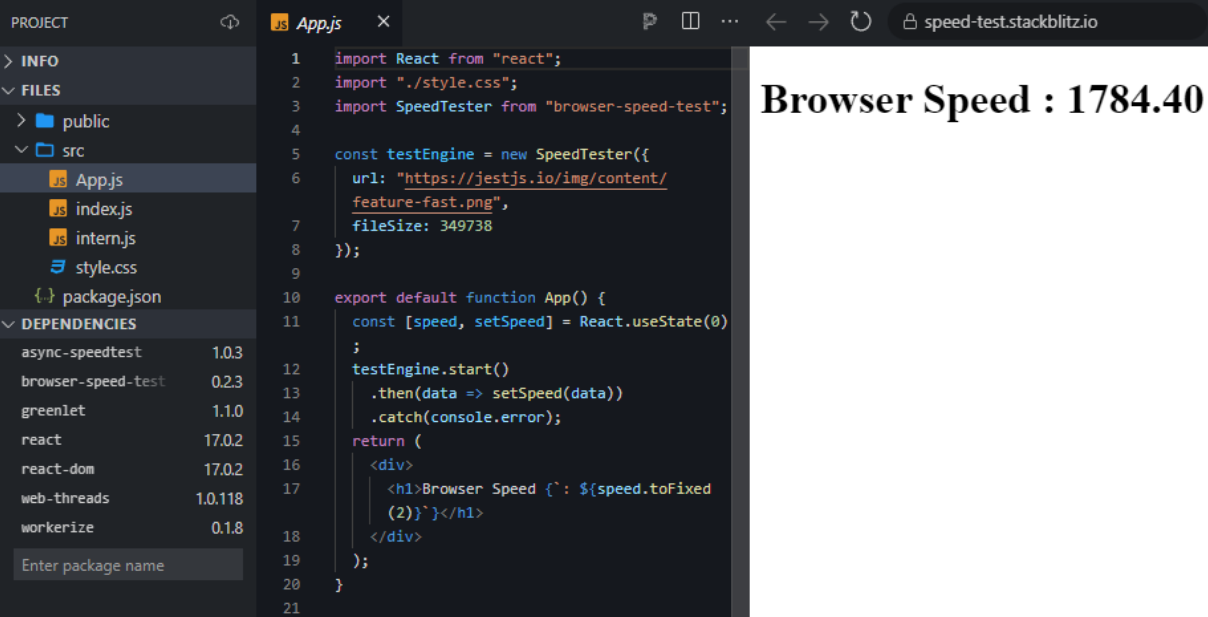
## 7 RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Como exemplificação, um aplicativo móvel de teste de velocidade foi desenvolvido como demonstrado nas figuras 8 e 9. O aplicativo pode ser construído utilizando tecnologias modernas e poderosas incluindo JavaScript, React, React Native. O aplicativo atende aos requisitos mínimos viáveis do produto listados acima. A principal característica do aplicativo inclui a capacidade de verificar a largura de banda da rede com diferentes tipos de redes, bem como para visualizar os resultados de testes anteriores.

O aplicativo também fornecerá uma visão sobre o processo de desenvolvimento de um dispositivo móvel aplicativo. O exemplo utilizado nesta tese apresenta uma demonstração do caminho de desenvolvimento para os futuros projetos semelhantes.

Durante o desenvolvimento deste projeto, o autor enfrentou vários obstáculos. 5G é uma nova tecnologia que ainda está em fase de implantação. Muitos aspectos são 5G ainda serão determinados. Um grande obstáculo foi encontrar a ferramenta certa e recursos para medir a velocidade da rede. Toda a solução disponível para checagem de velocidade são aplicativos baseados na web. Este modelo é baseado em aplicação de dispositivos móveis, medir a largura de banda da rede era uma tarefa difícil. Várias técnicas e ferramentas avançadas poderiam ser aplicadas para melhorar a aplicação e resultar na melhor solução. Para superar o problema no futuro o uso de dependências pode ser substituído pela solução de aplicativo nativo.

Uma aplicação funcional pode ser facilmente desenvolvida com sucesso devido a disponibilidade de bibliotecas de código aberto. Ainda existem muitas áreas na aplicação que podem ser melhoradas em o futuro. No entanto, a tecnologia ainda está evoluindo, as futuras atualizações e soluções promete resolver as falhas técnicas do desenvolvimento.



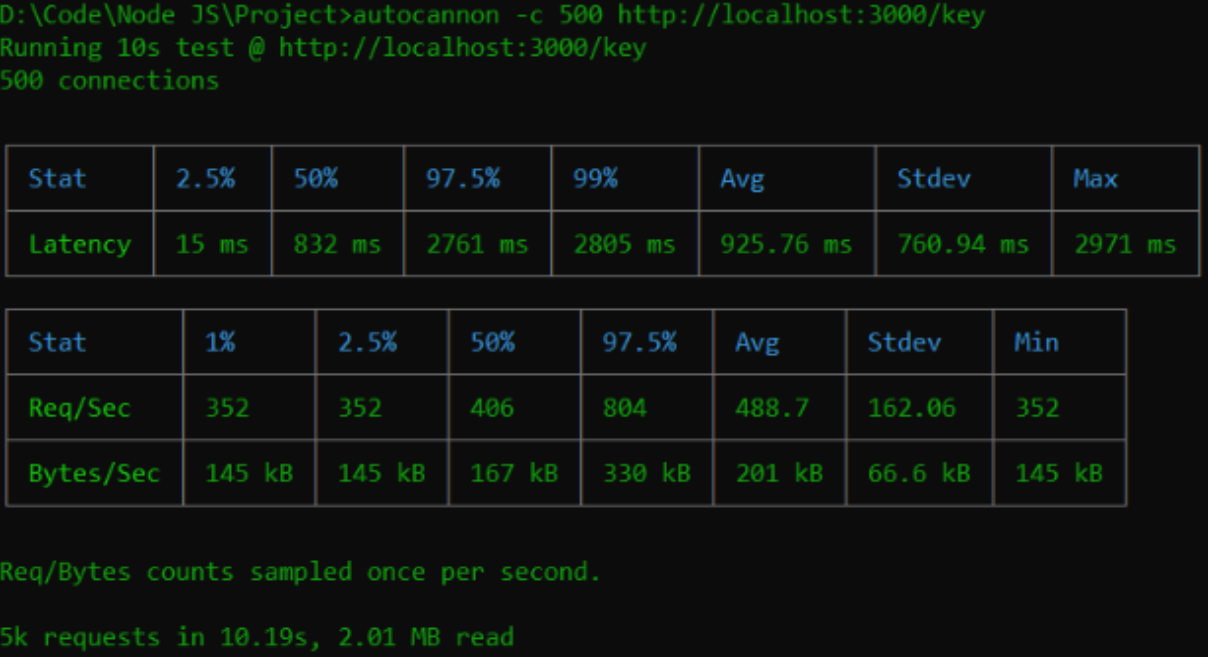
The screenshot shows a web browser window with the URL `speed-test.stackblitz.io`. The page displays the result: **Browser Speed : 1784.40**. The background code editor shows the following JavaScript code:

```

1 import React from "react";
2 import "./style.css";
3 import SpeedTester from "browser-speed-test";
4
5
6 const testEngine = new SpeedTester({
7   url: "https://jestjs.io/img/content/
8   feature-fast.png",
9   fileSize: 349738
10 });
11
12 export default function App() {
13   const [speed, setSpeed] = React.useState(0)
14   ;
15   testEngine.start()
16   .then(data => setSpeed(data))
17   .catch(console.error);
18   return (
19     <div>
20       <h1>Browser Speed {` : ${speed.toFixed
21         (2)}`}</h1>
22     </div>
23   );
24 }

```

Figura 8 – Teste de velocidade em JavaScript.



The terminal output shows the command `autocannon -c 500 http://localhost:3000/key` and the following performance statistics:

Running 10s test @ http://localhost:3000/key  
500 connections

Stat	2.5%	50%	97.5%	99%	Avg	Stdev	Max
Latency	15 ms	832 ms	2761 ms	2805 ms	925.76 ms	760.94 ms	2971 ms

Stat	1%	2.5%	50%	97.5%	Avg	Stdev	Min
Req/Sec	352	352	406	804	488.7	162.06	352
Bytes/Sec	145 kB	145 kB	167 kB	330 kB	201 kB	66.6 kB	145 kB

Req/Bytes counts sampled once per second.  
5k requests in 10.19s, 2.01 MB read

Figura 9 – Teste de velocidade em Node.js.

## 8 CONCLUSÃO

O desenvolvimento tecnológico marcou a história das telecomunicações. A rede móvel tem mudado constantemente desde o seu início. Melhorias foram feitas, como a miniaturização de componentes, tornando os dispositivos mais finos e leves, bem como o aumento do poder de processamento e o surgimento de funções mais versáteis. Ao mesmo tempo, as redes que os conectam têm maior rendimento de chamadas e velocidades de transferência de dados mais altas.

Este artigo apresentou 5 gerações de redes sem fio, suas características e evolução ao longo dos anos. O sinal analógico foi alterado para digital, os telefones fixos deram lugar aos dispositivos móveis, que com sua grande capacidade de memória e funções ofereciam aos seus usuários uma conexão sem fio de alta qualidade, possibilitando novas formas de comunicação e acesso rápido a diversos serviços web. Essa gama de funcionalidades abre espaço para análises futuras das interações dos usuários e de suas relações sociais, familiares, afetivas e profissionais. Isto realça a atual dependência entre os utilizadores e os seus telemóveis, esses relacionamentos.

Uma comparação de sistemas digitais revelou que o 3G tem melhor usabilidade porque oferece serviços de dados em pacotes e maior rendimento em comparação ao 2G. O 4G tem melhor desempenho que o 3G, mas ainda não está totalmente descentralizado e mesmo sem explorar totalmente o 4G já estamos ouvindo falar do 5G. O 5G não pretende ser uma nova tecnologia, mas sim adicionar recursos de terceira e quarta geração. Oferece melhorias de hardware, permitindo serviços ininterruptos, mantendo a qualidade da conexão e prometendo transformar a Internet das Coisas.

Deve-se enfatizar que tudo o que é dito sobre a tecnologia de quinta geração é apenas especulação baseada em pesquisas e testes avançados.

O objetivo da tese foi fornecer uma visão geral da geração de dispositivos móveis redes, bem como compreender e revisar as áreas impactadas pelo 5G tecnologia. A tese também teve como objetivo apresentar uma solução para medir a largura de banda da rede em diferentes gerações de redes.

Para concluir, o 5G desempenhará um papel importante na economia digital global no Anos por vir. Com todos os benefícios que traz, a tecnologia também tem

preocupações de segurança inevitáveis. Portanto, proteger essas redes é uma questão de alta prioridade para todas as nações e as partes envolvidas no desenvolvimento

## REFERÊNCIAS

FIORES, Virgílio. **WIRELESS - Introdução as Redes de Telecomunicações Móveis**. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

VINHAL, M. **Evolução da telefonia móvel celular, cumprimento de leis e análise de modelos de propagação**. Univ. Fed. Uberl. 2020.

SIQUEIRA, E. **O celular entre a 2G e a 3G**. Estadão. Econ. E Negócios. 2010. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/blogs/ethevaldo-siqueira/o-celular-entre-a-2g-e-a-3g/> Acesso em: 20 mai. 2024.

SPADINGER, R. **Implementação da tecnologia 5G no contexto da transformação digital e indústria 4.0**. Ipea, 2021.

SILVA, Ítala. **Do 1G ao 5G: Evolução das redes de telefonia móvel**. Cent. Cienc. Exat.Tecnol. 2016.

FARIAS, G, F. **5G – Redes de comunicações móveis de quinta geração: evolução, tecnologia, aplicações e mercado**, 2019.

EMF. **How 5G Works**. [s.d]. Disponível em: <http://www.emfexplained.info/?ID=25916>. Acesso em: 22 mai. 2024.

OLIVEIRA, Lidiano A. N.; ALENCAR, Marcelo S.; LOPES, Waslon Terlizzie A.. **Evolução da Arquitetura de Redes Móveis Rumo ao 5G**. Paraíba: Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação, 2018.

COELHO, P. M. N. N. **Rumo à Indústria 4.0**. Coimbra, Portugal: Universidade de Coimbra: 2016.

VADHER, Rishi. **A realidade aumentada visualiza processos de produção complexos** 15/07/2015. Disponível em: <https://rishivadher.blogspot.com.br/2015/07/a-realidade-aumentada-visualiza.html>. Acesso em: 11 jun. 2024.

SOKOLOVA, Lara. **Agricultura 4.0: Como a Internet das Coisas está transformando o Setor Agrícola**. Forbes Agro, 2021. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2021/09/o-que-saber-sobre-agricultura-inteligente-usando-iot/>. Acesso em 22 mai. 2024.

ARCE, Francisco. **Internet das Coisas na saúde: aspectos tecnológicos e impactos** 21/02/2024. Disponível em: <https://medicinas.com.br/iot-saude/> Acesso em: 11 mai. 2024.

JULIÃO, Henrique. **5G standalone e non-standalone: fornecedores explicam principais diferenças**. Teletime, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://teletime.com.br/15/01/2021/5gstandalone-e-non-standalone-fornecedoras->

explicam-principais-diferencas. Acesso em: 13 mai. 2024.

UNITED STATES. Cybersecurity& Infrastructure Security Agency. **Potential Threat Vectors to 5G Infrastructure**. [S.l.]: CISA, 2021 Disponível em: [https://www.cisa.gov/sites/default/files/publications/potential-threat-vectors-5Ginfrastructure\\_508\\_v2\\_0%20%281%29.pdf](https://www.cisa.gov/sites/default/files/publications/potential-threat-vectors-5Ginfrastructure_508_v2_0%20%281%29.pdf). Acesso em: 10 mai. 2024.

SOUZA, Ivan de. **JavaScript: o que é, como funciona e por que usá-lo no seu site** 13/11/2023. Disponível em: <https://rockcontent.com/br/blog/javascript/>. Acesso em: 16 mai. 2024.

MARQUES, Simone. **O que é Node.js e quais são as suas vantagens para as empresas?** 19/11/2021. Disponível em: <https://uds.com.br/blog/node-js-vantagens/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

CARPELARI, Natalia. **Com o 5G entramos na hiperconectividade!** 09/04/2021. Disponível em: <https://dtnetwork.com.br/com-o-5g-entramos-na-hiperconectividade/>. Acesso em: 30 abr. 2024