

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO
MARCOS ANTONIO COSTA DE LIMA**

**GARANTIA DE QUALIDADE DE SERVIÇO COM 5G PRIORIZANDO
APLICAÇÕES DE MISSÃO CRÍTICA**

**CERES – GO
2021**

MARCOS ANTONIO COSTA DE LIMA

**GARANTIA DE QUALIDADE DE SERVIÇO COM 5G PRIORIZANDO
APLICAÇÕES DE MISSÃO CRÍTICA**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Sistemas de Informação do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação, sob orientação do Prof. Me. Roitier Campos Gonçalves.

CERES – GO

2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

LL732g Lima, Marcos Antonio Costa de
Garantia de qualidade de serviço com 5G
priorizando aplicações de missão crítica / Marcos
Antonio Costa de Lima; orientador Me. Roitier
Campos Gonçalves. -- Ceres, 2022.
39 p.

TCC (Graduação em Sistemas de Informação) --
Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2022.

1. 5G. 2. Aplicações de missão crítica. 3. QoS. 4.
IoT. I. Campos Gonçalves, Me. Roitier, orient. II.
Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO



Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Marcos Antonio Costa de Lima
Matrícula: 2018103202030037
Título do Trabalho: GARANTIA DE QUALIDADE DE SERVIÇO COM 5G PRIORIZANDO APLICAÇÕES DE MISSÃO CRÍTICA

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 28/01/2022

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O referido autor declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e

Tecnologia Goiano.

(Assinado Eletronicamente)
Marcos Antonio Costo de Lima
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

(Assinado Eletronicamente)
Assinatura do orientador: Roitier Campos Gon5alves (2891401)

Ceres, 28 de ja neiro de 202 2.

Documento assinado eletronicamente por:

- Marcos Antonio Costa de Lima, 2018103202030037 - Discente, em 28/01/2022 10:47:59.
- Roitier Campos Goncalves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/01/2022 08:40:49.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/01/2022. Para comprovar sua autenticidade, fata a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forne a os dados abaixo:

Código Verificador: 352154
Código de Autenticação: cc486cfa7



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Ceres
Rodovia GO-154, Km.03, Zona Rural, None, CERES / GO, CEP 76300-000
(62) 3307-7 100



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 13 dias do mês de janeiro do ano de dois mil e vinte e dois, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do acadêmico Marcos Antonio Costa de Lima, do Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação, matrícula 201803202030037, cujo título é "GARANTIA DE QUALIDADE DE SERVIÇO COM 5G PRIORIZANDO APLICAÇÕES DE MISSÃO CRÍTICA". A defesa iniciou-se às 19 horas e 40 minutos, finalizando-se às 21 horas e 35 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho APROVADO com média 7,6 no trabalho escrito, média 8,2 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final de 7,9 pontos, estando o estudante APTO para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

(Assinado Eletronicamente)
Roitier Campos Gonçalves

(Assinado Eletronicamente)
Rangel Rigo

(Assinado Eletronicamente)
Claiton Luiz Soares

Documento assinado eletronicamente por:

- **Roitier Campos Gonçalves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 24/01/2022 20:26:11.
- **Claiton Luiz Soares, Claiton Luiz Soares - Membro externo - Iftm Campus Paracatu (10695891000100)**, em 24/01/2022 20:25:34.
- **Rangel Rigo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 17/01/2022 10:47:24.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 13/01/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 347468
Código de Autenticação: f729d12d09



Rodovia GO-154, Km.03, Zona Rural, None, CERES / GO, CEP 76300-000
(62) 3307-7100

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelos sonhos que me deu e pela força para ultrapassar todos os obstáculos, encontrados ao longo do curso.

À minha família, por sempre acreditar e incentivar a correr atrás dos meus sonhos. Em especial a minha mãe Carmelita Costa de Lima, que sempre será referência de dedicação, força, compreensão e humildade.

Agradeço ao meu orientador Roitier Campos Gonçalves, por todo seu esforço que me proporcionou uma base de conhecimento forte e um foco, para realização deste trabalho.

Agradeço a todos os professores desta instituição federal por todos os ensinamentos e conhecimentos que adquiri ao longo do tempo, que me permitiram um crescimento intelectual. Carrego comigo, para sempre as experiências e lições aprendidas.

A todas as pessoas que de alguma forma fizeram parte do meu percurso, meu sincero agradecimento a todos, muito obrigado.

“Nós almejamos por novas sensações, mas logo nos tornamos indiferentes à elas.

As maravilhas de ontem são coisas comuns hoje em dia.”

NIKOLA TESLA

RESUMO

A conectividade permitida pelas redes móveis mudou completamente a vida das pessoas ao longo do tempo, para continuar essa revolução começa a ser implantada a rede quinta geração (5G), para atender os novos requisitos de comunicação das tecnologias atuais, principalmente na área de IoT em aplicações de missão crítica onde qualquer atraso ou falha pode ser fatal. Para atender esses requisitos a rede 5G é necessário que seja mais eficiente em garantir a qualidade do serviço (QoS), com baixa latência, com suporte massivo de dispositivos conectados e com capacidade para uma alta taxa de volume de dados. O objetivo desta pesquisa é analisar como a tecnologia móvel 5G busca implementar a garantia de QoS em aplicações de missões críticas, bem como evidenciar os benefícios e os desafios para implementar este serviço. Buscando verificar as possíveis dificuldades de implantar o modelo de garantia de entrega proposto pelo 5G. Este levantamento foi realizado através de pesquisas em artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e sites confiáveis relacionados a 5G, comunicação de aplicações de missão crítica, URLLC (Comunicações de baixa latência e ultraconfiáveis), QoS e internet das coisas (IoT). Concluído o levantamento foi feita uma análise para determinar como as aplicações têm prioridade da disponibilidade por serem consideradas de missão crítica. Verificando quais as dificuldades e os benefícios encontrados para a implantação de garantia de entrega do 5G para aplicações de missão crítica técnicas ou legislativas, para se ter noção do desafio que é obter a garantia de QoS pretendida pelo 5G.

Palavras-chave: 5G, Aplicações de missão crítica; QoS; IoT.

ABSTRACT

The connectivity allowed by mobile networks has completely changed people's lives over time, to continue this revolution, the fifth generation (5G) network is beginning to be deployed, to meet the new communication requirements of current technologies, especially in the area of IoT in mission critical applications where any delay or failure can be fatal. To meet these requirements, the 5G network needs to be more efficient in ensuring quality of service (QoS), with low latency, with massive support of connected devices and capable of a high data volume rate. The objective of this research is to analyze how 5G mobile technology seeks to implement QoS assurance in mission-critical applications, as well as highlight the benefits and challenges to implement this service. Seeking to verify the possible difficulties of implementing the delivery guarantee model proposed by 5G. This survey was carried out through research in scientific articles, course conclusion works, dissertations, theses and trusted websites related to 5G, mission-critical application communication, URLLC (Ultra-Reliable Low-Latency Communication), QoS and internet of things (IoT). After the survey was concluded, an analysis was carried out to determine how applications are prioritized in terms of availability because they are considered mission critical. Checking the difficulties and benefits found for the implementation of 5G delivery guarantee for technical or legislative mission-critical applications, to get an idea of the challenge that is to obtain the QoS guarantee intended by 5G.

Keywords: 5G; Mission critical applications; QoS; IoT.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Requisitos dos Casos de Uso do 5G	11
Figura 2 - A importância dos principais requisitos dos diferentes caso de uso	12
Figura 3 - Sistema Omnidirecional	13
Figura 4 - Antena 5G entregando sinal com Beamforming	14
Figura 5 - Modos 5G NSA e 5G SA.....	15
Figura 6 - Fatiamento de Rede utilizado para criar fatias de serviços através de uma mesma infraestrutura	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1G – Primeira Geração

2G – Segunda Geração

3G – Terceira Geração

4G – Quarta Geração

5G – Quinta Geração

AMPS – Advanced Mobile Phone Service

CDMA – Code Division Multiple Access

EDGE – Enhanced Data Rates For GSM Evolution

EMBB - Banda Larga Móvel Aprimorada

EVDO – Evolution Data Optimized

GPRS – General Packet Radio Services

GSM – Global System for Mobile

HSPA – High Speed Packet Access

HSPA+ – High Speed Packet Access Plus

HSDPA – Downlink Packet Access

HSUPA – Uplink Packet Access

IETF - Internet Engineering Task Force

IoT – Internet das Coisas

IP - Internet Protocol

ITU - União Internacional de Telecomunicações

LTE – Long Term Evolution

MAC - Medium Access Control

MIMO - Multiple Input Multiple Output

MIMO Massivo - Massive Multiple Input Multiple Output

MMTC - Comunicações Massivas do Tipo Máquina

NSA - Rede Não Autônoma

QoS – Qualidade de Serviço

SA - Rede Autônoma

SMS – Short Message Service

UMTS – Universal Mobile Telecommunications

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	01
1.1	JUSTIFICATIVA	03
1.2	OBJETIVO GERAL	04
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	05
2	REDES MÓVEIS	06
2.1	PRIMEIRA GERAÇÃO	06
2.2	SEGUNDA GERAÇÃO	06
2.3	TERCEIRA GERAÇÃO	07
2.4	QUARTA GERAÇÃO	08
3	QUINTA GERAÇÃO	10
3.1	CASOS DE USO DO 5G	10
3.2	TECNOLOGIAS A SEREM UTILIZADAS NO 5G	12
3.2.1	MIMO Massivo	12
3.3.2	Beamforming	13
3.4	ARQUITETURA DO 5G	14
3.5	QOS – QUALIDADE DE SERVIÇO	15
4	IOT – INTERNET DAS COISAS	18
5	METODOLOGIA	19
6	RESULTADO E DISCUSSÕES	20
6.1	GARANTIA DE QOS COM 5G	20
6.2	BENEFÍCIOS DO 5G	23
6.3	DESAFIOS DO 5G	26
6.4	APLICAÇÕES DO 5G COM QOS	29
7	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A partir do surgimento dos aparelhos celulares a comunicação das pessoas vem aumentando, exigindo cada vez mais o surgimento de novas tecnologias de redes móveis mais robustas para atender a essa necessidade de comunicação entre as pessoas (GODINHO et al., 2018).

Atualmente, paralelo a esta necessidade de comunicação das pessoas vem aumentando a comunicação das coisas ou objetos, ligados diretamente ao termo “Internet das Coisas” (IoT). Neste caso, os dispositivos inteligentes podem gerar e trocar informações entre si sem a interferência de um usuário (MENDES, 2019).

Oliveira, Alencar e Lopes (OLIVEIRA; ALENCAR; LOPES, 2018) destacam que as comunicações móveis estão no processo de transformação de uma rede que transmitia apenas voz, para uma rede com capacidade de suportar trilhões de dispositivos transmitindo dados e voz.

Para atender a evolução da comunicação, tanto de pessoas como de dispositivos inteligentes, está sendo implantada uma nova geração de redes móveis, o 5G. Esta tecnologia oferece mais flexibilidade, conectividade massiva, maior taxa de dados, disponibilidade e latência reduzida para atender tanto a comunicação de pessoas como também dos dispositivos IoT (OLIVEIRA, 2019).

Considerando essas necessidades, de comunicação de pessoas como da IoT com uso da rede 5G, deve haver uma padronização, com compatibilidade mais ampla entre os dispositivos e a rede. Silva (SILVA, 2016, p. 16) destaca que, a implementação e desenvolvimento da rede 5G terão grandes dificuldades, desde as limitações físicas e técnicas, até as restrições econômicas e governamentais.

A revolução das redes móveis mudou completamente a vida social das pessoas, começando com o 1G oferecendo serviços de comunicação por voz. No 2G houve o início do acesso à internet e o sinal passou a ser digital (LUIZ et al., 2019).

O 3G surgiu para melhorar a exigência de dados maiores na rede, permitindo um acesso bem mais fluido à internet com qualidade bem superior de dados como áudio, fotos e vídeos. O 4G mudou a maneira de nos comunicarmos, com uma internet mais veloz, possibilitando que os celulares convencionais se transformem em poderosos smartphones (GODINHO et al., 2018).

Recentemente, tem se discutido bastante, sobre como será a implantação da rede 5G, que vem com intuito revolucionar a comunicação de uma forma como nunca vista antes. Possibilitando não apenas pessoas gerarem informações como também os dispositivos tecnológicos inteligentes, conhecidos como IoT (SILVA; FARIA, 2019).

O 5G vem com uma proposta de aumentar o número de dispositivos conectados, sem interferência, garantindo uma entrega de serviço com qualidade máxima suportada pela rede. Garantido a Qualidade de Serviço (QoS, do inglês Quality of Service) principalmente para aplicações de missão crítica como os encontrados na área de saúde, tráfego ou até mesmo em ambientes domésticos (MENDES, 2019).

Com o aumento do consumo de dados, a imensas quantidades de dispositivos IoT, que só vem crescendo, e a utilização de sistemas críticos, levam a necessidade de uma rede de comunicação segura, sem interferência, com baixa latência e com QoS garantida, o que ainda nenhuma uma rede atual consegue atender de maneira satisfatória. Com isso, surge a exigência de uma rede mais flexível e robusta para que haja um avanço tecnológico maior (SILVA; FARIA, 2019).

O 5G vem com proposta de atender todos esses requisitos, mudando a nossa forma de viver e enxergar o mundo, tornando de suma importância compreender as propostas e de que maneira a tecnologia vai ser empregada para alcançar todos os requisitos necessários para alavancar a expansão da utilização da IoT. Principalmente, em aplicações de missão crítica na qual qualquer falha pode causar enormes prejuízos e fatalidades (SOUZA, 2018a).

Nas aplicações de missão crítica é vital uma comunicação de ultra confiabilidade e baixa latência, que possua uma garantia de QoS priorizando essas aplicações. Devido ao fato destas aplicações estarem relacionadas com a segurança e risco de vida (MENDES, 2019).

De acordo com Souza (SOUZA, 2019, p. 14) as aplicações de missão crítica que transmitem pacotes com informações críticas que exigem latência baixa e confiabilidade muito alta, algo que os sistemas atuais não oferecem na maior parte do tempo.

Este trabalho visa compreender a problemática de qual modo o 5G vai garantir o QoS de internet de maneira preferencial e sem interferências de sinal em

aplicações críticas em algumas áreas da IoT, relacionadas a aplicações de missão crítica. Considerado, os principais critérios de qualidade dessas aplicações, ou seja, disponibilidade e latência.

A garantia de QoS do 5G é imprescindível para determinadas aplicações do IoT, principalmente para as consideradas críticas, que exigem confiabilidade, alto nível de resposta e precisão. Porque garantir uma comunicação com latência reduzida e ultra confiabilidade possibilitaram novas utilidades a aplicações que não funcionam corretamente, caso estes critérios não sejam atendidos.

1.1 JUSTIFICATIVA

Percebe-se que em aplicações de missão crítica qualquer falha pode levar a consequências inaceitáveis e deve existir uma garantia de prioridade na entrega de dados para estas aplicações. Mas atualmente, ainda não existe uma rede que possa ter uma garantia de QoS satisfatória e autorizada por lei para realização de determinadas aplicações tecnológicas (SILVA; FARIA, 2019).

Para resolver esse problema vem sendo implantada a rede 5G que vem com novas propostas de disponibilização de serviços de internet ainda não existentes no mercado. Como o plano de oferecer garantia de QoS para aplicações de missão crítica, oferecendo uma prioridade na rede para estas aplicações (MENDES, 2019).

A comunicação 5G abrirá caminho para as cidades inteligentes, telemedicina, indústria inteligente e a IoT. Considerando que as aplicações de missão crítica e os dispositivos IoT terão um impacto maior no retorno de investimento das operadoras, devido ao fato de serviços convencionais de banda larga móvel, podem funcionar com boa qualidade independente do 5G, com uso das tecnologias anteriores (SOLDANI et al., 2017).

As aplicações de missão crítica incluem, por exemplo, carros autônomos, gestão de trânsito, assistência ao motorista, cirurgia remota, diagnóstico e monitoramento remoto, robôs industriais e controle industriais de alto risco. Todos esses serviços transmitem informações críticas por pacotes de dados curtos e exigem baixa latência, confiabilidade aprimorada, disponibilidade e maior segurança, algo que os sistemas atuais não oferecem na maior parte do tempo. O 5G tem intuito

de resolver estas questões, viabilizando a execução desses serviços com garantia de QoS (ALVES; KOSLOVSKI, 2020).

O uso do 5G os procedimentos cirúrgicos remotos podem ocorrer em ambulâncias, situações de desastres, áreas remotas e hospitais. Esses procedimentos necessitam de garantia de QoS para serem executados, pois os instrumentos cirúrgicos, como braços robóticos, são de alta precisão e qualquer atraso, erro ou falha perceptível pode provocar danos à saúde e até a morte do paciente (SIRIWARDHANA et al., 2021).

Outro cenário crítico é a condução de carros autônomos, onde os veículos são totalmente conectados e interagem com dispositivos IoT, enfrentando situações de trânsito complexas, necessitando que as informações sejam distribuídas entre os dispositivos e sensores em prazos extremamente curtos (RAISSI; YANGUI; CAMPS, 2019). Durante a locomoção qualquer erro perceptível na rede tem enorme potencial de causar acidentes, que resultam em perdas materiais e risco a vida das pessoas envolvidas (TAMANG et al., 2021).

Atender as aplicações de missão crítica com uma comunicação com garantia de QoS utilizando 5G é essencial para o funcionamento destas aplicações sem limitações operacionais, evitar risco de vida dos envolvidos e perdas materiais. No qual, a ultra confiabilidade é vital para serviços relacionados com a segurança e risco de vida, já a baixa latência para assegurar que as atividades sejam utilizadas com potencial máximo e interativas, para que executem em tempo real sem atrasos (WEERASINGHE; BALAPUWADUGE; LI, 2020).

Conforme foi visto, a garantia de QoS de comunicação, de maneira contínua e com baixa latência é essencial para execução de aplicações de missão crítica. Espero com a execução deste trabalho contribuir estabelecendo uma noção de quais aplicações devem ser consideradas de missão crítica, de qual maneira serão priorizadas com uso do 5G e dos possíveis desafios para que isso aconteça.

1.2 OBJETIVO GERAL

Analisar como a tecnologia móvel 5G busca implementar a garantia de QoS em aplicações de missões críticas, bem como evidenciar os benefícios e os desafios para implementar este serviço.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conceituar as redes móveis e seu histórico, realizando um breve estudo das principais tecnologias utilizadas em cada geração, bem como suas características e padrões.
- Levantar e identificar as aplicações que serão consideradas de missão crítica e a importância do 5G para elas.
- Verificar os possíveis benefícios e dificuldades de implantar o modelo de QoS garantido proposto pelo 5G.

2 REDES MÓVEIS

Quando se fala em Redes Móveis atualmente, a primeira coisa que vem à mente é o acesso e conexão à internet. Mas, essa tecnologia foi projetada inicialmente para fornecer apenas serviço de tráfego de voz, sem fio para telefones móveis e de maneira limitada para automóveis. A criação da primeira rede móvel foi possível com a invenção dos microprocessadores e a concepção da comunicação celular nas décadas de 70 e 80 (TELECO, 2021a).

2.1 PRIMEIRA GERAÇÃO (1G)

A primeira geração (1G) de rede móvel surgiu no início dos anos 80, as redes desde a geração eram analógicas e fornecia apenas serviços de voz estes os pontos mais marcantes desta geração (LUIZ et al., 2019). A tecnologia usada para transmissão adotada pelos Estados Unidos foi o *Advanced Mobile Phone Service* (AMPS), este sistema já permitiu o uso de telefones dentro de veículos, mas tinha a dificuldade de cobertura pois para utilizar o sistema cada marca de carro tinha de ter uma rede própria padrão, sendo necessário instalar torres individuais para cada marca de cada. Nesta geração os dispositivos móveis não possuem cartão SIM (chip) (MOREIRA, 2018).

De acordo com Bruno S. de Oliveira (OLIVEIRA, 2019), o 1G foi fundamental para as redes que conhecemos hoje. Mas possuía um *handoff* problemático, uma baixa segurança e sua taxa de dados era de apenas 2.4 Kbps.

Um sistema de celular de redes de voz do 1G é composto basicamente de três componentes: Estação Móvel, Estação Rádio Base e Central de Comutação e Controle, utilizados também nas próximas gerações, mas com funcionalidades diferentes (LUIZ et al., 2019).

2.2 SEGUNDA GERAÇÃO (2G)

As redes móveis da segunda geração (2G) surgiram no início dos anos 90, sendo projetadas para corrigir os problemas e limitações do 1G. Esta rede passou a adotar o sinal digital ao invés do analógico, conseguindo assim suportar uma maior

quantidade de usuários e com melhor qualidade de sinal. Nesta geração houve aprimoramento também da segurança, melhorando consideravelmente a transmissão de voz criptografada. Foi nesta geração que iniciou o acesso dos dispositivos móveis à rede mundial de computadores, à internet (LUIZ et al., 2019).

Com uma taxa de dados de 64 Kbps, sinal de rádio de baixa potência as baterias dos aparelhos celulares duravam mais. Serviços de e-mail e os SMS (*Short Message Service*), os famosos torpedos aqui no Brasil foram possíveis, surgiram nesta geração. Sendo esta geração marcada pelas tecnologias GSM (*Global System for Mobile*) e CDMA (*Code Division Multiple Access*) (OLIVEIRA, 2019).

O GSM surgiu na Europa devido ao desejo de padronização dos sistemas para que tivesse uma maior capacidade de tráfego, este foi o sistema padrão usado mundialmente. Em arquitetura temos a Estação Móvel com um cartão inteligente (SIM Card), passado a ter chip nos aparelhos telefônicos (SILVA, 2020).

Devido a evidente necessidade de acessar internet pelo celular foi criada GPRS (*General Packet Radio Services*) que foi uma melhoria do GSM, essa tecnologia possibilitou transmissão de dados por pacotes na rede móvel. Esse sistema foi chamado de geração 2.5G. De acordo com Bruno S. de Oliveira (OLIVEIRA, 2019) possibilitou uma taxa de dados de até 144 Kbps.

Ainda no 2G deve implantação da tecnologia EDGE (*Enhanced Data Rates For GSM Evolution*) que foi uma melhoria da GPRS, a taxa de dados de 384 Kbps, com taxas médias entre 110 Kbps e 120 Kbps (NIKOLOFSKI, 2011).

2.3 TERCEIRA GERAÇÃO (3G)

Iniciada no começo dos anos 2000, a terceira geração (3G) veio para atender à exigência maior por consumo de dados, adotando a tecnologia UMTS (*Universal Mobile Telecommunications*). Na qual permitiu uma transmissão de dados maiores com qualidade bem superiores como áudio, fotos e vídeo (LUIZ et al., 2019).

O 3G trouxe uma taxa de 2 Mbps nas transmissões de dados, um ponto negativo foi o aumento do consumo de bateria dos aparelhos. Sendo esta geração marcada por tecnologias como WCDMA, CDMA, UMTS, HSUPA/HSDPA (*Uplink/ Downlink Packet Access*), e EVDO (*Evolution Data Optimized*) que foi responsável pelo 3.5G que atinge uma taxa de dados de até 30 Mbps (OLIVEIRA, 2019).

A tecnologia HSPA (*High Speed Packet Access*) uma evolução do WCDMA/HSDPA apresenta uma melhora na velocidade com taxa de conexão de 3.6 mbps. Esta tecnologia com tempo foi incrementada passando a ser chamada de HSPA+ (*High Speed Packet Access Plus*), também conhecidas como HSPA Evolved, com aumento da sua velocidade para 5 Mbps. Esta tecnologia é muito utilizada ainda no interior do Brasil, quando utilizada em smartphones e representada com símbolo H+ na interface dos smartphones. O HSPA+ de acordo com Teleco Inteligência em Telecomunicações (TELECO, 2017), “Evolução do HSPA que pode oferecer taxas de dados de *downlink* de até 84 Mbps e *uplink* de até 23 Mbps.”

2.4 QUARTA GERAÇÃO

Com a chegada da quarta geração (4G) de rede móveis mudou a forma como nos conectamos com o mundo, ao permitir a visualização de vídeos e o compartilhamento de dados em um ritmo nunca percebido. A tecnologia LTE (*Long Term Evolution*), adotada nesta geração, transformou os smartphones em poderosos dispositivos conectados, que podemos transportar para qualquer lugar, tornando possível fazer operações antes pouco viáveis. Os smartphones se estabeleceram como aparelhos indispensáveis para uso das pessoas no dia a dia. Impulsionando de maneira incrível a prestação de diversos serviços de maneira digital (GODINHO et al., 2018, p.8).

O 4G foi iniciado em 2007 no Japão e de 2009 adiante nos outros países, com uso da tecnologia LTE padronizada pela 3GPP. Com capacidade de alcançar velocidade de 100Mbps em movimento e 1 Gbps em repouso, baseado no Protocolo de VoIP (*Voice Over Internet Protocol*) (SILVA, 2020).

No 4G devido à necessidade de mais velocidade de internet com uma menor latência, exigida pelos sistemas dos dispositivos atuais e pelas novas tendências dos usuários, a tecnologia LTE foi incrementada passando a usar 2 bandas diferentes dobrando assim a velocidade de conexão. Esta alteração ficou conhecida como LTE *Advanced*, chamada de geração 4.5G (NIKOLOFSKI, 2011).

De acordo com o site Olhar Digital (OLHAR DIGITAL, 2018), Brasil as operadoras Vivo e Claro combinam as faixas de 2600 MHz e 1800 MHz, além de

700 MHz nos locais onde não se usa o sinal mais para as TV analógicas, para expandir ao máximo a largura de banda do LTE *Advanced*.

O tempo de latência da rede é dividido em dois modos: o de controle e o de usuário. No plano de controle o tempo gasto para o usuário passar do estado da inatividade para a atividade não pode ultrapassar os 100 ms, já para o plano de usuário é o tempo gasto para os dados partir do terminal móvel até o nó de borda da rede de acesso que não pode ultrapassar os 5 ms (GODINHO et al., 2018, p. 8).

3 QUINTA GERAÇÃO (5G)

A cada dia o mundo está evoluindo e cada vez aumenta a necessidade de as pessoas ficarem conectadas, mas atualmente com o surgimento da IoT, Big Data, Realidade Aumentada, Streaming, Serviços na Nuvem entre outras tecnologias mais atuais o consumo de dados vem aumentando. Mas para que essas tecnologias continuem a evoluir, observou-se a necessidade de um sistema robusto, seguro, rápido e de baixa latência. Visando suprir o que foi citado foi que surgiu a rede móvel de Quinta Geração (5G) (MENDES, 2019).

Os principais requisitos buscados com a implementação da rede 5G são uma taxa de dados de 1 a 10 Gbps, latência de 5 a 1 ms, disponibilidade de 99,99%, largura de banda por unidade de área com suporte a 1000 vezes mais dispositivos móveis que o 4G conseguindo suportar um alto quantidade de dispositivos que favorece realizar o IoT massivo. O aumento de largura de banda com maior número de dispositivos conectados possibilita uma cobertura total para 100% de conectividade, garantindo a conexão a todos usuários próximos à rede 5G. Além disso, o 5G deve ajudar a melhorar a questão de consumo e poluição causados pelas baterias, pois tem a intenção de reduzir o consumo de energia esperando uma redução de até 90% no consumo de dispositivos de baixa potência. O 5G deve atender os requisitos de aumento de duração de baterias sendo fundamental que os dispositivos tenham uma longa vida útil de bateria de até 10 anos (OLIVEIRA; ALENCAR; LOPES, 2018).

Silva (SILVA, 2016, p. 85) conclui que:

“A 5G não tem como propósito ser uma nova tecnologia, e sim agregar as qualidades da Terceira e Quarta geração. Oferecerá melhorias a nível de hardware, o que permitirá serviços ininterruptos, mantendo a qualidade da conexão e prometendo revolucionar a internet das coisas.”

3.1 CASOS DE USO DO 5G

De acordo com a União Internacional de Telecomunicações (ITU) os três principais grupos de caso de uso do 5G são (MENDES, 2019):

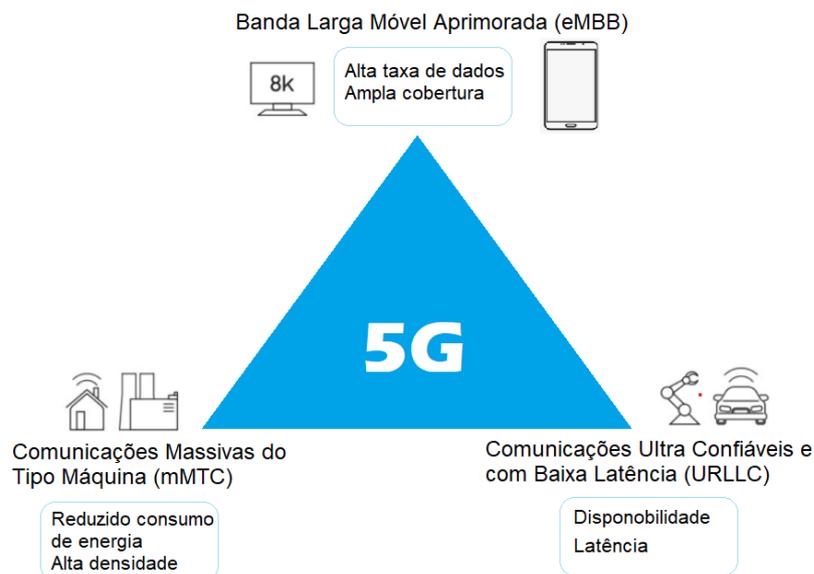
- Banda Larga Móvel Aprimorada (EMBB): apresenta uma integração com as tecnologias existentes no 4G, tem como foco aplicações que necessitam de

alta taxa de dados e uma ampla área de cobertura (MENDES, 2019). Consistindo na primeira implementação comercial do 5G, utilizada em locais com alta densidade de pessoas como estádio de futebol, eventos musicais, aeroporto e casas/edifícios inteligentes (smart home) (SOUZA, 2018a).

- Comunicações Ultra Confiáveis e com Baixa Latência (URLLC): com foco em garantir atender requisitos de aplicações que exigem baixa latência e disponibilidade constante. Esta banda fornecerá suporte para aplicações de missão críticas como procedimentos de medicina remota, direção autônoma e assistida de veículos e automação industrial (MENDES, 2019).
- Comunicações Massivas do Tipo Máquina (mMTC): com objetivo de atender dispositivos de baixo custo, baixo consumo de energia e principalmente uma alta densidade de dispositivos conectados. As tecnologias devem usar a mesma rede física sem que haja conflito entre elas (MENDES, 2019). Usada para suporte e comunicação dos dispositivos IoT, permitindo um grande desenvolvimento tecnológico, por exemplo, nas cidades inteligentes e rede de sensores sem fio para agricultura (OLIVEIRA; ALENCAR; LOPES, 2018).

Desta maneira, cada caso de uso apresenta requisitos críticos diferentes para atender sua garantia de QoS. A figura 1 mostra os principais requisitos de cada caso de uso do 5G.

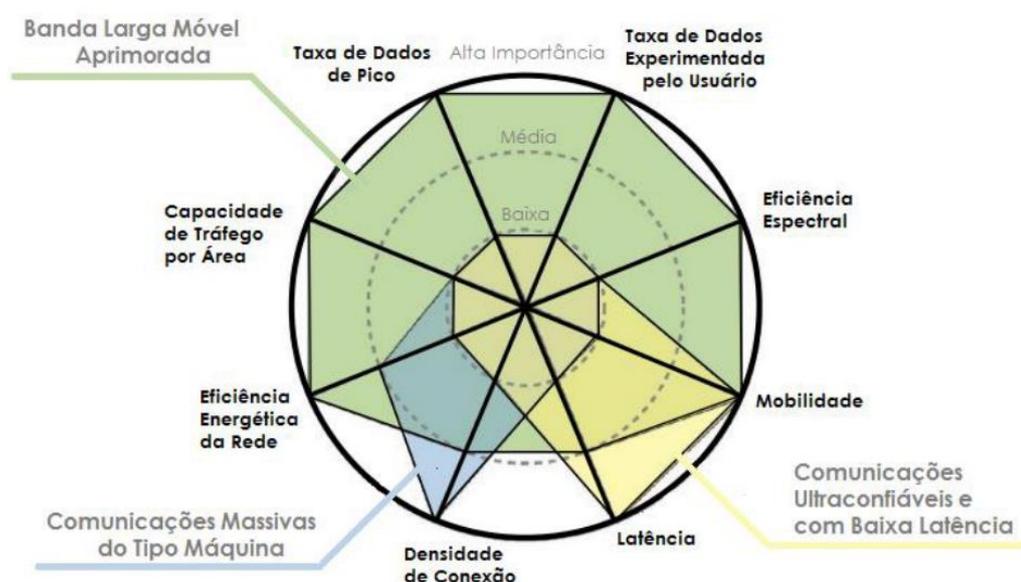
Figura 1 - Requisitos dos Casos de Uso do 5G



Fonte – Autoria Própria.

De acordo com a necessidade de cada grupo dos casos de uso descritos, as redes 5G utilizam um conjunto ampliado de frequências, dessa maneira otimizando os diferentes tipos de aplicações de cada grupo. Aproveitando de um amplo uso do espectro (CAMPOS, 2017). A figura 2 mostra o nível de importância de cada requisito, em relação a cada caso de uso.

Figura 2 - A importância dos principais requisitos dos diferentes caso de uso



Fonte: (MENDES, 2019).

3.2 TECNOLOGIAS A SEREM UTILIZADAS NO 5G

3.2.1 MIMO Massivo

O MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) é uma rede sem fio que permite a transmissão e recepção de mais de um sinal de dados simultaneamente através do mesmo canal de rádio. Nas redes MIMO são utilizadas duas ou quatro antenas, em relação ao MIMO Massivo (*Massive Multiple Input Multiple Output*) geralmente são utilizadas mais de 100 antenas por estação base. Essa quantidade maior de antenas exige frequências mais altas e com comprimento de onda menores que os padrões das gerações anteriores (MOREIRA, 2018).

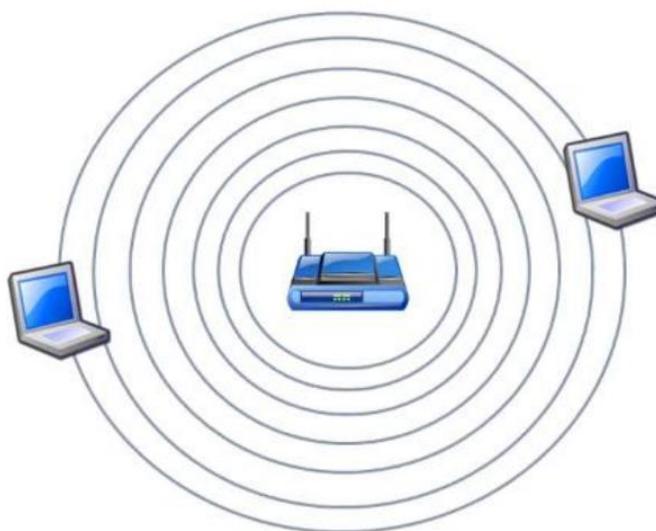
Dessa maneira o MIMO Massivo possibilita a transmissão de múltiplos fluxos de dados com uma alta eficiência espectral, reduzindo a interferência e consequentemente melhorando a qualidade do sinal (SILVA, 2020).

3.2.2 Beamforming

De acordo com Moreira (MOREIRA, 2018, p. 19) “O *beamforming* é a técnica utilizada para concentrar sinais de rádio na direção dos clientes com os quais estão se comunicando, a fim de ganhar melhor capacidade e taxa de transferência”.

O uso do *beamforming* permite ao 5G a distribuição de sinal de maneira direcionada, a um dispositivo específico da rede em formato de um feixe, entregando um sinal mais concentrado e não espalhado. Diferente das gerações anteriores que usavam um sistema de sinal omnidirecional (OLIVEIRA; ALENCAR; LOPES, 2018). A figura 3 representa um sistema de sinal omnidirecional.

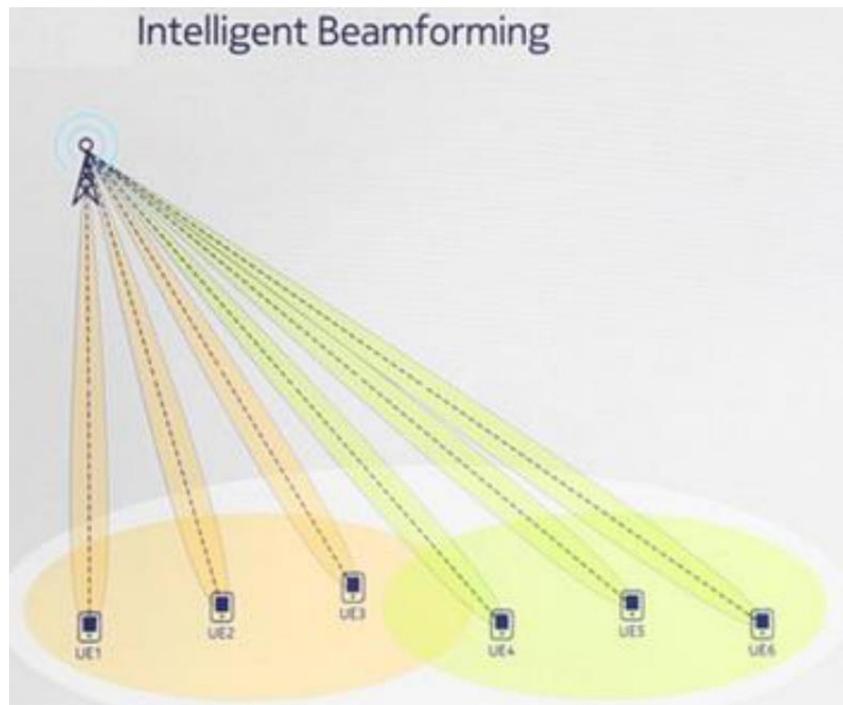
Figura 3 - Sistema Omnidirecional



Fonte: (MOREIRA, 2018).

Baseado no feedback dos dispositivos conectados, o *beamforming* permitirá à estação base detectar o cliente e transmitir o sinal apenas em sua direção. Priorizando o uso da rede para determinado dispositivo reduzindo interferência de outros dispositivos e aumentando a taxa de transferência para o dispositivo específico (MOREIRA, 2018). A figura 4 representa uma antena 5G com uso do *beamforming*, entregando sinal de forma direcionada aos dispositivos.

Figura 4 - Antena 5G entregando sinal com Beamforming



Fonte: (MOREIRA, 2018).

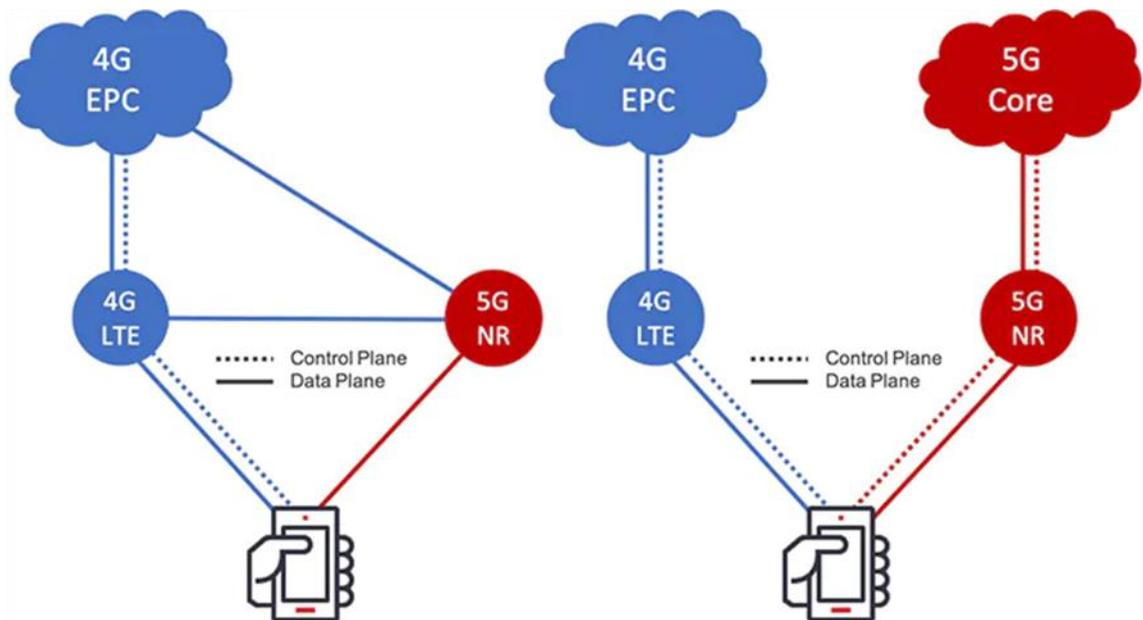
3.4 ARQUITETURA DO 5G

Os dois primeiros modelos de arquitetura da rede de 5G são o 5G *StandAlone* (SA) e o 5G *Non-StandAlone* (NSA).

Na rede NSA ou rede não autônoma as redes de acesso 5G e LTE são combinadas, permitindo que um dispositivo se conecte simultaneamente em ambas as tecnologias, como também se conectem no plano controle do LTE e no plano usuário no 5G. Esta arquitetura favorece que as operadoras aprimorem as redes de 4G para fornecer uma rede 5G, conseguindo aumentar a taxa de transmissão de dados e reduzindo a latência da rede aproveitando a estrutura existente (OLIVEIRA; ALENCAR; LOPES, 2018).

Na rede SA ou rede autônoma é uma rede independente que permite que as redes de 4G e 5G trabalhem em conjunto sem que uma rede dependa da outra. Nesta arquitetura cada tecnologia de acesso via rádio, 5G e LTE possui um núcleo de rede separado (MENDES, 2019). A figura 5 mostra simplificada os modos de funcionamento do 5G NSA e 5G SA.

Figura 5 - Modos 5G NSA e 5G SA



Fonte: (CIENA, 2020).

Diferente das outras gerações com o 5G existe a possibilidade de integrar tecnologia de gerações diferentes em variadas configurações. Essas características de arquitetura do 5G permitirá que as operadoras trabalhem com configurações diferentes conforme o tipo de cliente que será atendido pela rede em determinado local. Deste modo o 5G não será um substituto imediato para as redes 4G, haverá integração entre 4G e 5G (MENDES, 2019).

3.5 QOS – QUALIDADE DO SERVIÇO

QoS é a capacidade de melhorar os serviços de tráfego na rede sobre tecnologias de comunicação de redes de dados. Apresentando como principal característica, dar prioridade a determinado serviço, garantindo um bom desempenho (TELECO, 2021b).

Em suas perguntas relacionadas ao que é ao QoS, a empresa Cisco (CISCO, 2009) responde que QoS se refere à capacidade de uma rede de fornecer um serviço melhor para o tráfego de rede, dependendo do tipo de aplicação. Na qual, QoS é uma coleção de tecnologias que permite que aplicações requisitem e

recebam níveis de serviços previsíveis, obtendo prioridades definidas de tráfego na rede.

A garantia do QoS é atingida, com uso de ferramentas para gerenciar o congestionamento da rede, formação de rede tráfego, utilizando-se de maneira ampla área de links de forma mais eficiente, e definindo políticas de tráfego em toda a rede. O QoS oferece serviços de rede inteligente, que ajudam a fornecer desempenho consistente e previsível (BEN SLIMEN et al., 2021)

De acordo com Iglesias (IGLESIAS, 2014, p. 63) os requisitos de QoS são um conjunto de critérios que definem níveis aceitáveis de operação para o fornecimento de determinado serviço, que permitem definir a qualidade do serviço. A Garantia de QoS de determinada rede de comunicação será determinada a partir destes critérios utilizados.

A garantia do QoS é atingida, com uso de ferramentas para gerenciar o congestionamento da rede, formação de rede tráfego, utilizando-se de maneira ampla área de links de forma mais eficiente, e definindo políticas de tráfego em toda a rede. O QoS oferece serviços de rede inteligente, que ajudam a fornecer desempenho consistente e previsível (TELECO, 2021c).

Os requisitos de QoS dependem de vários fatores, por exemplo, as condições de interferência e os procedimentos da camada física adotados, como no caso do 5G a presença de múltiplas entradas múltiplas e saídas massivas do MIMO Massivo, pode ser um fator determinante (TAMANG et al., 2021). Pois o QoS de um serviço de telecomunicação, reflete sobre a capacidade de satisfazer as necessidades declaradas e implícitas do tipo de serviço atendido, como perda de pacotes, latência, taxa de transferência, *jitter* (variação de atraso) e atraso (BEN SLIMEN et al., 2021).

A inovação da rede 5G é essencial para lidar com os altos níveis de tráfego de dados, consumo de energia, alta mobilidade, ampla cobertura e os demais requisitos de QoS. Oferecendo soluções para os desafios acima, visando uma comunicação onipresente entre pessoas, pessoas para máquina e máquina para máquina, garantido o QoS independentemente do tipo de dispositivos eletrônicos e serviços solicitados a qualquer momento e em qualquer lugar (REHMAN et al., 2018).

Diferentemente da tendência de evolução até então apresentada pelos sistemas celulares atuais, as redes de comunicação sem fio 5G não serão

simplesmente um 4G com taxa mais elevada. Na realidade, as redes 5G constituirão uma série de novos serviços e aplicações com requerimentos de disponibilidade e qualidade muito exigentes. Pode-se, portanto, definir os requisitos de qualidade da comunicação do tipo URLLC, são eles: comunicação praticamente ininterrupta, latência baixa, eficiência espectral e eficiência energética melhoradas (SOUZA, 2019).

Ao se referir de aplicações de missão críticas os critérios principais são: latência, tempo que um pacote de dados leva para ser transferido de um ponto para outro (dado em ms), e confiabilidade, relacionada com a capacidade de transmissão de pacote de dados em um determinado período com uma alta probabilidade de sucesso (SOUZA, 2018a).

4 IOT – INTERNET DAS COISAS

O surgimento do termo IoT foi no ano de 1999, sendo o termo usado por Kevin Ashton do MIT, que usou esta expressão enquanto falava sobre as potencialidades do RFID (*Radio-Frequency IDentification* ou, em português, Identificação por Rádio Frequência) na cadeia de abastecimento da multinacional Procter & Gramble, visando chamar atenção dos empresários para o fato de computadores e máquinas serem capazes de executar coisas melhores do que pessoas que tem tempo, atenção e precisão limitados. Alguns anos depois Kevin Ashton escreveu o artigo “*That ‘Internet of Things’ thing*” para a revista RFID Journal (SINGER, 2012).

No artigo “Internet das Coisas na Educação” os autores DEIDMAR, SOBREIRA e LIMA (DEIDMAR; SOBREIRA; LIMA, 2018, p. 59) chegam ao seguinte conceito para IoT considerando:

“Uma rede de dispositivos físicos conectados, que permitem a interação entre si e com objetos externos, através de interfaces de controle e sensoriamento, possibilitando grande quantidade de dados e diversas formas de interação entre o mundo virtual e o real.”

De acordo com SILVA e FARIA no Trabalho de Conclusão de Curso com o título “UMA VISÃO SOBRE INTERNET DAS COISAS” (SILVA; FARIA, 2019, p. 13) seguindo a definição de IoT, os termos “Internet” e “Coisas” pode ser interpretada pelas perspectivas como:

“A ‘Internet’ pode ser qualquer rede de computadores pública ou privada baseada no padrão Internet Protocol (IP), e ‘Coisas’ se referem a objetos que conectam os mundos físico e digital e possuem conectividade com a internet.”

A IoT possibilita que dispositivos ou objetos possam escutar, ver, executar tarefas, compartilhar dados e informações e até tomar decisões de forma autônoma sem interferência direta do usuário. Com isso os dispositivos podem recolher informações do ambiente à sua volta e compartilhar essas informações com outros dispositivos de IoT a sua volta. Essas informações geradas podem ser utilizadas para numerosos fins e interesses (SOUZA, 2018a).

5 METODOLOGIA

O método de pesquisa deste Trabalho de Conclusão de Curso foi uma pesquisa bibliográfica com intuito de demonstrar como funcionará a prioridade de garantia de QoS do 5G em aplicações de missão crítica, através de uma pesquisa exploratória e analítica, juntamente a um estudo descritivo abrangendo os requisitos necessários que o 5G consiga implantar a garantia de QoS em aplicações de missão crítica. Esta pesquisa tem uma abordagem exploratória qualitativa devido ao fato de o 5G ser uma tecnologia nova que ainda está sendo implantada aos poucos em alguns países, e no Brasil ainda não foi implantada comercialmente.

Durante esta pesquisa são abordados assuntos relacionados ao tema, para obter uma base de dados sobre o problema em questão e possíveis soluções. Inicialmente elaborando um levantamento bibliográfico sobre 5G e aplicações da tecnologia em determinadas áreas mais críticas da IoT que exigem uma garantia de QoS ultra confiável combinada a uma baixa latência. O levantamento foi feito através de pesquisas em artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e sites confiáveis relacionados a 5G, aplicações de missão crítica, QoS e IoT.

As buscas por título foram feitas utilizando combinações com as seguintes palavras-chaves: 5G, aplicações de missão crítica, QoS, URLLC e IoT. Primeiramente, no levantamento bibliográfico foram utilizados trabalhos publicados em português, para melhor compreensão dos termos técnicos utilizados. Posteriormente foi pesquisados artigos científicos publicados em inglês. Foi utilizado como fonte de pesquisa as bases de dados Scielo, Google Acadêmico, Science Direct e IEEE Xplore. Como critérios de exclusão, durante a pesquisa exploratória, foram utilizados apenas os trabalhos com ênfase maior em QoS e URLLC.

Concluído o levantamento foi realizada análise para determinar quais tecnologias estão empregadas no 5G para priorizar o tráfego na rede para aplicações de missão crítica. Verificando quais os benefícios e dificuldades encontrados para a implantação de garantia de QoS do 5G, para as aplicações de missão crítica, sejam técnicas ou legislativas, para se ter noção do tamanho do desafio que é a aplicação da garantia de QoS com o 5G.

6 RESULTADO E DISCUSSÕES

6.1 GARANTIA DE QOS DO 5G

O fatiamento de rede ou *network slicing* é um dos recursos mais importantes do 5G, para fornecer acesso diferenciado para diferentes tipos de aplicações (ALOTAIBI, 2021). Consistindo em dividir a rede física em fatias lógicas e fornecer acesso prioritário a determinadas aplicações da rede, possibilitando que aplicações de missão crítica tenham maior prioridade e QoS garantido, enquanto as aplicações demais aplicações poderão ocupar outra fatia de menor prioridade. Resultando também numa maior segurança, mantendo as diferentes redes lógicas isoladas uma da outra (MAILER, 2020).

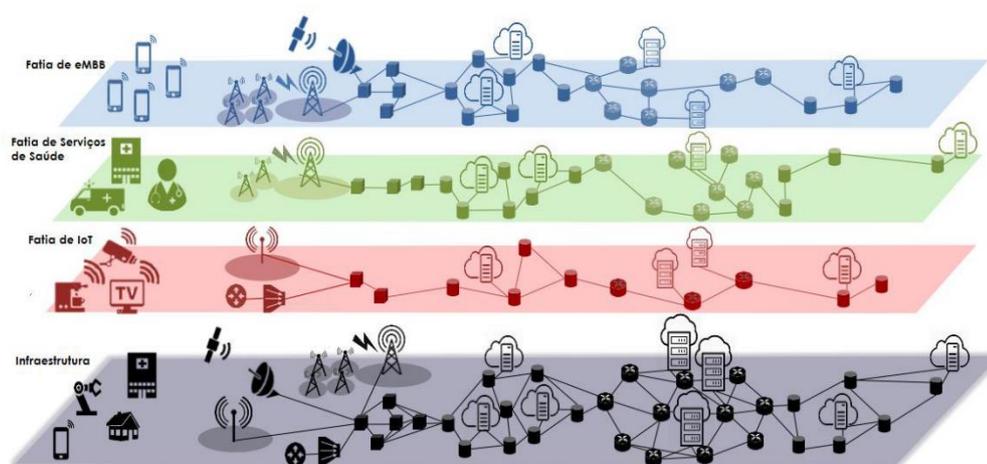
Oliveira (OLIVEIRA, 2019, p. 21) conclui. que no fatiamento de rede:

“Basicamente, é criado uma instância virtual de uma rede, contendo nesta instância atributos que foram definidos para determinado perfil de serviço, usuário ou dispositivos finais, pode-se chamar esses atributos de comportamentos isolados de uma rede virtual criada para o perfil de serviço, usuário ou dispositivos finais.”

O fatiamento da rede permite que a operadora crie redes customizadas para fornecer soluções otimizadas para diferentes cenários de mercado, que demandam diversos requisitos em termos de funcionalidade, desempenho e isolamento. (SOLDANI et al., 2017). No caso deste estudo, esta funcionalidade de isolamento de dados de tráfego crítico do menos crítico, é uma característica essencial do sistema 5G.

Para que seja realizado o fatiamento de rede, uma tecnologia de grande utilidade é a virtualização das redes de acesso por rádio, que permite criar, gerenciar e configurar a rede dinamicamente atendendo os requisitos de QoS de cada serviço (ALOTAIBI, 2021). Tendo como propriedades importantes isolamento, fácil programação e adaptabilidade para atender de forma diferenciada os diferentes tipos de serviços com a rede 5G. Permitindo que o fatiamento e a virtualização atendam as prioridades de multisserviços, sobre um mesmo hardware físico, reduzindo custo (BOTH et al., 2020). A figura 6 representa a utilização de uma mesma infraestrutura para suportar serviços de IoT, Saúde e eMBB, através do fatiamento de rede.

Figura 6 - Fatiamento de Rede utilizado para criar fatias de serviços através de uma mesma infraestrutura



Fonte: (MENDES, 2019).

As redes definidas por software e a virtualização de rede permite que os provedores de serviço de comunicação ofereçam serviços de maneira flexível e sob demanda. Visando atender os requisitos de comunicação de determinados tipos de aplicações de maneira específica, garantindo o QoS (MENDES, 2019).

Rede definida por software é uma arquitetura projetada, visando permitir a adaptação a uma variedade dinâmica de requisitos dos aplicativos. Esta arquitetura separa o gerenciamento de rede da infraestrutura, permitindo que o tráfego seja ajustado dinamicamente em toda a rede para atender às necessidades de mudança. O objetivo principal é reduzir ainda mais a complexidade de redes definidas estaticamente, automatizar funções de rede, acelerando a implantação de aplicativos e serviços, e simplificar o suporte e gerenciamento de recursos de rede (SLALMI et al., 2020).

O controle rede definida por software monitora o estado dos recursos da rede e executa o gerenciamento inteligente de tráfego de acordo com as informações coletadas. Capaz de gerenciar facilmente todo o funcionamento da alocação de recursos para fatias centrais porque o gerenciamento da mobilidade pode ser executado pelos softwares com bastante precisão nas redes de fatia, não esbarrando em limitações de hardware (LIMA, 2019). Possibilitando criar conexões priorizadas na camada de rede de transporte, isolando assim o tráfego dos demais serviços, e garantindo a disponibilidade de recursos adequados (SLALMI et al., 2020).

A implementação do serviço diferenciado com rede definida por software é baseada no tratamento diferenciado de classes, capaz de gerenciar diferentes serviços de várias maneiras na rede 5G. Com isso, os pacotes de dados de uma aplicação de missão crítica ao chegarem em um comutador, são separados e recebem um tratamento prioritário (LIMA, 2019).

Vale ressaltar que segundo Mailer (MAILER, 2020, p. 34) para realizar o fatiamento, tecnologias como redes definidas por software e a virtualização são de grande utilidade. No trabalho realizado por Lima (LIMA, 2019, p. 14) também é destacado que a arquitetura do 5G para alcançar seus objetivos esperados, principalmente em se tratando de garantia de QoS, dentre as tecnologias utilizadas destacam-se a virtualização de funções de rede e o fatiamento de rede.

O fatiamento de rede é necessário para que cada aplicativo se conecte a uma rede configurada de maneira ideal, de maneira automatizada, para gerenciar seus requisitos de tráfego, mostrando apenas a fatia de rede destinada, sendo as demais invisíveis e inacessíveis (TELLO-OQUENDO et al., 2019). Esta divisão de rede deve garantir recursos e QoS para cada fluxo sempre, de modo isolado para que nenhuma fatia interfira no tráfego de outra (CELANI et al., 2020).

O cenário de fatiamento mais comum inclui um único IP que aluga seus recursos de rede para um conjunto de operadoras de rede móvel independentes, fornecendo serviços de rede avançados. Outro interessante cenário é representado por um modelo de negócios, onde uma micro operadora fornece serviços personalizados em áreas limitadas (TAMANG et al., 2021).

O fatiamento de rede é um tema muito quente atualmente nas pesquisas e nas áreas industriais, devido aos muitos benefícios que traz. Sobre isso, o fatiamento de rede é visto como um promissor candidato ao cumprimento automatizado e autônomo de requisitos de serviços, como *e-Health* (saúde digital). Assim, várias obras podem ser encontradas abordando os vários aspectos do gerenciamento de fatia em 5G compartilhadas infraestruturas (BEN SLIMEN et al., 2021).

Aumentar a capacidade da rede 5G é muito mais fácil porque a própria rede é programável. As redes 5G são capazes de implantar fatias de rede que criam redes lógicas para atender aos serviços com tipos semelhantes de requisitos, como fatia

IoT e fatia de baixa latência, atendendo assim a aplicativos com garantia (SIRIWARDHANA et al., 2021).

De acordo com Ismael da S. Teixeira para se realizar a avaliação do QoE e QoS destacam-se dois métodos, o de avaliação subjetiva e o outro de objetiva. Na avaliação subjetiva, a medição ocorre utilizando uma escala de 1 a 5 a partir da percepção do usuário com o uso do serviço, tendo como referência um serviço anterior para realizar a comparação e estabelecer a nota. Já na avaliação objetiva, utiliza o modelo de estimativa com base nos parâmetros de QoS. Sobre o serviço 5G aplicado em aplicações de missão crítica os parâmetros principais são latência, confiabilidade e disponibilidade (TEIXEIRA, 2020).

O Internet Engineering Task Force (IETF) define dois modelos padrão para implementação do controle da garantia de QoS, que são os serviços integrados (IntServ) e serviços diferenciados (DiffServ) (TELECO, 2021c).

Serviço integrado é um modelo de serviço múltiplo capaz de acomodar vários requisitos de QoS, na qual a aplicação pode solicitar um tipo específico de serviço de rede antes de enviar dados, trabalhando com pacote utilizando a garantia de QoS. Este serviço é inviável para o 5G, que possui uma infraestrutura flexível baseada em rede definida por software (LIMA, 2019).

O Serviço Diferenciado fornece um atendimento escalável sem a necessidade de sinalização e estado de fluxo da aplicação. Podendo enviar pacotes de dados sem a necessidade de confirmar informações antes. Este modelo de serviço trabalha apenas com os roteadores de borda, evitando a necessidade de configuração complexa do núcleo da rede, exigindo menos roteadores. Sendo o modelo mais adequado para atender a garantia de qualidade do 5G (HENRY; SZIGETI; MURILLO, 2020).

6.2 BENEFÍCIOS DO 5G

Uma pesquisa realizada pela empresa Nokia destaca que não há nenhuma tecnologia capaz de gerar uma transformação digital e impulsionar a produtividade em larga escala como o 5G. Citando que a expectativa, somente no Brasil, e de gerar US\$ 1,2 trilhões no período de 2021 até 2035, os setores mais beneficiados serão US\$ 241 bilhões para o setor de tecnologia, informação e comunicação, US\$

189 bilhões para o governo, US\$ 181 bilhões para o setor de manufatura, US\$ 152 bilhões para o setor de serviços, US\$ 88 bilhões para o setor de varejo, US\$ 77 bilhões para o setor da agricultura, US\$ 48,6 bilhões para o setor de mineração. Podendo este dinheiro ser capaz de alavancar a retomada do crescimento na economia nos próximos anos no pós-pandemia. Mas é citado que para isso ocorrer é necessário, o quanto antes, que o país realize o leilão do 5G e sua implementação, para que este investimento previsto não seja direcionado a outros países que já implementaram o 5G (SILVA; SANTOS, 2021).

O fatiamento da rede 5G fornece às operadoras de serviço flexibilidade, eficiência operacional e redução do tempo de lançamento de novos serviços. Essa estrutura proposta, permite supervisionar a fatia e expressar um feedback em relação à qualidade recebida dos serviços (BEN SLIMEN et al., 2021). Permitindo que as operadoras de telefonia móvel forneçam com a mesma infraestrutura requisitos específicos para cada caso de uso do 5G, garantindo os diferentes tipos de QoS para os mais variados cenários, causando uma economia de recursos. Proporcionando uma experiência similar a rede física separada, pois as fatias de rede são isoladas umas das outras, nos Planos de Controle e de Usuário (MENDES, 2019).

A virtualização de funções de redes é um conjunto de técnicas que visam diminuir o custo em equipamentos nas redes móveis de 5G, para a realização de uma função específica de rede, como a execução de alguma atividade de missão crítica garantindo sua QoS (ALOTAIBI, 2021). Pois, diferente das redes anteriores, para realizar uma função de rede nova ou atualizar uma em execução basta apenas instalar uma aplicação de rede para realizar determinada função. Essas funções podem ser um firewall, inspeção profunda de pacotes, detecção de intrusão, por exemplo (OLIVEIRA, 2019).

O 5G permitirá a comunicação de veículos autônomos entre si, compartilhando dados como posição, velocidade, distância, caminho, tráfego ao redor, etc. Pois as tecnologias capazes de suportar o 5G se beneficiam da troca de grande volume de dados, do uso do sistema MIMO para aumento de transmissão explorando os múltiplos fluxos de informação, entre cada antena. O que favorece também as demais aplicações de missão crítica, através da IoT, como as cirurgias

remotas, monitores de saúde, diagnóstico remoto, atividades industriais de alto risco, entre outros (SILVA, 2019).

O uso de sensoriamento remoto e comunicações sem fio móveis, facilita o acesso aos dados nos veículos autônomos, o que é fundamental para tornar as cidades inteligentes uma realidade (KAABNEH; GHNAIMAT, 2019). Por meio da capacidades de comunicação avançadas, os veículos inteligentes serão capazes de interagir não apenas com satélites de navegação e transmissão, mas também com smartphones de passageiros, unidades de serviço de beira de estrada e outros veículos inteligentes, tornando-os um componente essencial da IoT e do desenvolvimento de cidades inteligentes (TUFAIL et al., 2021).

Um caso de negócios mais atraente para as operadoras, a fim de cobrir os custos de um dedicado Infraestrutura 5G e a telessaúde. O fatiamento da rede e os dispositivos IoT podem ser um facilitador fundamental para esse fim. Ao economizar mais os custos de atendimento e tornar os serviços mais acessíveis (SOLDANI et al., 2017).

A disponibilidade de conectividade a qualquer hora e em qualquer lugar, e com tecnologia de ponta em dispositivos IoT resultaram em melhorias na qualidade dos pacientes devida, principalmente em termos de consciência de saúde e fortalecimento. Trabalhando com o conceito de atendimento a qualquer hora e em qualquer lugar, explorando os melhores recursos de conexão de comunicações sem fio e tecnologias de rede em um ambiente heterogêneo. Portanto, fornecendo uma alternativa ao sistema tradicional de prestação de cuidados de saúde, e auxiliando ao sistema preencher a lacuna entre as áreas rurais e urbanas, de difícil acesso (REHMAN et al., 2018).

A aplicação oportuna de tecnologias relevantes será imperativa não apenas para proteger, mas também para gerenciar o mundo pós-COVID-19. As novas tecnologias como IoT, Inteligência Artificial, comunicações 5G e computação em nuvem podem desempenhar um papel vital, promovendo proteção e melhoria das pessoas e das economias. (SIRIWARDHANA et al., 2021). A implantação desta tecnologia na telessaúde contribuiu para redução da transmissão viral, por meio da implantação de um plano de ação composto pela monitoração remota de pacientes, teleconsultoria, bem como por teleconsultas, as quais possibilitam a triagem dos casos e o atendimento de indivíduos isolados (TEIXEIRA; CARVALHO, 2020).

A vantagem do 5G para as demais redes é a possibilidade de prestar serviços, sem fio, em distâncias muito longas sem quase nenhuma estrutura (antenas e roteadores). Assim, podendo ser um recurso ideal para o subdesenvolvido de áreas operadas e / ou áreas com escassez de experientes cirurgiões (LACY et al., 2019). Assim, os pacientes e profissionais de saúde com uso de dispositivos portáteis e uma garantia de QoS podem prestar serviços nessas áreas de maneira satisfatória (REHMAN et al., 2018).

A rede 5G será usada para interconectar dispositivos críticos e dados que exigem mais segurança para garantir privacidade e segurança. Por exemplo, uma violação de segurança nos sistemas de fornecimento de energia online ou qualquer outro sistemas críticos podem ser desastrosos para todos os sistemas que dependem deles (KAABNEH; GHNAIMAT, 2019).

6.3 DESAFIOS DO 5G

Em aplicações de missão crítica na área da saúde, as redes existentes para fornecer uma garantia de QoS necessária, é um desafio produzir e entregar dados em tempo real a partir de sensores. Pois, estes sistemas consistem em infraestrutura distribuídas e complexas, que sofrem com interferência de transmissão e restrições de energia (RODRIGUES et al., 2021). Muitos estudos tentam empregar estratégias de QoS com as tecnologias existentes, mas são restringidos por falta de disponibilidade, limitações de estratégias e falta de regulamentação de leis focadas em ambientes hospitalares críticos e e-saúde, soluções não combinam estratégias em diferentes aplicações e transmissão de dados em tempo real (SIRIWARDHANA et al., 2021). O 5G deve solucionar este desafio para que se torne possível garantir uma QoS nessas aplicações, permitindo executar esses sistemas sem limitações operacionais (RODRIGUES et al., 2021).

Uma preocupação no desenvolvimento das redes 5G, envolve o controle de acesso a camada MAC (*Medium Access Control*). Devido às características dos serviços para atender as aplicações de missão crítica, como alta confiabilidade e baixa latência, não permitem o uso de técnicas centralizadas para o controle de acesso. Portanto, é necessário desenvolver protocolos para garantir acesso com custo mínimo, o que pode-se tornar mais desafiador quando procura se atender dispositivos com baixa capacidade de processamento (SOUZA, 2018b).

Cada serviço que acessa a rede 5G possui diferentes necessidades, implicando em diferentes critérios de QoS. Com isso a necessidade de uma rede adaptativa para atender diversos serviços diferentes, alocando recursos de acordo com a necessidade dos serviços, evitando desperdícios de recursos e garantindo a qualidade do serviço. O que ainda não é possível com as redes atuais, com isso espera-se que o 5G, que é uma rede criada com intuito de ser flexível e adaptável aos múltiplos serviços existentes, consiga solucionar esses problemas de múltiplos serviços. (COSTA et al., 2016).

Com avanço de novos lançamentos de serviços e arquitetura com o 5G, vai introduzir novas soluções, para serviços que ainda não existem soluções completamente definidas, devido à complexidade dos problemas abordados ou falta de um padrão específico para lidar com a solucionar estes problemas (SIRIWARDHANA et al., 2021). Contribuindo para avanços nos carros autônomos, como solucionar problemas de engarrafamento, direção autônoma e direção remota. Além de permitir acesso e compartilhamento de espectros, principalmente os não licenciados, uso de IoT em redes não terrestres e suporte a sistemas aéreos não tripulados (BOTH et al., 2020).

O 5G tem intuito de evitar congestionamento na rede causados por compartilhamentos, em razão de existir interferência de sinal entres os dispositivos conectados à rede, que podem causar aumento de latência. Provocando piora nos indicadores de QoS, principalmente em serviços que exigem comunicação ultra confiável de baixa latência (BEN SLIMEN et al., 2021). Outro problema que deve ser resolvido é a estabilidade da conexão, no qual um cliente do serviço ao se deslocar pode sofrer degradação na qualidade do serviço, podendo até ter sua conexão interrompida e perder os dados de escalonados pelo servidor. Espera-se que a estabilidade para aplicações de missão crítica sejam diferentes dos demais serviços, alocando recursos de forma prioritária para atender essas aplicações, que necessitam de uma maior confiabilidade para execução (ALVES; KOSLOVSKI, 2020).

A implementação global de redes 5G requer um elevado investimento, e vários lugares do mundo ainda não tem infraestrutura para atender aos requisitos operacionais do 5G, o que pode atrasar ou invalidar a utilização dos serviços do 5G (MENDES, 2019). Para garantir um retorno justo, as operadoras e prestadoras de

serviços de telecomunicações devem trajar maneiras estratégicas sobre as oportunidades de monetização ou receita dos serviços, ainda mais com os casos de uso de novos serviços como URLLC e MMTC, que são tipos de serviços diferentes dos convencionais oferecidos pelas operadoras, personalizando a operação de acordo com seu modelo de negócio (OLIVEIRA; ALENCAR; LOPES, 2018).

Questões sobre privacidade e segurança, é um desafio fundamental para todas as redes baseadas em dados, como as redes de comunicação sem fio. Com relação a garantia de qualidade os aplicativos são de importância diferente para cada usuário e eles também possuem requisitos de QoS diversificados em nível de rede (BEN SLIMEN et al., 2021). Não foram feitas muitas pesquisas ainda neste domínio para redes 5G. Alguns autores tentaram desenvolver mecanismos de autenticação e mecanismos de criptografia, no entanto, muitos problemas permanecem sem solução (TUFAIL et al., 2021).

A implantação limitada de redes 5G e a disponibilidade limitada de dispositivos 5G será um problema para muitos países, devido principalmente à complexidade de regulamentação e elevados custos. O que pode afetar a mobilidade, que deve ser compatível com diversos aplicativos e requisitos de negócios (WEERASINGHE; BALAPUWADUGE; LI, 2020). É um desafio ter certeza de que a rede oferece suporte à mobilidade de maneira confiável. Mais estudos são necessários, pois o número de transferências frequentes vai aumentar, o que pode afetar o desempenho de diferentes aplicativos (TUFAIL et al., 2021).

Fornecer uma garantia de serviço para URLLC com 5G é extremamente desafiador, especialmente quando se considera a ultra confiabilidade e a baixa latência, que representam dois requisitos contraditórios. Por exemplo, alcançar alta confiabilidade requer verificação de paridade, codificação ou redundância de link e retransmissões de pacotes que, por sua vez, aumentam a latência (WEERASINGHE; BALAPUWADUGE; LI, 2020). Esse aumento de latência pode colocar em risco a vida, especialmente em atividades que têm tempo limitado para tomar decisões (LACY et al., 2019).

Ainda é um desafio projetar uma arquitetura de fatia de rede robusta. Atualmente, verifica-se que o isolamento total da fatia de rede ainda não foi atingido. O isolamento total significa que cada instância de fatia de rede tem sua própria função, sem compartilhar com as outras fatias. Cada fatia deve ter seu próprio

caminho para seu tráfego de dados e armazenar seus dados em armazenamento ou memória separada, sem compartilhá-lo com instâncias de fatia de rede diferentes. Pois para se ter uma prioridade satisfatória em determinada aplicação, cada fatia deve funcionar de forma independente (ALOTAIBI, 2021).

As soluções desenvolvidas com a tecnologia 5G atendem vários casos de uso relacionados à saúde, como telessaúde, tele triagem, gerenciamento de remédios, auto isolamento e rastreamento e monitoramento de pacientes, implantações de serviços de saúde. Mas antes de implantar essas aplicações com funcionalidade total muitos desafios devem ser tratados, como privacidade, segurança, escalabilidade, questões sociais e legais (SIRIWARDHANA et al., 2021). Portanto, para que esses serviços sejam explorados em sua potencialidade, é necessário investimentos na infraestrutura e tecnologia, mas também na criação de leis precisas para regulamentação (TEIXEIRA; CARVALHO, 2020).

6.4 APLICAÇÕES DO 5G COM QOS

Com a ajuda do 5G e de vários dispositivos de IoT em uma cidade inteligente, 5G permitiria que o carro autônomo interaja e colabore com a cidade, moradores e outras entidades urbanas, como semáforos inteligentes ou vagas de estacionamento conectadas (RAISSI; YANGUI; CAMPS, 2019). Ajudando a reduzir o consumo de energia e o gerenciamento do tráfego durante as horas de ponta, colaborando para os serviços de emergência, que são críticos, podem ser prestados a tempo. (TUFAIL et al., 2021).

A implementação de sistemas de direção autônomos ou remotos apresenta um desafio, uma vez que esses serviços estão expostos a vários eventos, como pedestres, veículos e obstáculos, exigindo um nível muito mais alto de consciência situacional e uma interação mais dinâmica (TAMANG et al., 2021).

Os carros autônomos poderão obter informações de tráfego, como rua bloqueada e considerar um caminho alternativo, em tempo real, com uso do 5G. Essas informações são comunicadas aos carros com menor latência e maior largura de banda. Isto é capacitador crítico e fundamental para carros autônomos, que exigem curto atrasos nas comunicações e larguras de banda substanciais para seus funcionamento adequado (RAISSI; YANGUI; CAMPS, 2019).

No trabalho de Raissi, Yangui e Camps (RAISSI; YANGUI; CAMPS, 2019) apresentam formas de contribuição para evolução da operação de carros autônomos dentro de um ambiente urbano inteligente utilizando comunicação 5G. A principal lição aprendida é que os protocolos atuais, não são adequados para tais ambientes. Protocolos apropriados precisam ser projetados para melhor atender aos requisitos de tais sistemas dinâmicos e móveis, como o caso de carros autônomos.

Na pesquisa utilizando 5G na área de saúde, para a transmissão de fluxos de vídeo de ultrassom entre uma ambulância em movimento e um hospital, na qual é uma situação crítica devido o paciente está vulnerável e precisa de cuidados imediatos. Apontou como vantagens significativas de desempenho do 5G, citando aprimoramento do QoS e da conectividade, em comparação com as redes anteriores (REHMAN et al., 2018). Este resultado é de extrema importância, devido uma má qualidade de sinal prejudica os serviços em execução, uma vez que pode causar uma interrupção da comunicação entre os médicos e paciente, uma degradação da qualidade implica em perigo para o paciente. Como tal, deve haver sensores para prever e alertar uma má qualidade de sinal, pois deve haver alertar a estrutura de atuação que irá para ações corretivas que garantam uma ultra confiabilidade do serviço de comunicação (BEN SLIMEN et al., 2021).

No trabalho de Tamang, Martiradonna, Abrado e Mandó (TAMANG et al., 2021), testaram um mecanismo de fatiamento para fornecer os serviços de missão crítica necessários para o cenário de veículos autônomos, no caso em particular de condução autônoma para sistemas de trilhos como metrô e trens. Realizando a avaliação da eficácia do mecanismo para garantir o isolamento e para fornecer o QoS necessário, através de simulações, obtendo como resultado confiabilidade de 99.9%, exigindo um menor uso do espectro.

Ocorreu em Barcelona e Xangai cirurgia remota, com uso do sinal 5G. A tecnologia 5G permitiu operar cirurgias complexas em tempo real, com segurança de modo eficiente e com alto grau de satisfação das equipes cirúrgicas. Oferecendo a possibilidade de trabalhar com um sinal estável e com uma baixa latência. Mas a aplicação desta tecnologia na telemedicina tem limitações práticas, como falta de padrões, requisitos legais e éticos para o tele cirurgião realizar as cirurgias (LACY et al., 2019).

A tele cirurgia permite que os cirurgiões realizem procedimentos cirúrgicos à distância. Cirurgias complicadas podem ser executadas com a rede 5G no futuro. Não somente cirurgia espinhal poderia se beneficiar desta rede de alta velocidade, mas, também outras cirurgias como cirurgia cardíaca, cirurgia urinária e cirurgia hepatobiliar (TIAN et al., 2020). Todos esses tele serviços relacionados à saúde são altamente encorajados no período pós-COVID-19. Fatores como falta de recursos nas unidades de saúde, diretrizes de distanciamento social impostas pelas autoridades, requisitos de manutenção dos serviços de saúde e a necessidade de minimizar o risco de exposição dos profissionais de saúde ao COVID-19, são fatores que motivam os tele serviços relacionados à saúde (SIRIWARDHANA et al., 2021)

Durante a cirurgia tele robótica da coluna vertebral de 12 pacientes, os autores do artigo concluíram que a cirurgia da coluna vertebral assistida por robô 5G remota é precisa, confiável e segura. O atraso do sistema e a instabilidade da rede foram os principais obstáculos da cirurgia remota em tempo real. A revolução do sistema sem fio de 5G, torna real a prática da cirurgia remota. A rede 5G tem um desempenho espetacular em alta velocidade, baixa latência e alta largura de banda, garantindo mais segurança e confiabilidade em cirurgia remota (TIAN et al., 2020).

No trabalho de Soldani et al. (SOLDANI et al., 2017) os estudos se concentraram em sistemas móveis 5g para URLLC aplicadas na saúde, especificamente em tele cirurgia sem fio, usando celular e plataformas robóticas com vídeo, áudio e sistema tátil. O principal objetivo dessas tecnologias é reduzir custos e ajudar as pessoas a permanecerem ativas ou independentes com uma boa qualidade de vida. A implantação do 5G possibilita a substituição de cabos, permitindo adoção e utilização de plataformas robóticas globalmente.

A telemedicina tem requisitos rígidos e exigem tecnologias sofisticadas para a funcionalidade adequada. Os serviços de consulta, programas de educação em saúde, monitoramento de pacientes, cirurgia e entrega de remédios, podem ser realizados remotamente, com uma garantia de QoS com uso do 5G (SIRIWARDHANA et al., 2021). Viabilizando o acompanhamento remoto de dezenas de pacientes e preservando a saúde dos profissionais, como ocorreu no hospital da Universidade de Sichuan no Oeste Chinês, com implantação do 5G para a promoção de serviços médicos remotos para tratamentos de COVID-19 (TEIXEIRA; CARVALHO, 2020).

A área de saúde é identificada como um dos principais setores para qual a infraestrutura 5G deve fornecer soluções. Como suporte para diagnóstico de AVC e tratamento pré-hospitalar do mesmo em uma ambulância, com o médico podendo prestar o atendimento de maneira remota. Essa solução pode salvar vidas, com ganhos de tempo ao iniciar o tratamento precoce do AVC intra-hospitalar, reduzindo assim o risco de diagnóstico incorreto (BEN SLIMEN et al., 2021).

Uma abordagem de saúde domiciliar foi usada, na qual a transição do estado de saúde é gerada para determinar a probabilidade de recuperação do paciente. Este método, pode contribuir para monitorar o estado de saúde de pacientes afetados pela mesma doença infecciosa pode ser analisada. Evitando alerta de surdo de doença em determinada região específica, para que medidas de controle sejam tomadas (REHMAN et al., 2018).

7 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho, possibilitou compreender a importância de conseguir uma garantia de QoS em aplicações de missão crítica, com a implantação do 5G junto ao IoT. Devido ao fato destas aplicações exigirem para operar sem limitações, uma comunicação ultra confiável e de baixa latência, necessitando de uma rede que possua um isolamento satisfatório de sinal para evitar interferência no serviço. Evitando o risco de falhas, que causam falta disponibilidade de serviço e atrasos, que podem causar enormes prejuízos e fatalidades.

O estudo realizado neste trabalho, em relação a garantia de QoS com 5G, teve como objetivo mostrar a capacidade desta rede móvel, em garantir o funcionamento satisfatório de aplicações de missão crítica. Evidenciando o impacto que a tecnologia traz, ao garantir um novo serviço de comunicação voltado para serviços que exigem uma comunicação ultra confiável e de baixa latência, a partir de um levantamento bibliográfico. Obtendo informações sobre as principais tecnologias empregadas no 5g para garantir o QoS, bem como os benefícios e os desafios para que consiga esta garantia.

No presente trabalho, inicialmente foi realizando uma pesquisa sobre a evolução das redes móveis ao longo do tempo, para compreender as principais tecnologias utilizadas em cada geração das redes móveis, bem como suas características e padrões. A fim de compreender melhor o 5G, apresentando os diferenciais das demais redes móveis anteriores.

Ao realizar um estudo sobre a evolução das redes móveis, destacando as tecnologias utilizadas empregadas e melhorias oferecidas em cada geração, foi possível observar a evolução de um simples serviço de comunicação de voz entre pessoas para uma comunicação robusta e flexível capaz de atender tanto a comunicação de pessoas como de máquinas. Principalmente com o 5G que tem intuito de oferecer diferentes serviços de comunicação para serviços distintos, de acordo com a necessidade de cada aplicação.

Com o levantamento das aplicações, que serão consideradas de missão crítica, observa-se que a maioria das pesquisas estão focadas na área da saúde e carros autônomos com interação com cidades inteligentes. Aplicações que ainda operam com limitações, mas o 5G atendendo com prioridade de QoS com garantia

está obtendo resultados satisfatórios, que podem possibilitar que todas as funcionalidades dessas aplicações ocorram com desempenho adequado, pois essas aplicações oferecem riscos tanto econômicos como a vida das pessoas.

O fatiamento de rede mostra a principal tecnologia do 5G para garantir o QoS, ao utilizar a mesma infraestrutura para atender requisitos específicos de cada caso de uso do 5G, possibilitando que aplicações de missão crítica tenham maior prioridade de QoS garantido, enquanto as demais aplicações ocupam outra fatia de menor prioridade. Além de garantir uma fatia que atenda aos requisitos de confiabilidade e latência, o fatiamento garante um isolamento de sinal de maior prioridade das demais, evitando que ocorra interferência e degradação de sinal, como também garante que as aplicações localizem apenas a fatia destinada para a aplicação específica, sendo as demais invisíveis e inacessíveis.

Para o desenvolvimento do fatiamento de rede, as redes definidas por software e a virtualização de rede são tecnologias essenciais, pois permite gerenciar e configurar a rede dinamicamente para atender os requisitos de qualidade específicos, garantido a qualidade do serviço, sem precisar investir em novos equipamentos.

O 5G permitirá a comunicação de veículos autônomos entre si, compartilhando dados como posição, velocidade, distância, caminho, tráfego ao redor, como também a comunicação com os demais dispositivos IoT das cidades inteligentes. Na área de saúde, que é uma área que destaca o uso de várias aplicações de missão crítica, como as cirurgias, monitores de saúde, diagnóstico, atendimento com ambulância, entre outras aplicações, pode ser executadas de forma remota com uso do 5G e com nível de operação satisfatório de acordo com vários autores referenciados nesta pesquisa. Conseguindo o 5G obter resultados que comprovam uma garantia de QoS nestas aplicações.

A tecnologia 5G ainda está em processo de padronização e implantação, havendo a necessidade de solucionar problemas como falta de regulamentação de leis focadas em garantia de QoS, questões envolvendo privacidade e segurança. Outro desafio é a disponibilidade de sinal com qualidade em áreas mais remotas que atualmente não foi resolvido com nenhuma das redes anteriores.

Conclui através das pesquisas realizadas que 5G através do uso de tecnologias de fatiamento de rede combinado as redes definidas por software e a

virtualização de rede podem solucionar o problema de garantia de QoS, dando prioridade maior para serviços mais críticos. Mas, ainda falta mais estudo práticos do uso dessas tecnologias, pois a maioria dos estudos se passeia em simulações, para verificar se esta rede futuramente será capaz de entrega uma comunicação sem interferência e com um isolamento total das fatias, pois a interferência de sinal pode causar aumento de latência, o que causa atrasos que não são aceitos em aplicações de missão crítica.

Durante o processo de pesquisa exploratória proposta, uma dificuldade encontrada foi a escassez de artigos do tema em língua portuguesa, sendo a maioria dos trabalhos encontrados em português serem trabalhos de conclusão de cursos e teses. Fazendo necessário um longo tempo para traduzir os artigos científicos em inglês, para então realizar uma análise do conteúdo.

O 5G junto IoT são plataformas de inovação para o futuro, sendo fundamental a colaboração de pesquisadores e a necessidade de trabalhos na área, principalmente estudos mais aprofundados com prioridade em aplicações de missão crítica. Realizando experimentos em ambientes reais que comprovem mais a capacidade destas tecnologias, na realização de serviços que ainda operam de maneira limitada em situações reais do dia a dia.

Com o processo de implementação de redes 5G está em fase inicial, sugestão para trabalho futuro, com perspectiva econômica, abordando como as operadoras e prestadoras de serviços de telecomunicações poderão monetizar seus serviços, principalmente relacionados a IoT e aplicações de missão crítica, que são novos tipos de serviços, com grande potencial econômico. Um estudo sobre os desafios dos carros autônomos no Brasil, devido às condições das estradas brasileiras e falta de cobertura de serviços de telecomunicação em muitas estradas do país, tem grande relevância. Outro tema relevante é sobre o uso da Inteligência Artificial no 5G, para automatizar a gestão da rede com o mínimo de intervenção humana possível.

REFERÊNCIAS

- ALOTAIBI, D. Survey on Network Slice Isolation in 5G Networks: Fundamental Challenges. **Procedia Computer Science**, v. 182, p. 38–45, 2021.
- ALVES, M.; KOSLOVSKI, G. P. Uma Proposta Inicial baseada em Mobile Edge Computing para Orquestrar Caches em Redes 5G. **Sociedade Brasileira de Computação – SBC**, p. 66–71, 2020.
- BEN SLIMEN, Y. et al. Quality of perception prediction in 5G slices for e-Health services using user-perceived QoS. **Computer Communications**, v. 178, n. June, p. 1–13, 2021.
- BOTH, C. et al. Soft5G+: explorando a softwarização nas redes 5G. **Minicursos do XXXVIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, n. 1, p. 49, 2020.
- CAMPOS, L. Estudo das características de ondas milimétricas para os sistemas 5G. **Universidade Federal Fluminense**, p. 93, 2017.
- CELANI, A. C. et al. Network Function Virtualization Aplicada a Redes Celulares. **Instituto Nacional de Telecomunicações**, p. 1–7, 2020.
- CIENA. **As redes backhaul 4G/5G no centro das atenções**. Disponível em: <https://www.ciena.com.br/insights/articles/spotlight-on-4g-5g-backhaul-networks_pt_BR.html>. Acesso em: 19 dez. 2021.
- CISCO. **Perguntas mais frequentes sobre QoS**. Disponível em: <https://www.cisco.com/c/pt_br/support/docs/quality-of-service-qos/qos-policing/22833-qos-faq.html>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- COSTA, L. R. et al. Solução Ótima para Alocação de Recursos de Rádio com Restrições de QoS em Sistemas Multicelulares com Múltiplos. **Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, p. 14, 2016.
- DEIDMAR, G. L. C.; SOBREIRA, D. DA S.; LIMA, W. D. DE. Internet das Coisas na Educação. **Revista Tecnologias em Projeção**, v. 8, n. 2, p. 67–78, 2018.
- GODINHO, H. F. et al. Uma abordagem sobre a tecnologia 4G LTE e sua aplicação no Brasil. **Revista Científica Semana Acadêmica**, v. 1, p. 1–14, 2018.
- HENRY, J.; SZIGETI, T.; MURILLO, L. M. C. **Diffserv to QCI Mapping**. Disponível em: <<https://tools.ietf.org/id/draft-henry-tsvwg-diffserv-to-qci-03.html>>. Acesso em: 1 out. 2021.
- IGLESIAS, F. DOS S. C. Análise da viabilidade de indicadores de infraestrutura e confiabilidade de redes móveis. **Universidade de Brasília - UnB**, p. 100, 2014.
- KAABNEH, K.; GHNAIMAT, T. A survey of QoS in 5g network for IoT applications. **International Journal of Science and Applied Information Technology**, v. 8, n. 6, p. 139–143, 2019.
- LACY, A. M. et al. 5G-assisted telementored surgery. **British Journal of Surgery**, v. 106, n. 12, p. 1576–1579, 2019.
- LIMA, J. C. DA C. DE. GARANTIA DE QOS NO NÚCLEO DA REDE MÓVEL

CELULAR DE QUINTA GERAÇÃO UTILIZANDO REDES DEFINIDAS POR SOFTWARE. **Universidade Federal do Ceará**, p. 46, 2019.

LUIZ, V. et al. Evolução da tecnologia de telefonia móvel e estudo e caracterização de um sistema móvel 5G de quinta geração. **ENGEVISTA**, v. 21, n. 1, p. 154–175, 2019.

MAILER, C. **Plataforma de CORE 5G em nuvem para disponibilização de funções de rede como serviço**. [s.l.: s.n.].

MENDES, H. F. DOS S. Abordagem teórica da aplicação de virtualização de funções de rede na tecnologia de comunicação 5G. **Universidade Federal Fluminense**, p. 64, 2019.

MOREIRA, M. M. 5G – Evolução, MIMO massivo, beamforming e formas de onda. **Universidade Federal Fluminense Escola**, p. 72, 2018.

NIKOLOFSKI, D. R. F. A quarta geração das redes sem fio: benefícios e evolução. **Programa de Pós-Graduação em Teleinformática e Redes de Computadores, Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, p. 28, 2011.

OLHAR DIGITAL. **Entenda a diferença entre 4G, 4.5G, 5G e outras redes de internet móvel - Olhar Digital**. Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/2018/02/16/dicas-e-tutoriais/entenda-a-diferenca-entre-4g-4-5g-5g-e-outras-redes-de-internet-movel/>>. Acesso em: 12 jun. 2021.

OLIVEIRA, B. S. DE. Levantamento do estado da arte em aplicações de saúde que utilizam redes de comunicação 5g, e suas perspectivas. **Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará**, p. 51, 2019.

OLIVEIRA, L. A. N.; ALENCAR, M. S.; LOPES, W. T. A. Evolução da Arquitetura de Redes Móveis Rumo ao 5G. **Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação**, v. 8, n. 2, p. 43–50, 2018.

RAISSI, F.; YANGUI, S.; CAMPS, F. Autonomous Cars, 5G Mobile Networks and Smart Cities: Beyond the Hype. **Proceedings - 2019 IEEE 28th International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, WETICE 2019**, p. 180–185, 2019.

REHMAN, I. U. et al. Small Cell-based Ambulance Scenario for Medical Video Streaming: A 5G-health use case. **2018 15th International Conference on Smart Cities: Improving Quality of Life Using ICT and IoT, HONET-ICT 2018**, p. 29–32, 2018.

RODRIGUES, V. F. et al. Unindo Aplicações Críticas e Sensores IoT com QoS Individual e Adaptativo em Hospitais Inteligentes. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO APLICADA À SAÚDE (SBCAS)**, v. 21, p. 12, 2021.

SILVA, A. F. DA; FARIA, G. F. S. DE F. Uma visão sobre internet das coisas. **Universidade Federal Fluminense**, p. 45, 2019.

SILVA, F. V. M. DA; SANTOS, A. C. G. A regulamentação brasileira sobre telemedicina: um impulso dado pelo COVID - 19 em busca da garantia ao acesso à saúde. **Revista do CEPEJ**, v. 23, p. 133–153, 2021.

SILVA, R. H. R. DA. Criptografia em redes móveis de quinta geração. **Escola de Ciências Exatas e da Computação, da Pontifícia Universidade Católica de**

Goiás, v. 21, n. 1, p. 69, 2020.

SILVA, Í. L. DA C. S. Do 1G Ao 5G: Evolução das Redes De Telefonia Móvel. **UFRB - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia**, p. 90, 2016.

SILVA, M. M. Os desafios da 4 Revolucao Industrial na Empregabilidade e no apoio as Pessoas Vulneraveis. **Autonoma TechLab**, p. 4, 2019.

SINGER, T. Tudo conectado: conceitos e representações da internet das coisas. **Tudo conectado: conceitos e representações da internet das coisas**, p. 15, 2012.

SIRIWARDHANA, Y. et al. The role of 5G for digital healthcare against COVID-19 pandemic: Opportunities and challenges. **ICT Express**, v. 7, n. 2, p. 244–252, 2021.

SLALMI, A. et al. On the ultra-reliable and low-latency communications for tactile internet in 5G era. **Procedia Computer Science**, v. 176, p. 3853–3862, 2020.

SOLDANI, D. et al. 5G Mobile Systems for Healthcare. **IEEE Vehicular Technology Conference**, v. 2017- June, p. 5, 2017.

SOUZA, D. F. DE. Avaliação Comparativa de Modulações Candidatas às Redes 5G Baseadas em LTE e Escalonamento de Recursos Considerando Fila e Qualidade de Canal. **Universidade Federal de Goiás – UFG**, p. 70, 2018a.

SOUZA, J. H. I. DE. Alocação de Potência e Protocolos de Acesso em Redes de Comunicação 5G. **Universidade Estadual de Londrina**, p. 51, 2018b.

SOUZA, W. S. Estudo da comunicação entre máquinas em cenários de baixa latência e alta confiabilidade. **Universidade Estadual Paulista**, p. 45, 2019.

TAMANG, D. et al. Architecting 5G RAN slicing for location aware vehicle to infrastructure communications: The Autonomous Tram use case. **Computer Networks**, v. 200, n. June, p. 11, 2021.

TEIXEIRA, I. DA S. Em câmara de reverberação aplicado ao 5g fr2 (ondas milimétricas). **Pontifícia Universidade Católica de Campinas**, v. 2, p. 96, 2020.

TEIXEIRA, L. A.; CARVALHO, W. R. G. DE. Telehealth and COVID-19: strategy to combat the pandemic and a new path for health care. **Interamerican Journal of Medicine and Health**, v. 6, n. 2, p. 1–4, 2020.

TELECO. **3G: Tecnologias de Celular**. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/3g_tecnologia.asp>. Acesso em: 11 jun. 2021.

TELECO. **LTE: Evolução das Redes Móveis**. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialintlte/pagina_2.asp>. Acesso em: 9 jun. 2021a.

TELECO. **Qualidade de serviço abordando os conceito de QoS**. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialqosotm/pagina_3.asp>. Acesso em: 14 ago. 2021b.

TELECO. **Qualidade de Serviços (QoS): Serviços de QoS**. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialqosotm/pagina_3.asp>. Acesso em: 1 out. 2021c.

TELLO-OQUENDO, L. et al. Software-Defined architecture for QoS-Aware IoT

deployments in 5G systems. **Ad Hoc Networks**, v. 93, p. 11, 2019.

TIAN, W. et al. Telerobotic spinal surgery based on 5g network: The first 12 cases. **Neurospine**, v. 17, n. 1, p. 114–120, 2020.

TUFAIL, A. et al. A Survey on 5G Enabled Multi-Access Edge Computing for Smart Cities : Issues and Future Prospects. **International Journal of Computer Science and Network Security**, v. 21, n. 6, p. 107–118, 2021.

WEERASINGHE, T. N.; BALAPUWADUGE, I. A. M.; LI, F. Y. Priority-based initial access for URLLC traffic in massive IoT networks: Schemes and performance analysis. **Computer Networks**, v. 178, n. May, p. 16, 2020.