ESCOLA SENAI LUIS EULÁLIO DE VIDIGAL FILHO

HELOISA VAZ DE MELO

INTERNET 5G

SUZANO – SP

2023

HELOISA VAZ DE MELO

INTERNET 5G

Trabalho apresentado à disciplide Sistemas Operacionais para avaliação formativa do Curso Técnico em Desenvolvimento de Sistemas da escola SENAI Luis Eulálio de Bueno Vidigal Filho.

Orientador: Prof: Washington Paiva

Suzano, 28 de abril de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof: Washington Paiva

Prof: Marcelo Alves

SUZANO – SP

2023

FOLHA DE APROVAÇÃO

DEDICATÓRIA

Dedico este TCC aos meus pais que me deram todo o suporte necessário, financeiro e emocional, para que eu pudesse realizar o sonho de formar.

AGRADECIMENTOS

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

RESUMO NA LÍNGUA NATAL

Resumo é síntese do trabalho no qual seus pontos mais relevantes são reunidos.

O texto deve ser redigido na terceira pessoa do singular, com o verbo na voz ativa, em linguagem clara, concisa e direta.

Deve conter informações referentes aos objetivos, à metodologia, aos resultados e às conclusões do trabalho.

Não deve conter citações.

Sua extensão é de 150 a 500 palavras.

O resumo deve ser seguido das palavras-chave representativas do conteúdo do trabalho, separadas entre si por ponto e vírgula e finalizadas por ponto.

Sugere-se utilizar entre três e seis palavras-chave.

ABSTRACT

Abstract is a summary of the work in which its most relevant points are gathered.

The text must be written in the third person singular, with the verb in the active voice, in clear, concise and direct language.

It should contain information regarding the objectives, methodology, results and conclusions of the work.

It must not contain quotes.

Its length is from 150 to 500 words.

The abstract must be followed by the keywords representative of the work's content, separated by a semicolon and finalized by a period.

It is suggested to use between three and six keywords.

LISTA DE ILUSTAÇÕES

[Figura 1 Redes 5G - Crédito: rawpixel.com 12](#_Toc132383384)

[Figura 2 - Galaxy S10e 5G Crédito: ishman000 25](#_Toc132383385)

Sumário

[TECNOLOGIA 5G 11](#_Toc132381346)

[Visão geral 12](#_Toc132381347)

[Áreas de aplicação 13](#_Toc132381348)

[Outras aplicações 13](#_Toc132381349)

[Automóveis 13](#_Toc132381350)

[Segurança Pública 13](#_Toc132381351)

[Conexões fixas sem fio 14](#_Toc132381352)

[Transmissão de vídeo sem fio para aplicações de transmissão 14](#_Toc132381353)

[Performance 14](#_Toc132381354)

[Velocidade 14](#_Toc132381355)

[Latência 14](#_Toc132381356)

[5G NR 15](#_Toc132381357)

[Internet das coisas 16](#_Toc132381358)

[Desenvolvimento 16](#_Toc132381359)

[Espectro 16](#_Toc132381360)

[Espectro não licenciado 17](#_Toc132381361)

[Dispositivos 5G 17](#_Toc132381362)

[Novas frequências de rádio 18](#_Toc132381363)

[Faixa de frequência 1 (<6 GHz) 18](#_Toc132381364)

[Faixa de frequência 2 (> 24 GHz) 18](#_Toc132381365)

[Cobertura FR2 18](#_Toc132381366)

[Computação de ponta 18](#_Toc132381367)

[Célula pequena 19](#_Toc132381368)

[Convergência de Wi-Fi e celular 19](#_Toc132381369)

[Codificação de canal 19](#_Toc132381370)

[Interferência eletromagnética 19](#_Toc132381371)

[Preocupações com segurança 20](#_Toc132381372)

[Linha cronológica 21](#_Toc132381373)

[Em Portugal 23](#_Toc132381374)

[No Brasil 23](#_Toc132381375)

[Referências 26](#_Toc132381376)

INTRODUÇÃO

O tamanho da introdução vai depender muito do tamanho ada sua monografia, da quantidade de assuntos pesquisados, ele terá de 1 a 3 páginas, e comumente dividida em 4 partes, citadas abaixo:

1. Apresentar o Tema e o Contexto: Nesta parte deve ser explicado o contexto em que o tema está inserido, imagine que o leitor não conhece da área então antes de explicar o assunto específico que será abordado, você deverá explicar onde ele está inserido.
2. Delimitar do Tema: Aqui é explicado o tema dentro do contexto, qual a sua delimitação e qual a importância d e se aprofundar em determinado assunto.
3. Explicar o Problema: No fundo todo TCC visa responder a uma pergunta, ou discutir um problema, chegando a algumas conclusões e considerações. Nesta seção é explicado: qual será o problema a ser respondido.
4. Objetivos e Metodologia do TCC: Explicar quais os objetivos da monografia, ou seja, quais itens serão analisados, por exemplo, identificar o motivo de X, analisar as causas y, e etc. Em conjunto deve ser apresentado quais os métodos utilizados para atingir esses objetivos.

# TECNOLOGIA 5G

Em telecomunicações, o 5G é o padrão de tecnologia de quinta geração para redes móveis e de banda larga, que as empresas de telefonia celular começaram a implantar em todo o mundo no final do ano de 2018, e é o sucessor planejado das redes 4G que fornecem conectividade para a maioria dos dispositivos atuais.



Figura 1 Redes 5G - Crédito: rawpixel.com

Como suas antecessoras, as redes 5G são redes móveis, nas quais a área de serviço é dividida em pequenas áreas geográficas chamadas de "células". Todos os dispositivos sem fio 5G em uma célula são conectados à internet e à rede telefônica por ondas de rádio por meio de um transmissor local na célula. A principal vantagem das novas redes é que terão maior largura de banda, proporcionando maiores velocidades de download, podendo chegar a até 10 gigabits por segundo (Gbit/s).

Devido ao aumento da largura de banda, espera-se que as redes 5G não atendam exclusivamente a telefones celulares como as redes móveis existentes, mas também sejam utilizadas como provedoras de serviços gerais de internet para laptops e computadores desktop, competindo com fornecedores de acesso à internet (ISPs) existentes, como internet a cabo, e também possibilitarão novas aplicações em internet das coisas (IoT) e áreas de máquina a máquina (M2M). Os aparelhos 4G não podem usar as novas redes, que exigem dispositivos sem fio habilitados para 5G.

O aumento da velocidade é alcançado em parte pelo uso de ondas de rádio de frequência mais alta do que as usadas pelas redes móveis anteriores. No entanto, as ondas de rádio de alta frequência têm um alcance físico útil mais curto, exigindo células geográficas menores. Para serviço amplo, as redes 5G operam em até três bandas de frequência: baixa, média e alta.

Uma rede 5G é composta de redes de até três tipos diferentes de células, cada uma exigindo designs específicos de antena, onde cada um fornece uma compensação entre velocidade de download em relação a distância e área de serviço. Celulares 5G e dispositivos sem fio se conectam à rede por meio da antena de maior velocidade dentro do alcance em sua localização:

O 5G de bandas de baixa frequência usa uma faixa de frequência semelhante ao dos dispositivos 4G, 600–700 MHz, oferecendo velocidades de download um pouco maiores do que o 4G: 30–250 megabits por segundo (Mbit/s). As torres de celular de banda baixa têm alcance e área de cobertura semelhantes às torres 4G. Já o 5G de média frequência usa micro-ondas de 2,5–3,7 GHz, permitindo velocidades de 100–900 Mbit/s, com cada torre de celular fornecendo serviço em um raio de até vários quilômetros.

Este nível de serviço é o mais amplamente implantado e deve ser disponibilizado na maioria das regiões metropolitanas em 2020. Algumas regiões não estão implementando a banda de baixa frequência, tornando este o nível de serviço mínimo. E o 5G de alta frequência usa frequências de 25–39 GHz, perto da parte inferior da banda de onda milimétrica, embora frequências mais altas possam ser usadas no futuro.

Muitas vezes atinge velocidades de download na faixa dos gigabits por segundo (Gbit/s), comparável à internet a cabo. No entanto, as ondas milimétricas (mmWave ou mmW) têm um alcance mais limitado, exigindo muitas células pequenas.

Elas têm dificuldade em passar por alguns tipos de materiais, como paredes e janelas. Devido ao seu custo mais elevado, os planos são de implantar essas células apenas em ambientes urbanos densos e áreas onde as multidões se reúnem, como estádios de esportes e centros de convenções. As velocidades acima são as alcançadas em testes reais em 2020 e espera-se que as velocidades aumentem à medida que as redes vão sendo lançadas.

O consórcio da indústria que define os padrões para o 5G é a 3rd Generation Partnership Project (3GPP). Ela define qualquer sistema que use o software 5G NR (5G New Radio) como "5G", uma definição que entrou em uso geral no final de 2018.

Os padrões mínimos são definidos pela União Internacional de Telecomunicações (UIT). Anteriormente, alguns reservavam o termo 5G para sistemas que ofereciam velocidades de download de 20 Gbit/s, conforme especificado no documento IMT-2020 da UIT.

## Visão geral

As redes 5G são redes móveis digitais, nas quais a área de serviço coberta pelos provedores é dividida em pequenas áreas geográficas chamadas células. Os sinais analógicos que representam sons e imagens são digitalizados no dispositivo, convertidos por um conversor analógico-digital e transmitidos como um fluxo de bits. Todos os dispositivos sem fio 5G em uma célula se comunicam por ondas de rádio com um conjunto de antenas locais e transceptores (transmissores e receptores) automatizado de baixa potência na célula, por canais de frequência atribuídos pelo transceptor a partir de um conjunto de frequências que são reutilizadas em outras células.

As antenas locais são conectadas à rede telefônica e à internet por uma fibra óptica de alta largura de banda ou conexão backhaul sem fio. Como em outras redes de celulares, um dispositivo móvel que passa de uma célula para outra é automaticamente "transferido" de forma integrada para a nova célula.

O 5G pode suportar até um milhão de dispositivos por quilômetro quadrado, enquanto o 4G suporta apenas até 100.000 dispositivos por quilômetro quadrado.[5][6] Os novos dispositivos sem fio 5G também têm capacidade 4G (LTE), já que as novas redes usam 4G para estabelecer inicialmente a conexão com a célula, bem como em locais onde o acesso 5G não está disponível.

Vários operadores de rede usam ondas milimétricas para capacidade adicional, bem como maior rendimento. As ondas milimétricas têm um alcance menor do que as micro-ondas, portanto, as células são limitadas a um tamanho menor. As ondas milimétricas também têm mais dificuldade em atravessar as paredes dos edifícios.

As antenas de ondas milimétricas são menores do que as grandes antenas usadas nas redes móveis anteriores. Algumas têm apenas alguns centímetros de comprimento.

Grandes aparelhos que usam o método de múltiplas entradas e múltiplas saídas foram implantados para o uso do 4G já em 2016 e normalmente usavam de 32 a 128 antenas pequenas em cada célula. Nas frequências e configurações corretas, podem aumentar o desempenho de 4 a 10 vezes.

Vários fluxos de bits de dados são transmitidos simultaneamente. Em uma técnica chamada beamforming, o computador da estação base calculará continuamente a melhor rota para as ondas de rádio alcançarem cada dispositivo sem fio e organizará várias antenas para trabalharem juntas com antenas em fase, criando feixes de ondas milimétricas para alcançar os dispositivos.

## Áreas de aplicação

O setor de radiocomunicação da União Internacional de Telecomunicações (UIT) definiu três áreas de aplicação principais para os recursos aprimorados do 5G. Elas são a Banda Larga Móvel Aprimorada (eMBB), as Comunicações de Baixa Latência Ultra Confiáveis (URLLC) e as Comunicações Maciças de Tipo de Máquina (mMTC).

Apenas a eMBB foi implantada em 2020. Já as URLLC e as mMTC estão a vários anos de distância na maioria dos locais.

A Banda Larga Móvel Aprimorada (eMBB) usa o 5G como uma progressão dos serviços de banda larga móvel 4G LTE, com conexões mais rápidas, maior taxa de transferência e mais capacidade. Isso beneficiará áreas de maior tráfego, como estádios, cidades e salas de concertos.

As Comunicações de Baixa Latência Ultra Confiáveis (URLLC) referem-se ao uso da rede para aplicativos e dispositivos de missão crítica que exigem troca de dados robusta e ininterrupta.

As Comunicações Maciças de Tipo de Máquina (mMTC) seriam usadas para se conectar a um grande número de dispositivos. A tecnologia 5G conectará alguns dos 50 bilhões de dispositivos IoT conectados. A maioria usará o Wi-Fi mais barato. Drones, transmitindo via 4G ou 5G, ajudarão nos esforços de recuperação de desastres, fornecendo dados em tempo real para equipes de emergência.

A maioria dos carros terá uma conexão de celular 4G ou 5G para muitos serviços. Carros autônomos não precisam de 5G, pois devem ser capazes de operar onde não haja conexão de rede.

Embora as cirurgias remotas tenham sido realizadas em 5G, a maioria das cirurgias remotas será realizada em instalações com uma conexão de fibra, geralmente mais rápida e confiável do que qualquer conexão sem fio.

## Outras aplicações

### Automóveis

A 5G Automotive Association tem promovido a tecnologia de comunicação C-V2X que será implantada pela primeira vez em 4G. Ele fornece a comunicação entre veículos e infraestruturas.

### Segurança Pública

Espera-se que o push-to-talk de missão crítica (MCPTT) e vídeo e dados de missão crítica sejam promovidos com o 5G.

### Conexões fixas sem fio

As conexões fixas sem fio oferecerão uma alternativa à banda larga de linha fixa (conexões ADSL, VDSL, fibra óptica e DOCSIS) em alguns locais.

### Transmissão de vídeo sem fio para aplicações de transmissão

A Sony testou a possibilidade de usar redes 5G locais para substituir os cabos SDI usados atualmente em camcorders de radiodifusão.

## Performance

### Velocidade

As velocidades 5G variam de ~50 Mbit/s a mais de um gigabit/s. O 5G mais rápido é conhecido como mmWave. Em 3 de julho de 2019, mmWave tinha uma velocidade máxima de 1,8 Gbit/s na rede 5G da AT&T.

O 5G sub-6 GHz (banda média do 5G), de longe o mais comum, normalmente fornecerá entre 100 e 400 Mbit/s, mas terá um alcance muito maior do que mmWave, especialmente ao ar livre.

O espectro de banda de baixa frequência oferece o maior alcance, portanto, uma área de cobertura maior para um determinado lugar, mas é mais lento do que os outros.

A velocidade do 5G NR em bandas sub-6 GHz pode ser ligeiramente maior do que a do 4G com uma quantidade semelhante de espectro e antenas, embora algumas redes 3GPP 5G sejam mais lentas do que algumas redes 4G avançadas, como a rede LTE/LAA da T-Mobile, que atinge mais de 500 Mbit/s em Manhattan e Chicago.

A especificação 5G também permite a LAA (License Assisted Access), mas a LAA no 5G ainda não foi demonstrada. Adicionar LAA a uma configuração 4G existente pode adicionar centenas de megabits por segundo à velocidade, mas esta seria uma extensão do 4G, não uma parte nova do padrão 5G.

A similaridade em termos de taxa de transferência entre 4G e 5G nas bandas existentes é que o 4G já se aproxima do limite de Shannon nas taxas de comunicação de dados. As velocidades 5G no espectro de onda milimétrica menos comum, com sua largura de banda muito mais abundante e intervalo mais curto e, portanto, maior capacidade de reutilização de frequência, podem ser substancialmente maiores.

### Latência

No 5G, a "latência do ar" no envio de equipamentos em 2019 era de 8–12 milissegundos. A latência para o servidor deve ser adicionada à "latência do ar" para a maioria das comparações. A Verizon relata que a latência em sua implantação inicial do 5G é de 30 ms: servidores de borda próximos às torres podem reduzir a latência para 10–20 ms; 1–4 ms será extremamente raro por anos fora do laboratório.

Padrões

Inicialmente, o termo foi associado ao padrão IMT-2020 da União Internacional de Telecomunicações, que exigia uma velocidade de download de pico teórica de 20 gigabits por segundo e 10 gigabits por segundo de velocidade de upload, além de outros requisitos.

Então, o grupo de padrões da indústria 3GPP escolheu o padrão 5G NR (New Radio) junto com o LTE como sua proposta para apresentação ao padrão IMT-2020.

A primeira fase das especificações 3GPP 5G no Release-15 foi programado para ser concluído em 2019. A segunda fase no Release-16 deve ser concluída em 2020.

O 5G NR pode incluir frequências mais baixas (FR1), abaixo de 6 GHz, e frequências mais altas (FR2), acima de 24 GHz. No entanto, a velocidade e a latência nas primeiras implantações do FR1, usando o software 5G NR em hardware 4G (não autônomo), são apenas ligeiramente melhores do que os novos sistemas 4G, estimados em 15 a 50% melhores.

O Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) cobre várias áreas do 5G com um foco central em seções de cabo de aço entre a cabeça de rádio remota (RRH) e a unidade de banda base (BBU).

Os padrões 1914.1 se concentram na arquitetura de rede e na divisão da conexão entre a RRU e a BBU em duas seções principais. Unidade de Rádio (RU) para a Unidade Distribuidora (DU) sendo a NGFI-I (Next Generation Fronthaul Interface) e a DU para a Unidade Central (CU) sendo a interface NGFI-II permitindo uma rede mais diversa e econômica.

O NGFI-I e o NGFI-II têm valores de desempenho definidos que devem ser compilados para garantir que os diferentes tipos de tráfego definidos pela UIT possam ser transportados.

O padrão 1914.3 está criando um novo formato de quadro Ethernet capaz de transportar dados IQ de uma maneira muito mais eficiente, dependendo da divisão funcional utilizada. Isso é baseado na definição da 3GPP de divisões funcionais. Vários padrões de sincronização de rede dentro dos grupos IEEE estão sendo atualizados para garantir que a precisão do tempo da rede na RU seja mantida a um nível necessário para o tráfego transportado por ela.

### 5G NR

O 5G NR (New Radio) é uma nova interface aérea desenvolvida para a rede 5G. E deve ser o padrão global para a interface aérea de redes 3GPP 5G.

Implementações pré-padrão

5GTF: A rede 5G implementada pela operadora americana Verizon para acesso sem fio fixo no final de 2010 usa uma especificação pré-padrão conhecida como 5GTF (Verizon 5G Technical Forum). O serviço 5G fornecido aos clientes nesta norma é incompatível com o 5G NR. Existem planos para atualizar o 5GTF para o 5G NR assim que atender às especificações rígidas da Verizon para seus clientes", de acordo com a Verizon.

5G-SIG: Especificação pré-padrão do 5G desenvolvida pela KT Corporation. Implantada nos Jogos Olímpicos de Inverno de Pyeongchang em 2018.

### Internet das coisas

Na internet das coisas (IoT), o 3GPP vai apresentar a evolução do NB-IoT e do eMTC (LTE-M) como tecnologias 5G para o caso de uso LPWA (Área Ampla de Baixa Potência).

## Desenvolvimento

Além das redes de operadoras móveis, o 5G também deve ser usado para redes privadas com aplicações em IoT industrial, rede corporativa e comunicações críticas.

Os lançamentos iniciais de 5G NR dependiam do emparelhamento com a infraestrutura LTE (4G) existente no modo não autônomo (NSA) (rádio 5G NR com núcleo 4G), antes da maturação do modo autônomo (SA) com a rede principal 5G.

Em abril de 2019, a Associação de Fornecedores Móveis Globais identificou 224 operadoras em 88 países que demonstraram que, estão testando ou experimentando, ou foram licenciadas para realizar testes de campo de tecnologias 5G, estão implantando redes 5G ou anunciaram o lançamento de serviços. Os números equivalentes em novembro de 2018 eram 192 operadoras em 81 países.

O primeiro país a adotar o 5G em grande escala foi a Coreia do Sul, em abril de 2019. A gigante sueca das telecomunicações Ericsson previu que a internet 5G cobrirá até 65% da população mundial até o final de 2025.

Além disso, planeja investir 1 bilhão reais (U$ 238,30 milhões) no Brasil para adicionar uma nova linha de montagem dedicada à tecnologia de quinta geração (5G) para suas operações na América Latina.

Quando a Coreia do Sul lançou sua rede 5G, todas as operadoras usavam estações base e equipamentos Samsung, Ericsson e Nokia, exceto LG UPlus, que também usava equipamentos Huawei.

A Samsung era o maior fornecedor de estações base 5G na Coreia do Sul no lançamento, tendo enviado por navio, 53.000 estações base na época, de 86.000 estações base instaladas em todo o país na época.

As primeiras implementações bastante substanciais foram em abril de 2019. Na Coréia do Sul, a SK Telecom reivindicou 38.000 estações base, KT Corporation 30.000 e LG UPlus 18.000; dos quais 85% estão em seis grandes cidades. Elas estão usando espectro de 3,5 GHz (sub-6) no modo não autônomo (NSA) e as velocidades testadas foram de 193 a 430 Mbit/s para baixo.

Cerca de 260.000 foram instaladas no primeiro mês e 4,7 milhões no final de 2019.

Nove empresas vendem hardware de rádio 5G e sistemas 5G para operadoras: Altiostar, Cisco Systems, Datang Telecom/Fiberhome, Ericsson, Huawei, Nokia, Qualcomm, Samsung e ZTE.

### Espectro

Grandes quantidades do novo espectro de rádio (bandas de frequência 5G NR) foram alocadas para o 5G. Por exemplo, em julho de 2016, a Comissão Federal de Comunicações dos Estados Unidos (FCC) liberou grandes quantidades de largura de banda em espectro de banda alta subutilizada para o 5G.

A Spectrum Frontiers Proposal (SFP) dobrou a quantidade de espectro não licenciado de ondas milimétricas para 14 GHz e criou quatro vezes a quantidade de espectro flexível para uso móvel que a FCC tinha licenciado até agora. Em março de 2018, os legisladores da União Europeia concordaram em abrir as bandas de 3,6 e 26 GHz até 2020.

Em março de 2019, havia alegadamente 52 países, territórios, regiões administrativas especiais, territórios disputados e dependências que estavam formalmente considerando a introdução de certas bandas de espectro para serviços 5G terrestres, estavam realizando consultas sobre alocações de espectro adequadas para o 5G, reservaram espectro para o 5G, anunciaram planos de leiloar frequências ou já alocaram espectro para uso 5G.

### Espectro não licenciado

As operadoras de rede móvel estão usando cada vez mais espectro não licenciado nas bandas de frequência de 2,4 e 5 gigahertz. As redes 4G e 5G também usam essas bandas para descarregar o tráfego em áreas altamente congestionadas e fornecer conectividade para bilhões de dispositivos IoT. Avanços em Wi-Fi, LTE em espectro não licenciado (LTE-U), Acesso com Licença Assistida (LAA) e MulteFire usam tecnologias 4G e 5G nessas bandas.

## Dispositivos 5G



Figura 2 - Galaxy S10e 5G Crédito: ishman000

Em março de 2019, a Associação de Fornecedores Móveis Globais lançou o primeiro banco de dados do setor rastreando lançamentos de dispositivos 5G em todo o mundo. Nele, o GSA identificou 23 fornecedores que confirmaram a disponibilidade dos próximos dispositivos 5G com 33 dispositivos diferentes, incluindo variantes regionais.

Havia sete fatores de forma de dispositivo 5G anunciados: telefones (×12 dispositivos), pontos de acesso (×4), equipamentos internos e externos nas instalações de cliente (×8), módulos (×5), dongles de encaixe e adaptadores (×2) e terminais USB (×1).[68] Em outubro de 2019, o número de dispositivos 5G anunciados aumentou para 129, em 15 formatos, de 56 fornecedores.[69]

Na área de chipset 5G para dispositivos IoT, em abril de 2019 havia quatro chipsets de modem 5G comerciais e um processador/plataforma comercial, com mais lançamentos esperados em um futuro próximo.

Em 6 de março de 2020, o primeiro smartphone Samsung Galaxy S20 totalmente 5G foi lançado. De acordo com o Business Insider, o recurso 5G foi apresentado como mais caro em comparação com o 4G; a linha começa em US$ 1.000, em comparação com o Samsung Galaxy S10e que começou em US$ 750.

Em 19 de março, a HMD Global, o atual fabricante de telefones da marca Nokia, anunciou o Nokia 8.3 5G, que alegou ter uma gama mais ampla de compatibilidade 5G do que qualquer outro telefone lançado até então. O modelo de gama média, com um preço inicial na zona do euro de € 599, suporta todas as bandas 5G de 600 MHz a 3,8 GHz.

### Novas frequências de rádio

A interface aérea definida pela 3GPP para o 5G é conhecida como New Radio (NR), e a especificação é subdividida em duas bandas de frequência, FR1 (abaixo de 6 GHz) e FR2 (mmWave), cada uma com recursos diferentes.

### Faixa de frequência 1 (<6 GHz)

A largura de banda máxima do canal definida para FR1 é 100 MHz, devido à escassez de espectro contínuo nesta faixa de frequência lotada. A banda mais amplamente utilizada para 5G nesta faixa é 3,3–4,2 GHz. As operadoras coreanas estão usando a banda n78 a 3,5 GHz, embora algum espectro de ondas milimétricas também tenha sido alocado.

### Faixa de frequência 2 (> 24 GHz)

A largura de banda mínima do canal definida para FR2 é 50 MHz e a máxima é 400 MHz, com agregação de dois canais compatível com a 3GPP Versão 15. Nos Estados Unidos, a Verizon está usando a banda n258 de 28 GHz e a AT&T está usando 39 GHz. Quanto mais alta a frequência, maior a capacidade de suportar altas velocidades de transferência de dados.

### Cobertura FR2

O 5G na faixa de 24 GHz ou acima usa frequências mais altas do que 4G e, como resultado, alguns sinais 5G não são capazes de viajar grandes distâncias (mais de algumas centenas de metros), ao contrário dos sinais 4G ou 5G de frequência mais baixa (sub 6 GHz). Isso requer a colocação de estações base 5G a cada poucas centenas de metros para usar bandas de frequência mais altas.

Além disso, esses sinais 5G de frequência mais alta não podem penetrar objetos sólidos facilmente, como carros, árvores e paredes, devido à natureza dessas ondas eletromagnéticas de frequência mais alta. As células 5G podem ser deliberadamente projetadas para serem o mais discretas possível, o que pode ser aplicado em lugares como restaurantes e shopping centers.

As grandes antenas MIMO (que utilizam tecnologia de múltiplas entradas e múltiplas saídas) aumentam a taxa de transferência do setor e a densidade da capacidade usando um grande número de antenas MIMO multiusuário (MU-MIMO). Cada antena é controlada individualmente e pode incorporar componentes de transceptor de rádio.

A finlandesa Nokia reivindicou um aumento de cinco vezes no aumento de capacidade para um sistema de antena 64-Tx/64-Rx. O termo "grande MIMO" (em inglês: Massive MIMO) foi inventado pelo pesquisador do Nokia Bell Labs, Dr. Thomas L. Marzetta, em 2010, e foi lançado em redes 4G, como a Softbank no Japão.

De mais de 562 demonstrações separadas de 5G, testes ou ensaios globais de tecnologias 5G, pelo menos 94 deles envolveram o teste de Grandes MIMO no contexto de 5G.

## Computação de ponta

A computação de ponta é fornecida por servidores de computação mais próximos do usuário final. Ele reduz a latência e o congestionamento do tráfego de dados.

### Célula pequena

As células pequenas são nós de acesso de rádio celular de baixa potência que operam em espectro licenciado e não licenciado, e que tem um alcance de 10 metros a alguns quilômetros. As células pequenas são essenciais para as redes 5G, já que as ondas de rádio do 5G não podem viajar por longas distâncias, devido às frequências mais altas do 5G.

### Convergência de Wi-Fi e celular

Um benefício esperado da transição para 5G é a convergência de várias funções de rede para obter reduções de custo, energia e complexidade. A LTE tem como objetivo a convergência com a banda/tecnologia Wi-Fi por meio de vários esforços, como License Assisted Access (LAA; sinal 5G em bandas de frequência não licenciadas que também são usadas por Wi-Fi) e LTE-WLAN Aggregation (LWA; convergência com Wi-Fi Rádio), mas as diferentes capacidades do celular e do Wi-Fi limitaram o escopo da convergência.

No entanto, a melhoria significativa nas especificações de desempenho celular em 5G, combinada com a migração de Rede de Acesso de Rádio Distribuída (D-RAN) para Nuvem ou RAN Centralizada (C-RAN) e implantação de células pequenas de celulares pode potencialmente estreitar a lacuna entre redes Wi-Fi e celular em implantações densas e internas.

A convergência de rádio pode resultar em compartilhamento que vai desde a agregação de canais de celular e Wi-Fi ao uso de um único dispositivo de silício para várias tecnologias de acesso de rádio.

### Codificação de canal

As técnicas de codificação de canal para o 5G NR mudaram de turbo códigos em 4G para códigos polares para os canais de controle e LDPC (códigos de verificação de paridade de baixa densidade) para os canais de dados.

### Interferência eletromagnética

O espectro utilizado por várias propostas do 5G será próximo ao de sensoriamento remoto passivo, como por satélites meteorológicos e de observação da Terra, particularmente para monitoramento de vapor d'água. A interferência eletromagnética ocorrerá e será potencialmente significativa sem controles eficazes. Um aumento na interferência já ocorreu com alguns outros usos anteriores de bandas próximas.

A interferência nas operações de satélite prejudica o desempenho da previsão numérica do tempo, com impactos econômicos e de segurança pública substancialmente deletérios em áreas como a aviação comercial.

As preocupações levaram o Secretário do Comércio dos Estados Unidos, Wilbur Ross, e o Administrador da NASA, Jim Bridenstine, em fevereiro de 2019, a instar a Comissão Federal de Comunicações (FCC) a atrasar algumas propostas de leilão de espectro, que foram rejeitadas.

Os presidentes do Comitê de Apropriações da Câmara e do Comitê de Ciência da Câmara escreveram cartas separadas ao presidente da FCC, Ajit Pai, pedindo uma revisão e consulta adicionais com a Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (NOAA), NASA e Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD), e advertindo sobre impactos prejudiciais à segurança nacional.

O diretor da NOAA em exercício, Neil Jacobs, testemunhou perante o Comitê da Câmara dos Estados Unidos em maio de 2019 que as emissões fora de banda do 5G poderiam causar uma redução de 30% na precisão da previsão do tempo e que a degradação resultante no desempenho do modelo Sistema de Previsão Integrada (do ECMWF) teria resultado em falha na previsão do curso de tempestades e portanto, no impacto da supertempestade Sandy em 2012.

A Marinha dos Estados Unidos em março de 2019 escreveu um memorando de advertência sobre a deterioração e fez sugestões técnicas para controlar os limites de vazamento de banda, para teste e campo, e para a coordenação da indústria sem fio e reguladores com organizações de previsão do tempo.

Na quadrienal Conferência Mundial de Radiocomunicação (WRC) de 2019, os cientistas atmosféricos defenderam um buffer forte de ?55 dBW, os reguladores europeus concordaram com uma recomendação de ?42 dBW e os reguladores dos Estados Unidos (da FCC) recomendaram uma restrição de ?20 dBW, que permitiria sinais 150 vezes mais fortes do que a proposta europeia.

A União Internacional de Telecomunicações (UIT) decidiu em um intermediário ?33 dBW até 1 de setembro de 2027 e depois disso um padrão de ?39 dBW. Isso está mais próximo da recomendação europeia, mas mesmo o padrão atrasado mais elevado é muito mais fraco do que aquele defendido pelos cientistas atmosféricos, disparando alertas da Organização Meteorológica Mundial (OMM) de que o padrão da UIT, 10 vezes menos rigoroso do que sua recomendação, traz o "potencial de degradar significativamente a precisão dos dados coletados".

Um representante da Sociedade Meteorológica Americana (AMS) também alertou sobre a interferência, e o Centro Europeu de Previsões do Tempo de Médio Prazo (ECMWF), severamente alertou, dizendo que a sociedade corre o risco de "a história se repetir" por ignorar os avisos dos cientistas atmosféricos (referenciando o aquecimento global, cujo monitoramento pode estar em perigo).

Em dezembro de 2019, um pedido bipartidário foi enviado do Comitê de Ciência da Câmara dos Estados Unidos ao Escritório de Contabilidade do Governo (GAO) para investigar por que há tal discrepância entre as recomendações das agências científicas civis e militares dos Estados Unidos, dos reguladores europeus, e da FCC.

## Preocupações com segurança

Um relatório publicado pela Comissão Europeia e pela Agência Europeia de Segurança Cibernética detalha as questões de segurança em torno do 5G. O relatório alerta contra o uso de um único fornecedor para a infraestrutura 5G de uma operadora, especialmente aquelas baseadas fora da União Europeia (Nokia e Ericsson são os únicos fabricantes europeus de equipamento 5G).

Em 18 de outubro de 2018, uma equipe de pesquisadores da ETH Zurich, da Universidade de Lorraine e da Universidade de Dundee publicou um artigo intitulado "Uma Análise Formal da Autenticação 5G".

Ele alertou que a tecnologia 5G poderia abrir terreno para uma nova era de ameaças à segurança. O artigo descreveu a tecnologia como "imatura e insuficientemente testada" e que "permite a movimentação e o acesso a quantidades muito maiores de dados e, assim, amplia as superfícies de ataque". Simultaneamente, empresas de segurança de rede como Fortinet, Arbor Networks, A10 Networks, e Voxility aconselharam sobre implantações de segurança personalizadas e mistas contra-ataques DDoS em massa previstos após a implantação 5G.

A IoT Analytics estimou um aumento no número de dispositivos IoT, habilitados pela tecnologia 5G, de 7 bilhões em 2018 para 21,5 bilhões em 2025. Isso pode aumentar a superfície de ataque para esses dispositivos em uma escala substancial, e a capacidade de ataques DDoS, cryptojacking, e de outros ataques cibernéticos podem aumentar proporcionalmente.

Devido a temores de possível espionagem de usuários por fornecedores de equipamentos chineses, vários países (incluindo Estados Unidos, Austrália e Reino Unido no início de 2019) tomaram medidas para restringir ou eliminar o uso de equipamentos chineses em suas respectivas redes 5G.

Vendedores chineses e o governo chinês negaram as alegações de espionagem. Em 7 de outubro de 2020, o Comitê de Defesa do Parlamento do Reino Unido divulgou um relatório alegando que havia evidências claras de conluio entre a Huawei, o Estado chinês e o Partido Comunista Chinês. O Comitê de Defesa do Parlamento do Reino Unido disse que o governo deveria considerar a remoção de todos os equipamentos da Huawei de suas redes 5G antes do planejado.

## Linha cronológica

Em abril de 2008, a NASA fez parceria com Geoff Brown e Machine-to-Machine Intelligence (M2Mi) Corp para desenvolver uma abordagem de tecnologia de comunicação de quinta geração, embora amplamente preocupada em trabalhar com nanosats. [138]

Em 2008, o programa sul-coreano de P&D de TI "de sistemas de comunicação móvel 5G baseados em acesso múltiplo por divisão de feixe e relés com cooperação de grupo" foi formado.

Em agosto de 2012, a Universidade de Nova Iorque fundou o NYU Wireless, um centro de pesquisa acadêmica multidisciplinar que realizou um trabalho pioneiro em comunicações sem fio 5G.

Em 8 de outubro de 2012, a Universidade de Surrey no Reino Unido garantiu £ 35 milhões para um novo centro de pesquisa sobre o 5G, financiado conjuntamente pelo Fundo de Investimento de Parceria de Pesquisa do Reino Unido (UKRPIF) do governo britânico e um consórcio de operadoras móveis internacionais e fornecedores de infraestrutura, incluindo Huawei, Samsung, Telefonica Europe, Fujitsu Laboratories Europe, Rohde & Schwarz e Aircom International.

Ela ofereceu instalações de teste para operadoras móveis interessadas em desenvolver um padrão móvel que use menos energia e menor espectro de rádio, enquanto fornece velocidades mais rápidas do que o 4G atual, com aspirações de que a nova tecnologia estivesse pronta dentro de uma década.

Em 1 de novembro de 2012, o projeto da UE chamado de "Ativadores de Comunicações Móveis e Sem Fio para a Sociedade da Informação de 2020" (METIS) inicia suas atividades para a definição do 5G. O METIS alcançou um consenso global inicial sobre esses sistemas. Nesse sentido, o METIS desempenhou um papel importante na construção de consenso entre outras principais partes interessadas externas antes das atividades de padronização global. Isso foi feito iniciando e abordando o trabalho em fóruns globais relevantes (por exemplo, ITU-R), bem como em órgãos reguladores nacionais e regionais.

Também em novembro de 2012, foi lançado o projeto iJOIN EU, centrado na tecnologia de “small cell”, que se reveste de grande importância para o aproveitamento de recursos limitados e estratégicos, como o espectro das ondas radioelétricas. De acordo com Günther Oettinger, o Comissário Europeu para a Economia e Sociedade Digital (2014–2019), "uma utilização inovadora do espectro" é um dos fatores-chave no cerne do sucesso do 5G.

Oettinger ainda o descreveu como "o recurso essencial para a conectividade sem fio do qual o 5G será o driver principal". O iJOIN foi selecionado pela Comissão Europeia como um dos projetos de pesquisa 5G pioneiros para apresentar os primeiros resultados dessa tecnologia no Mobile World Congress 2015 (Barcelona, Espanha).

Em fevereiro de 2013, o Grupo de Trabalho 5D do ITU-R (WP 5D) iniciou dois itens de estudo: (1) Estudo sobre a Visão IMT para 2020 e além, e; (2) Estudo sobre as tendências futuras da tecnologia para sistemas terrestres de IMT. Ambos com o objetivo de ter um melhor entendimento dos futuros aspectos técnicos das comunicações móveis para a definição da próxima geração móvel.

Em 12 de maio de 2013, a Samsung Electronics declarou ter desenvolvido um sistema "5G". A tecnologia principal tinha uma velocidade máxima de dezenas de Gbit/s (gigabits por segundo). Em teste, as velocidades de transferência para tal rede "5G" enviaram dados a cerca de 1.056 Gbit/s a uma distância de até 2 quilômetros com o uso de um MIMO 8×8.

Em julho de 2013, Índia e Israel concordaram em trabalhar em conjunto no desenvolvimento de tecnologias de telecomunicações de quinta geração (5G).

Em 1º de outubro de 2013, a NTT (Nippon Telegraph and Telephone), a mesma empresa a lançar a primeira rede 5G do mundo no Japão, ganhou o prêmio de Ministro de Assuntos Internos e Comunicações da CEATEC por esforços de P&D 5G.

Em 6 de novembro de 2013, a Huawei anunciou planos de investir um mínimo de U$ 600 milhões em P&D para redes 5G de próxima geração, capazes de velocidades 100 vezes mais rápidas do que as redes LTE modernas.

Em 3 de abril de 2019, a Coreia do Sul se tornou o primeiro país a adotar o 5G.[155] Poucas horas depois, a Verizon lançou seus serviços 5G nos Estados Unidos e contestou a alegação da Coreia do Sul de se tornar o primeiro país do mundo com uma rede 5G, porque, supostamente, o serviço 5G da Coreia do Sul foi lançado inicialmente para apenas seis celebridades sul-coreanas, para que a Coreia do Sul poderia reivindicar o título de ter a primeira rede 5G do mundo.[156] Mas na verdade, as três principais empresas de telecomunicações sul-coreanas (SK Telecom, KT e LG Uplus) adicionaram mais de 40.000 usuários à sua rede 5G no dia do lançamento.

Em junho de 2019, as Filipinas se tornaram o primeiro país do Sudeste Asiático a implantar uma rede 5G depois que a Globe Telecom lançou comercialmente seus planos de dados 5G para os clientes.

A AT&T traz o serviço 5G para consumidores e empresas em dezembro de 2019, antes dos planos de oferecer 5G em todo o país no primeiro semestre de 2020.

Em 2019 foi assinada uma declaração entre a Áustria e a Bielorrússia com a participação da empresa A1, visando impulsionar o desenvolvimento da banda larga e da tecnologia digital, o que incluiu o 5G.[161] Em 23 de janeiro de 2020, o provedor de serviços MTS Belarus lançou zonas de teste, com equipamentos Huawei e Cisco, de uma rede 5G NSA em Minsk. Em 27 de fevereiro de 2020, foi assinado um memorando pelo qual a Huawei se tornou o fornecedor de equipamentos para uma zona 5G exemplar.

No dia 22 de maio de 2020 a A1, em parceria com a ZTE, lançou a primeira rede 5G SA na Bielorússia, em modo teste, em Minsk, e no dia 25 de maio fez a primeira chamada no CIS por meio da tecnologia VoNR (Voice over New Radio) para a transmissão de voz via 5G.

Em 22 de maio de 2020, a MTS Belarus lançou uma rede 5G SA em uma arena esportiva de Minsk. Em 28 de maio de 2020, a operadora de infraestrutura bielorrussa beCloud lançou, em modo de teste, uma rede 5G NSA, com 20 estações base.

### Em Portugal

Em Portugal, o leilão dos direitos de utilização do espectro para implementação da tecnologia estava marcado para outubro de 2020, mas devido aos atrasos ocasionados pela pandemia de COVID-19 o leilão começou em 22 de dezembro de 2020.

O leilão mudou duas vezes as regras com o objetivo de acelerar o processo.

As principais operadoras – NOS, MEO e Vodafone – foram vozes ativas no que diz respeito a mostrar o seu descontentamento. Os três operadores até entraram com providências cautelares, mas ainda não foram decididas.

Depois de 1.727 rondas e mais de 9 meses, ficou concluído em 27 de outubro de 2021. Seis empresas adquiriam espectro e o encaixe potencial para o Estado é de 566,8 milhões de euros. As empresas que adquiriam faixas do espectro para obter licenças de operação da rede de quinta geração móvel são MEO, NOS e Vodafone, Dense Air, Dixarobil e NOWO.

### No Brasil

Em julho de 2020, a Vivo e a Claro iniciaram os testes da tecnologia 5G no Brasil. Os clientes dessas operadoras (que possuem aparelhos 5G) passaram a ter acesso à rede de quinta geração em algumas cidades já a partir daquele mês, enquanto a Tim disponibilizou redes apenas em setembro. Por se tratar de uma "prévia" do funcionamento da tecnologia, o serviço oferecido no Brasil tem algumas limitações.

Para funcionar com capacidade máxima, o 5G precisa ser transmitido na faixa de frequência de 3,5 GHz, ainda indisponível para as operadoras brasileiras. Por enquanto, a rede funcionará por meio de DSS (compartilhamento dinâmico de espectro), "emprestando" as faixas de frequência do 3G e do 4G, o que implica velocidade menor.

Em entrevista à Rádio Bandeirantes, Fábio Faria, ministro das Comunicações, declarou que o aguardado leilão de frequências para a rede 5G no Brasil acontecerá entre abril e maio de 2021. Ele disse ainda que a equipe responsável vem desenvolvendo um trabalho técnico que mede quem pode trazer mais benefícios ao país a partir da quinta geração da internet móvel.

A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), afirma que o leilão que será realizado no Brasil deverá ser o maior leilão de espectro 5G de todos os tempos. A Organização também recomenda que o país garanta um "mercado competitivo".

O leilão das redes 5G no Brasil já superou os limites econômicos para se tornar uma questão de política externa, que se enquadra nas tensões comerciais entre os Estados Unidos e a China.

Em abril de 2021, as empresas Nokia e Vivo proporcionaram a realização de uma videochamada entre o Ministro das Comunicações, Fábio Faria, e o Presidente do Brasil, Jair Bolsonaro, para demonstrar a tecnologia 5G standalone no padrão release 16, utilizando a faixa de 3,5 GHz.

No dia 24 de setembro de 2021, a ANATEL, divulgou a aprovação do edital para o LEILÃO da tecnologia, ficando marcado para o dia 04 de novembro, com isso a entidade estipulou que até julho de 2022, todas as capitais e o distrito federal, já receberiam o sinal, inicialmente.

Também foi divulgado que o leilão não teria fins arrecadatórios, e os valores resultantes da operação, seriam reinvestidos em obras de modernização da infraestrutura no setor das telecomunicações.

No dia 04 de novembro, com o resultado do leilão, a faixa de frequência 3,5 GHz, a Claro ficou com o lote B1 ao oferecer R$ 338 milhões, a Vivo com o lote B2 ao oferecer R$ 420 milhões, a TIM Brasil com o lote B3, que vai pagar R$ 351 milhões.

A faixa de 700 MHz foi adquirida pela empresa Winity II Telecom, que de um lance de R$ 1,427 bilhão, valor 805% superior ao mínimo exigido. Para a faixa de 3,5 GHz, de lotes regionais, as vencedoras foram: Brisanet (Nordeste e Centro-Oeste), Sercomtel (Norte e Estado de São Paulo), Consórcio 5G Sul (região Sul), além da Cloud2U, que vai atuar nos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais e Algar Telecom, com atuação prevista para algumas localidades em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e São Paulo.

O direito de exploração das faixas será de até 20 anos. A estimativa da Anatel é de que sejam arrecadados R$ 50 bilhões com o leilão, dos quais R$ 40 bilhões são para investimentos e R$ 10 bilhões para o Tesouro Nacional.

CONCLUSÃO

A conclusão é basicamente um grande resumo de uma pesquisa, devendo retomar o assunto principal, apresentar os resultados e considerações finais do trabalho e as respostas para o problema apresentado na introdução da monografia.

Essas são algumas informações que deverão estar contidas na conclusão do TCC:

1. Breve resumo do tema e o que foi analisado no desenvolvimento da monografia.
2. Explicar a importância do tema, qual sua relevância para o meio acadêmico, para a sociedade e até para si mesmo, como crescimento pessoal, acadêmico e profissional;
3. Apresentar os resultados e a conclusão geral de sua pesquisa;
4. Demonstrar se os objetivos propostos na seção de introdução da monografia foram concluídos. Se as perguntas e problemas apresentados inicialmente foram respondidos e/ou esclarecidas;
5. Apresentar sugestões para uma futura evolução da pesquisa sobre o assunto.

# Referências

Ramos, Alex de Almeida. 2019. *Informática: fundamentos e MS Ofifice.* São Paulo : SENAI-SP, 2019.