



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

**REDES 5G: UMA COMPARAÇÃO DA EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA EM
RELAÇÃO ÀS REDES 4G**

RIO BRANCO

2018

ALBERTO OTTAVIANO FLANGINI NETO

**REDES 5G: UMA COMPARAÇÃO DA EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA EM
RELAÇÃO ÀS REDES 4G**

Monografia apresentada como exigência final para obtenção do grau de bacharel em Sistemas de Informação da Universidade Federal do Acre.

Prof. Orientador: Dr. André Luiz Nasserala Pires

RIO BRANCO

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

ALBERTO OTTAVIANO FLANGINI NETO

REDES 5G: UMA COMPARAÇÃO DA EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA EM RELAÇÃO ÀS REDES 4G

Esta monografia foi apresentada como trabalho de conclusão de Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal do Acre, sendo aprovado pela banca constituída pelo professor orientador e membros abaixo mencionados.

Compuseram a banca:

André Luiz Nasserala Pires, Dr.
Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

Catarina de Souza Costa, Dr.
Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

Wilker Luis Gadelha Maia, Me.
Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

Rio Branco, 21 de março de 2018

À minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

A escrita dos agradecimentos é uma oportunidade única para reconhecer aqueles que foram importantes nesta etapa, mas também para observar o crescimento resultante do conhecimento adquirido no decorrer desta etapa de minha vida que, por mais difícil que seja, se faz tão gratificante quanto é importante, a graduação. Sendo assim, a lista de agradecimentos não é pequena.

À toda minha família, especialmente aos meus pais pelo apoio, à minha irmã por estar presente nos momentos mais difíceis e, às minhas avós, por serem mulheres extremamente batalhadoras, as quais me espelho enquanto pessoa.

Aos meus amigos, que me distraíram quando necessário e estiveram presentes além de me suportarem durante as crises de ansiedade e raiva, me incentivando a continuar e perseguir este sonho até o fim.

Ao orientador deste trabalho, que se fez presente sempre quando necessário e ajudou a produzir o mesmo, além de todos os outros professores do curso de Sistemas de Informação da UFAC, que proveram o conhecimento para que esta realização se tornasse possível.

Por último, e mais importante, a mim mesmo por não ter desistido do curso e chegar ao fim desta graduação sem cometer atentados contra a própria vida ou a de terceiros, superando todas as diversas dificuldades encontradas pelo caminho.

Nos tempos de dificuldade, onde tudo parece se resumir à um céu nublado, devemos lembrar que toda plantação precisa não apenas de sol e bons momentos, mas também de chuva para crescer e prosperar.

(Alberto Ottaviano)

RESUMO

As redes móveis trazem a possibilidade da mobilidade enquanto se permanece conectado à Internet, de modo a tornar realidade a comunicação ininterrupta entre pessoas, com trocas de dados dos mais variados. Para suprir essa necessidade de comunicação constante, que evolui progressivamente com a criação de novas formas de uso da rede, além da crescente quantidade de conexões simultâneas à mesma, há uma evolução gradual em sua forma de acesso móvel. Para ser considerado como uma nova geração, o conjunto de melhorias com relação à sua antecessora, deve apresentar evoluções consideráveis no que diz respeito a alguns aspectos relevantes, dependentes das necessidades de uso da rede para aquele momento de lançamento da nova geração. O presente trabalho buscou encontrar na literatura estes aspectos referentes às tecnologias de redes móveis, além de dados que demonstrassem a evolução dos mesmos entre as gerações, especialmente para a próxima geração, nomeada de 5G.

Palavras-chave: Internet; Sem fio; Redes móveis; Quinta Geração; 5G.

ABSTRACT

Mobile networks bring the possibility of mobility while staying connected to the Internet, so as to make real the uninterrupted communication between people, with data exchanges of the most varied. In order to meet this need for constant communication, which progressively evolves with the creation of new ways of using the network, in addition to the increasing number of simultaneous connections to it, there is a gradual evolution in its form of mobile access. In order to be considered as a new generation, the set of improvements compared to its predecessor, should present considerable evolutions regarding some relevant aspects, dependent on the needs of use of the network for that moment of launch of the new generation. The present work sought to find in the literature these aspects related to mobile network technologies, as well as data that demonstrate the evolution of them among the generations, especially for the next one, 5G.

Key-words: Internet; *wireless*; Mobile Network; Fifth Generation; 5G.

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1: MÉTODOS PARA ACESSO À INTERNET NO BRASIL	17
FIGURA 2: EVULÇÃO DAS APLICAÇÕES DA INTERNET	22
FIGURA 3: MODELO DE REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA DE GARZA-REYES (2015)	26
FIGURA 4: PREVISÕES DA ITU PARA O CENÁRIO MOBILE E WIRELESS EM 2020	37
FIGURA 5: PERÍODO DE LANÇAMENTO DAS GERAÇÕES DE REDES MÓVEIS	39
FIGURA 6: DEMONSTRAÇÃO DO TEMPO DE LATÊNCIA	40
FIGURA 7: EVOLUÇÃO DA LATÊNCIA	41
FIGURA 8: RELAÇÃO VELOCIDADE X LATÊNCIA EM APLICAÇÕES DIVERSAS	42
FIGURA 9: EVOLUÇÃO DA DISPONIBILIDADE DAS REDES MÓVEIS	46
FIGURA 10: EVOLUÇÃO DA MOBILIDADE DAS REDES MÓVEIS	49
FIGURA 11: POSSIBILIDADES DE TRANSMISSÃO DA REDE 5G	54

LISTAS DE QUADROS

QUADRO 1: CAMADAS E TECNOLOGIAS DE REDES <i>WIRELESS</i>	24
QUADRO 2: QUANTIDADE DE TRABALHOS OBTIDOS COM A <i>STRING</i> EM PORTUGUÊS	31
QUADRO 3: QUANTIDADE DE TRABALHOS OBTIDOS COM A <i>STRING</i> EM INGLÊS	31
QUADRO 4: RECORRÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS	35
QUADRO 5: ANOS APROXIMADOS DE LANÇAMENTO DAS TECNOLOGIAS DE REDES MÓVEIS	39
QUADRO 6: TEMPO MÉDIO DE LATÊNCIA DAS REDES EM MILISSEGUNDOS	41
QUADRO 7: MÉDIA DE VELOCIDADE APRESENTADA PELAS GERAÇÕES DE REDES MÓVEIS	43
QUADRO 8: DISPONIBILIDADE DAS GERAÇÕES DE REDES MÓVEIS	45
QUADRO 9: MOBILIDADE NAS GERAÇÕES DE REDES MÓVEIS	48
QUADRO 10: TIPOS DE SERVIÇOS E DADOS NAS GERAÇÕES DE REDES MÓVEIS	52
QUADRO 11: RESUMO DOS DADOS EXPOSTOS NO TRABALHO	56

SUMÁRIO

LISTAS DE FIGURAS	9
LISTAS DE QUADROS	10
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA	14
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	15
1.2.1 OBJETIVO GERAL	16
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	16
1.4 METODOLOGIA	18
1.5 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 REDES DE COMPUTADORES	21
2.1.1 INTERNET	22
2.1.2 REDES WIRELESS	23
2.1.2.1 REDES MÓVEIS	24
2.2 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	25
3 ESTUDO DE CASO	28
3.1 CONDUÇÃO DA PESQUISA.....	28
3.1.1 A QUESTÃO E A STRING DE BUSCA.....	29
3.1.2 LOCALIZAÇÃO DOS ESTUDOS	30
3.1.3 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO E EXCLUSÃO DOS ESTUDOS	32

1 INTRODUÇÃO

Após o surgimento da Internet, e o desenvolvimento de novas formas de se compartilhar informações, viu-se a possibilidade de se facilitar a realização de tarefas através do uso da rede.

Com a evolução da tecnologia, houve o surgimento um segmento da tecnologia voltado à maior mobilidade, ainda com conectividade à Internet, comumente chamados de dispositivos móveis como, por exemplo, *Smartphones*, *Smartwatches*, dentre outros dispositivos denominados “Dispositivos inteligentes”. Para conexão destes à rede, houve a adaptação dos meios de conexão, onde criou-se o conceito de redes *wireless*, um termo inglês para denominação de “Sem Fio”, e sua aplicação prática em redes, o *Wi-Fi*, que é uma abreviação para o termo “*wireless Fidelity*” ou, em uma tradução livre, “Fidelidade Sem Fio”.

Posteriormente, viu-se uma necessidade de aumento, tanto na velocidade destas conexões sem fio quanto no alcance das mesmas surgindo então, como uma evolução, o conceito de redes móveis, sendo uma forma de conexão com alcance relativamente superior, porém com menor velocidade de conexão quando comparada às redes *Wi-Fi*, possibilitando maior mobilidade do que sua predecessora permitia.

Com a evolução das tecnologias móveis, e a utilização difundida de aparelhos móveis, que fazem uso desta modalidade de rede para acesso à Internet, além da

constante evolução de ambos, nos deparamos atualmente com o surgimento de nova geração das redes móveis, a rede de 5ª Geração, ou rede 5G. A rede 5G surge como a evolução natural desta modalidade de rede sem fio, buscando especialmente uma melhora na velocidade e disponibilidade deste tipo de rede.

Somada à evolução das redes, com a inserção de novas tecnologias a fim de facilitar a vida do usuário final, surgem novas maneiras de se acessar e armazenar dados, possibilitando novas formas de se realizar tarefas cotidianas como compartilhamento de arquivos, acesso à bancos e pagamentos de contas, entre outros serviços disponíveis para dispositivos móveis.

Tendo em vista o possível alto grau de privacidade das informações trafegadas na rede, uma vez que este tráfego é impulsionado e facilitado pela utilização de dispositivos e redes móveis, há a necessidade de caução específica quanto à proteção destes dados enquanto circulam através destas redes, de modo a garantir a integridade e privacidade destas informações.

Neste sentido, este trabalho objetiva encontrar na literatura publicações que demonstram aspectos variados presentes na literatura para a rede 5G, bem como realizar um comparativo com as redes em uso atualmente, a fim de demonstrar uma possível evolução presente nesta nova geração de rede móvel.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

A evolução da tecnologia móvel é um fato recorrente devido à evolução das necessidades do ser humano de uma forma geral. Deve-se observar que, para ser considerada uma evolução em relação à tecnologia anterior, existem parâmetros que devem ser supridos, caso contrário, a evolução fica cotada não como uma nova geração, mas sim como uma geração intermediária, como ocorreu com a tecnologia EDGE, situada entre as famílias de segunda geração (2G) e terceira geração (3G), sendo considerada uma evolução da intermediária 2.5G, mas ainda não faz parte da rede 3G.

Ao se levar em consideração ainda a existência de aplicativos que fazem a manipulação de dados sensíveis, isto é, dados pessoais que podem gerar problemas aos seus titulares caso sejam expostos sem autorização prévia devida como, por exemplo, dados bancários manipulados pelos aplicativos de banco, dados pessoais dispostos em redes sociais, documentos privados armazenados em nuvem, dentre outros, é possível observar o nível da problemática que a exposição ou utilização indevida dessas informações podem causar aos seus detentores originais, fazendo-se necessário observar numa evolução, dentre outros quesitos, o de segurança.

Uma vez demonstrada a necessidade de observância da segurança para com as informações trafegadas na rede, espera-se que uma atualização no modelo de rede móvel utilizado vise, não apenas uma natural melhora na velocidade da conexão e alcance ou disponibilidade da mesma, mas também uma evolução quanto aos aspectos de segurança presentes neste novo modelo, além de outras características plausíveis como tecnologia de transmissão da onda de rádio, dentre outros, a fim de garantir uma utilização despreocupada da rede para o usuário final.

Neste contexto, questiona-se: Quais são e qual é a situação atual dos aspectos relativos à evolução das redes móveis presentes na nova geração desta tecnologia, tendo em vista seu teórico alto grau de relevância?

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

É apresentado nesta seção, o objetivo geral da pesquisa, bem como seus objetivos específicos.

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma revisão sistemática da literatura em redes 5G, realizando uma comparação com a rede 4G e outras atualmente em operação, visando encontrar, dentre outros aspectos, o de segurança, velocidade, e tecnologia de transmissão de onda.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Realizar o levantamento bibliográfico acerca do tema;
- b) Selecionar aspectos mais relevantes dentre os presentes nos artigos;
- c) Sintetizar os artigos e reunir características dos aspectos selecionados;
- d) Obter dados respectivos à outras redes móveis em utilização no momento;
- e) Realizar comparação dos dados obtidos entre as redes pesquisadas.

1.3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

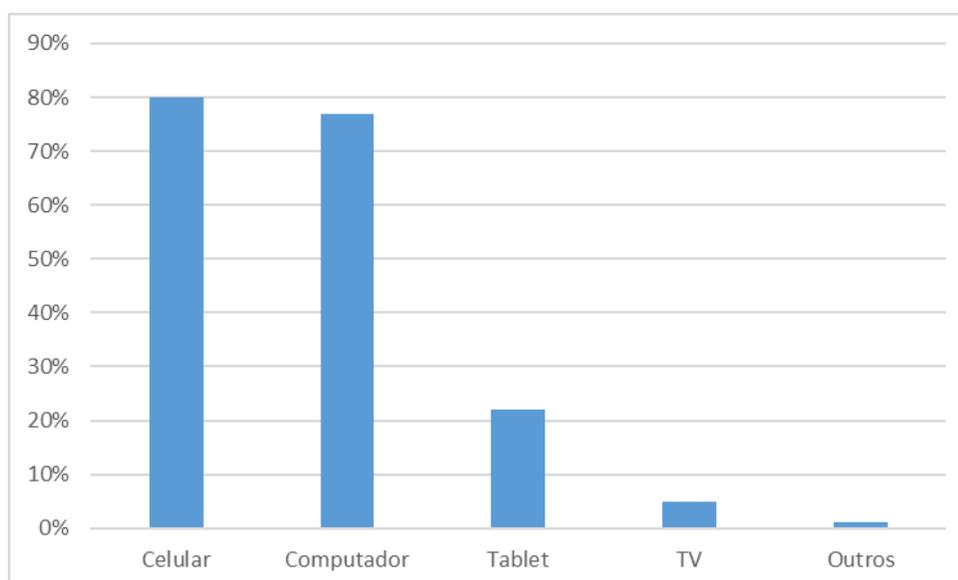
É amplamente sabido que a evolução é um processo natural para qualquer área do conhecimento humano, não se excluindo desta afirmação as tecnologias desenvolvidas em decorrência deste processo evolutivo.

Essa evolução acontece com base nas necessidades de mudança, uma característica do ser humano, que se desenvolvem com o mesmo, de modo que gerou uma sociedade globalizada, onde a informação corre de forma quase que

instantânea, transformando a mesma em uma necessidade constante e presente no dia-a-dia da população mundial.

Segundo dados de 2014, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística¹ (IBGE), conforme demonstrado na Figura 1, os smartphones já ultrapassam os computadores de mesa no que diz respeito ao acesso à Internet, onde aproximadamente 80% das famílias brasileiras se utilizam deste método para acesso à Internet, enquanto que aproximadamente 77% que utilizam o *desktop* para o mesmo fim.

Figura 1: Métodos para acesso à Internet no Brasil



Fonte: IBGE (2014)

Com a evolução da computação e redes móveis, e a ampla utilização destas tecnologias, há a necessidade de observação especial dos aspectos de segurança, não apenas pelo fator do usuário final, mas também por ser um direito constitucional brasileiro, tornando essas adequações de segurança necessárias para uma eventual veiculação do novo padrão de redes móveis em território nacional.

Segundo a Constituição Federal Brasileira de 1998, atualmente vigente, consta em seu artigo 5º, inciso 10º, que “são invioláveis a intimidade, a vida privada, a honra e a imagem das pessoas, assegurado o direito a indenização pelo dano

¹ <https://www.ibge.gov.br>

material ou moral decorrente de sua violação”, sendo observável o direito à privacidade e inviolabilidade da intimidade, mediante punição em caráter indenizatório contra o infrator deste direito.

Consta também na legislação, a lei n. 67 de 1998, que dedica-se especificamente ao tratamento de dados pessoais e à livre circulação desses dados onde, em seu 44º artigo, consta que o acesso indevido às informações pessoais de qualquer pessoa tem punição de três meses a um ano ou pagamento de multa, tendo como agravantes o acesso através da violação de regras de segurança, visadas neste trabalho, a propagação destes dados a terceiros e a possível existência de benefício ou vantagem patrimonial em decorrência deste acesso indevido.

Dentro do contexto apresentado, faz-se valer uma revisão sistemática da literatura para verificar os aspectos voltados à segurança da informação trafegada via redes móveis, além possibilitar a existência de métricas para uma posterior avaliação comparativa entre o estado da arte e o estado prático da rede visada, para quando a rede for lançada à público, além de possibilitar a criação de uma *storyline* de eventuais alterações nos focos quanto às pesquisas sobre o 5G.

1.4 METODOLOGIA

Em relação aos aspectos metodológicos desta pesquisa, quando aplicado à pesquisa científica de uma forma genérica, este trabalho pode ser classificado segundo definido por Silva e Menezes (2005) como sendo uma pesquisa Básica do ponto de vista de sua natureza, pois busca gerar conhecimentos ainda sem aplicação prática bem definida, com sua Forma de abordagem definida como qualitativa, uma vez que não busca comprovação matemática de seus resultados, tendo Objetivo Descritivo, pois busca unicamente observar e descrever as características observadas sobre seu objeto de estudo e utilizando como Procedimento Metodológico a Pesquisa Bibliográfica.

Já quando aplicado à computação, segundo a definição de Wazlawick (2014), esta pesquisa é de Natureza Original pois apresenta dados sobre uma nova área, com Objetivo Científico por expor dados existentes e explica-los em algum grau, através de um procedimento técnico de uma Pesquisa Bibliográfica, por avaliar na literatura trabalhos publicados para suprir as informações necessárias para o mesmo.

Por último, para melhor compreensão da metodologia utilizada neste trabalho, foi utilizado o método de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), apresentado por Kitchenham e Charters (2007) onde, como descrito pelos autores, este é um método de pesquisa que busca encontrar na literatura a maior quantidade de informação útil e não redundante sobre um determinado assunto através de um conjunto de passos bem estruturados.

Tendo em vista o apresentado enquanto método de RSL, este trabalho de pesquisa, divide-se basicamente em 5 etapas, composta de sub etapas exigidas para a obtenção da sistematização do método utilizado, sendo elas (Caiado *et al.*, 2016):

1. A Formulação da Questão que define os objetivos do trabalho, através da qual obtém-se as palavras-chave da *String* de Busca utilizada no trabalho para obtenção dos artigos estudados;
2. A Localização de Estudos, realizada em pelo menos duas fontes de notório valor científico;
3. A Avaliação e seleção dos estudos através de Critérios de seleção definidos sob a ótica do orientador;
4. A Análise e Síntese dos estudos selecionados, o que deve trazer as respostas para a questão inicialmente definida;
5. Por fim, a consolidação dos dados encontrados na escrita deste relatório, junto de dados sobre as redes anteriores à objetivada.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

Quanto à organização deste estudo, além deste Capítulo introdutório, que contextualiza a problemática encontrada, o trabalho é também composto de outros 3 Capítulos.

No Capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica relativa a este trabalho, contendo conceitos básicos que permitem um melhor entendimento do mesmo como, por exemplo, Redes de Computadores, Internet, Redes *wireless* e Redes Móveis, o foco deste trabalho. Há também uma explicação detalhada do tipo de metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho, a Revisão Sistemática da Literatura.

No Capítulo 3, é apresentada a forma de condução da pesquisa, de modo a atender os requisitos deste método de pesquisa com a apresentação de cada critério relativo à revisão sistemática da literatura, seus usos e justificativas. Posteriormente, ainda no capítulo 3, são apresentados os dados referentes aos resultados obtidos com esta revisão e as comparações realizadas acerca do assunto objetivado.

No Capítulo 4, por fim, são elencadas considerações finais sobre o trabalho realizado, onde é discutido o cumprimento dos objetivos apresentados e propostas algumas recomendações futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste trabalho busca abordar conceitos relacionados ao acesso à rede através do uso de redes móveis. Para tal, faz-se necessária uma explicação geral sobre Redes de computadores, Internet, e propagação *wireless* da rede. Também se encontra nesta seção uma breve explicação sobre o método de pesquisa utilizado neste trabalho.

2.1 REDES DE COMPUTADORES

O conceito “Redes de computadores” é definido como um conjunto de máquinas com capacidade de processamento e troca de informações entre si, podendo ser do tipo *hardware* (físico), como impressoras, poder de processamento, ou *software* (lógico), como fotos, e-mails, etc (MENDES, D. 2007).

A Internet, por sua vez, funciona como uma aplicação em larga escala do conceito de redes de computadores, observável a partir de seu objetivo em comum, que é o compartilhamento de informações entre computadores, podendo se estender, em casos menos comuns, à partilha de recursos de hardware (SERPANOS; WOLF, 2011).

2.1.1 INTERNET

O conceito de Internet vem evoluindo, desde a sua criação, e implementação do protocolo TCP/IP que possui suas origens no modelo de referência da ARPANET (FALL, STEVENS, 2011).

Segundo Fall e Stevens (2011), a Internet é como uma grande rede de computadores interligados através de protocolos específicos, sendo denominados TCP/IP, um conjunto de protocolos para comunicação entre computadores em rede.

O surgimento do projeto ARPANET se deu na década de 60, tendo ocorrido inicialmente com o objetivo de manter a disponibilidade de arquivos importantes, mesmo que alguns de seus pontos de rede fossem destruídos. (PIRES, 2017)

Com o passar dos anos, até chegar nos dias atuais, a aplicação desta rede deixou de ser puramente militar e tornou-se comercial, com a disponibilização de serviços de e-mail e compartilhamento de arquivos o que, mais tarde, viria a se tornar a Internet como temos hoje. A Figura 2 demonstra essa evolução, de forma resumida, desde a criação do conceito de rede da ARPANET até a disponibilização de serviços atualmente conhecidos para *streaming* de conteúdo.

Figura 2: Evolução das aplicações da Internet



Fonte: Pires (2017)

É importante ressaltar a diferença entre a Internet enquanto rede de computador e a Internet enquanto web, uma vez que são comumente confundidas pois, tanto a rede mundial de conexão entre computadores (Internet) quanto a rede de compartilhamento de arquivos (rede de computador), são popularmente conhecidas em Português Brasileiro através do conceito “Internet”.

Enquanto a Rede Internet, que é a nomenclatura para a conexão mundial dos computadores em massa, é definida através de protocolos TCP/IP, a Internet Web é definida como um espaço de informação, onde itens de interesse são identificados através de identificadores globais chamados *Uniform Resource Identifiers* (URI), ou Identificadores de Recurso Uniforme, em uma tradução livre (JACOBS, WALSH, 2013).

2.1.2 REDES WIRELESS

Segundo Weber e Bahadur (2002), uma rede *wireless*, ou rede sem fio, tem como principal característica a facilidade de não precisar utilizar cabos físicos para que haja a conexão do cliente (dispositivo que faz uso da rede) com a Internet.

Para se conectar em uma rede *wireless* a fim de realizar um objetivo qualquer, o usuário deve utilizar um Dispositivo (Cliente), a fim de se conectar ao *Access Point* (AP), ou ponto de acesso, e realizar uma conexão, também nomeada “fios virtuais”, entre o propagador da rede, AP, que está conectado à Internet, e o Cliente, que faz a requisição de serviço a ser utilizado através da rede, conforme Quadro 1 (WEBER; BAHADUR, 2002).

Uma rede *wireless* pode ser dividida em 3 partes, sendo elas de Aplicação, Física e de Dispositivo onde a camada de Aplicação é a referente à utilidade da rede, ou dado trafegado, a camada física diz respeito ao meio de propagação da

onda *wireless*, e a camada de Dispositivo, se refere à forma de conexão do usuário para com a rede (WEBER; BAHADUR, 2002).

Quadro 1: Camadas e Tecnologias de Redes *wireless*

Camada	Tecnologias
Aplicações e Serviços	Aplicações Wireless: WAP, i-mode, Mensasageiros, Voz Sob Rede Wireless, VoIP, Serviços saseados em localização
Física	Padrões Wireless: 802.11a, 802.11b, 802.11g, AX.25, 3G, CDPD, CDMA, GSM, GPRS, rádio, laser, Bluetooth, 802.15, 802.16, IrDA.
Dispositivo	Dispositivos Mobile: PDAs, Notebooks, Aparelhos Celulares, Pagers, Computadores de mão, Computadores Vestíveis.

Fonte: Adaptado de WEBER; BAHADUR, 2002

A primeira camada supracitada, Aplicações e Serviços, refere-se, segundo o trabalho de Weber e Bahadur (2002) à utilização da rede em si, ou seja, finalidade de uso. Nela ficam inseridos os serviços a serem utilizados, além de ser através dela que se torna tonificável a natureza do dado trafegado na rede.

Para uso destas aplicações e serviços, faz-se uso de um Dispositivo, aparelho físico que permite acesso aos dados e informações objetivados, aplicando-se ao conceito apresentado todo e qualquer dispositivo capaz de acessar a rede via *wireless* (WEBER; BAHADUR, 2002).

A camada objetivada neste trabalho, Física, segundo Weber e Bahadur (2002), refere-se ao tipo de transmissão da onda *wireless*, onde cada tecnologia apresenta nesta camada contém seus usos específicos, além de tipos de transmissão de onda, conceitos e aplicações individuais.

2.1.2.1 REDES MÓVEIS

As redes de dados móveis são resultado da evolução gerada pela ampla utilização de redes móveis celulares, de modo que nos dias de hoje são tratadas em

território nacional pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), órgão regulador de serviços de comunicação no Brasil, o que inclui serviços como a Internet, como sendo de responsabilidade direta das operadoras de celular.

A principal diferença entre as redes móveis e redes *Wi-Fi* se dá pela área de operação, o que impacta diretamente na velocidade, uma vez que quanto mais distante do emissor se encontra o receptor, pior será o sinal, e mais propício a falhas. Redes *Wi-Fi* tem capacidade de operação em frequências superiores a 1300 MHz, chegando a quase 2 Gbps com uso do padrão 802.11a, por operarem nos padrões de frequências de 2.4 GHz e 5 GHz, com alcance padrão de até 1500 pés (aproximadamente 500 metros) sem barreiras com uso de padrões de menor potência (WEBER; BAHADUR, 2002), enquanto as redes móveis celulares têm capacidades de operação com picos de 120 Mbps com redes de 4ª geração (4G) e distância máxima aproximada de 2Km sem barreiras com uso de redes móveis de 2ª geração (2G), segundo a Anatel².

2.2 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Este trabalho trata de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) logo, deve ser realizado com minuciosa cautela, de modo a garantir o maior grau de acurácia possível em sua execução, para que os resultados obtidos pela mesma não sejam considerados inválidos. (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007)

Uma Revisão Sistemática da Literatura é uma pesquisa com procedimentos metodológicos que lembram os de uma Pesquisa Bibliográfica. Tal modalidade de pesquisa utiliza como fonte de dados a literatura acerca de determinado tema e busca trazer à luz um compilado sobre os elementos selecionados como importantes pelos pesquisadores, de tal modo que uma RSL se faz particularmente útil para realizar a integração de um conjunto de informações disponíveis em estudos realizados separadamente. (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007)

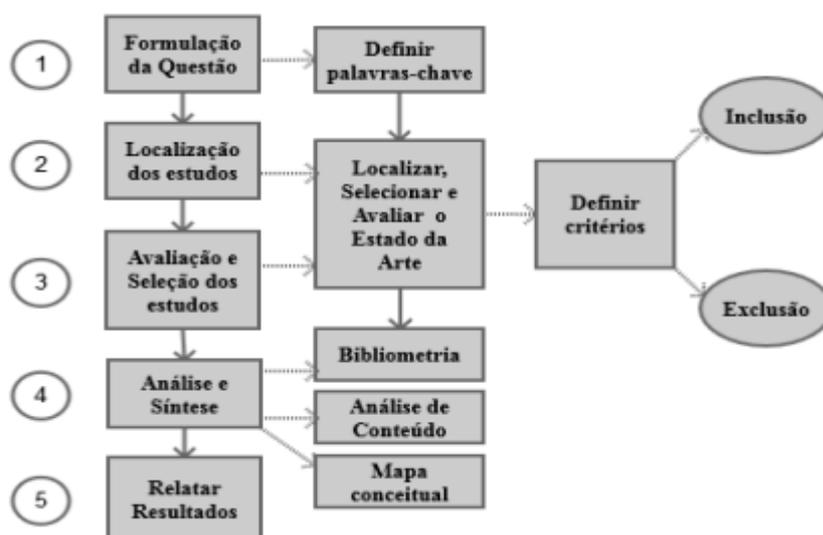
² <http://www.anatel.gov.br/>

Já Sampaio e Mancini (2007) dizem que, uma vez que uma RSL viabiliza, de forma clara e explícita, um resumo acerca das principais informações contidas nos trabalhos acerca de um determinado tema, esta se torna de grande-valia, por permitir abranger a maior parte do espectro de pesquisa de determinado assunto, ao invés de prender o pesquisador à leitura de somente alguns artigos, tendo dentre as principais vantagens desta descentralização a possibilidade de avaliação da consistência dos dados obtidos durante a pesquisa.

Para realização deste trabalho, pretende-se utilizar o modelo de Garza-Reyes (2015), uma forma simplificada de realização da RSL, aplicado à metodologia de revisão sistemática. Esta forma de conduzir uma RSL já é comprovadamente eficaz para realização de trabalhos de RSLs (CAIADO *et al.*, 2016).

A figura 3 foi retirada do trabalho de Caiado *et al.* (2016) e ilustra de forma simplificada o modelo resumido de Revisão Sistemática da Literatura proposto por Garza-Reyes (2015).

Figura 3: Modelo de Revisão Sistemática da Literatura de Garza-Reyes (2015)



Fonte: Caiado *et al.* (2016)

O modelo apresentado por Caiado (2016) é divisível em 5 etapas principais, como demonstrado na Figura 3, onde cada macro tarefa disposta é composta por sub-etapas, que passam pela escolha da String de busca (palavras chave para encontrar artigos sobre o tema), seleção de trabalhos, filtragem dos trabalhos

selecionados através de parâmetros definidos pela metodologia escolhida, análise de conteúdo, dentre outros, para se produzir e relatar os resultados finais obtidos pela RSL.

3 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo são apresentadas as seções de condução da pesquisa, que diz respeito à aplicação da metodologia de revisão sistemática, aplicada neste trabalho, além da subseção de resultados obtidos, que traz os dados obtidos com os passos seguidos.

3.1 CONDUÇÃO DA PESQUISA

Neste capítulo pretende-se abordar a forma como a pesquisa foi conduzida, demonstrando os resultados de cada etapa a fim de cumprir com requisitos apresentados por Kitchenham e Charters (2007) para que esta seja considerada uma pesquisa de RSL, atendendo basicamente os pontos apresentados no item 1.4 deste trabalho, referente à metodologia do mesmo.

- a) A definição da Questão do trabalho e a String de Busca;
- b) Dados sobre os estudos localizados;
- c) Critérios de Seleção e Exclusão dos estudos inicialmente localizados;
- d) Dados sobre a tecnologia visada, extraídos dos estudos;

- e) Comparativo com a rede móvel de 4ª geração (4G) e outras redes existentes.

Estes dados serão abordados nos sub tópicos que se seguem.

3.1.1 A QUESTÃO E A STRING DE BUSCA

Segundo Mendes (2008), a definição da questão de Busca e da *String* de Busca são de suma importância onde a primeira diz respeito ao que se espera encontrar, podendo conter sub questões de busca para simplificar a exposição de resultados muito abrangentes e a definição da *String* de busca, que deve ser realizada através da análise da ou das questões inicialmente levantadas.

Através de discussões com o orientador deste trabalho, utilizando como objetivo principal o questionamento levantado como base da pesquisa, apresentado no item 1.1 do mesmo, foi levantada a seguinte questão de busca:

- a) Quais são os principais avanços desta rede com relação às suas antecessoras, visando especialmente seus aspectos de segurança?

Já a definição da *String* de busca foi realizada de igual forma, conforme defendido por Mendes (2008), levou em consideração também a questão supracitada. Seguindo esta orientação inicial, foi definida a seguinte expressão de busca, utilizando-se não apenas dos termos principais, mas também de alguns similares:

- a) Para encontrar o fator principal do trabalho, a expressão principal desenvolvida foi: (5G OR Quinta Geração)
- b) Para evitar que fossem encontrados trabalhos relacionados à outras áreas, foi adicionada a seguinte expressão: (Móvel OR Comunicação OR Sem Fio)

- c) Por fim, para cobrir o aspecto de expectativas futuras visado no trabalho, foi adicionada a expressão: (Pesquisa OR Expectativas OR Futuro)

Sendo assim, através da união das expressões obtidas, foi criada a seguinte String de Busca, que foi utilizada durante esta pesquisa para obtenção dos trabalhos de pesquisa acerca do tema: ((5G OR Quinta Geração) AND (Móvel OR Comunicação OR Sem Fio) AND (Pesquisa OR Expectativas OR Futuro)).

Tendo em vista a possível baixa quantidade de trabalhos em português relacionados ao tema, dado o fato de ser uma tecnologia ainda em desenvolvimento, também foi utilizada a tradução direta da *String* de busca para inglês, uma vez que esta é considerada uma língua global e tende a ter mais trabalhos publicados sobre o assunto visado, obtendo-se a seguinte *String* de busca secundária: ((5G OR Fifth Generation) AND (Mobile OR Communication OR *wireless*) AND (Survey OR Expectations OR Future)).

3.1.2 LOCALIZAÇÃO DOS ESTUDOS

Como é defendida por Kitchenham e Charters (2007) a validade científica dos dados apresentados, e especificado por Mendes (2008), é necessária a seleção de, pelo menos, 2 fontes de pesquisa, ou Bases de dados, que sejam de grande valor científico.

Para tal foram escolhidas inicialmente as bases de dados das Universidades Brasileiras, incluindo as Federais, além de sites relativamente conhecidos que reúnem trabalhos de pesquisa publicados, uma vez que para publicação de um trabalho nestas bases de dados, este passa por revisão individual de uma banca formada por pessoas capacitados para tal, dando a estes trabalhos a confiabilidade necessária para que sejam utilizados como base para outros trabalhos científicos. É importante observar que, dada a baixa quantidade de resultados encontrados em

cada base de dados das universidades, os resultados obtidos foram somados e podem ser observados no Quadro 2:

Quadro 2: Quantidade de Trabalhos obtidos com a *String* em Português

Base de Dados:	Trabalhos Obtidos:
PUCs + UFs + Outras Universidades	13
Reserachgate.net	8
Academia.edu	5
Total de trabalhos em Português	26

Fonte: Elaboração Própria

Para aplicação da *String* de busca em inglês, foi utilizada uma base de dados primária diferente, além das outras duas bases apresentadas anteriormente, tendo como resultado os seguintes dados, apresentados no Quadro 3:

Quadro 3: Quantidade de Trabalhos obtidos com a *String* em Inglês

Base de Dados:	Trabalhos Obtidos:
IEE Xplore	23
Reserachgate.net	18
Academia.edu	13
Total de trabalhos em inglês	54

Fonte: Elaboração Própria

Ao se comparar os Quadros, pode-se observar que, como esperado, foram encontrados mais trabalhos em inglês do que em português sobre o assunto, o que comprova a necessidade de utilização da *String* de busca em inglês.

Os 80 trabalhos encontrados foram submetidos ainda aos critérios de seleção e exclusão demonstrados na subseção seguinte. Estes critérios são uma exigência desta modalidade de pesquisa, não podendo ser ignorados, e visam a seleção dos trabalhos de modo a obter a maior quantidade de informação não redundante e objetiva ao tema da pesquisa quanto possível (CAIADO *et al.*, 2016).

Para a explicação de alguns termos e dados comparativos, não presentes nas pesquisas principais foram realizadas novas pesquisas específicas, especialmente em livros sobre a área de redes.

3.1.3 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO E EXCLUSÃO DOS ESTUDOS

Caiado *et al.* (2016) afirmam que a definição dos critérios de seleção e exclusão dos estudos deve ser feita de modo a retirar dos trabalhos iniciais tudo aquilo que não responda às questões de busca, para tal, a definição destes critérios deve ser realizada com o acompanhamento de alguém com conhecimento sobre a área objetivada. Para tal, o supervisor das questões escolhido foi o orientador deste trabalho, tendo em vista sua afinidade com o tema.

Sendo assim, os critérios de seleção escolhidos foram:

- a) O trabalho tem relação com o tema?;
- b) O trabalho esclarece aspectos relativos ao 5G?;
- c) O trabalho conta com citações relevantes?

Já os critérios de Exclusão escolhidos foram:

- a) O trabalho pôde ser obtido sem custos ao pesquisador?;
- b) O trabalho utiliza uma linguagem compreensível ou, quando usados termos técnicos, estes são explicados pelo mesmo?;
- c) Os dados do trabalho já são contemplados por outro trabalho já incluso nesta pesquisa?

A execução dos critérios de Seleção e Exclusão se deu através da Leitura e Avaliação dos seguintes pontos dos trabalhos (Quando disponíveis), nesta ordem:

- a) Palavras-Chave;
- b) Resumo do trabalho;
- c) Introdução e Conclusão do Trabalho;
- d) Recomendações de trabalhos futuros;

e) Referências Bibliográficas.

Após a aplicação dos critérios de Seleção e Exclusão através do passo-a-passo supracitado, obteve-se um total de 21 trabalhos, apresentados no Apêndice B, entre artigos publicados em periódicos e eventos, com informações relevantes que foram utilizadas para a criação do tópico específico sobre as características do 5G. É importante ressaltar que este número não contempla as fontes utilizadas para a comparação de dados entre a rede móvel 5G e suas antecessoras.

3.2 RESULTADOS OBTIDOS

Seguindo minuciosamente os critérios observados na subseção 3.1 deste trabalho, foram obtidos resultados pertinentes quanto às características que devem estar contidas numa eventual publicação do próximo modelo de comunicação móvel, a ser realizado pela 3GPP³ (3rd Generation Partnership Project), METIS⁴ e ITU⁵ (International Telecommunication Union), iniciativas globais, que reúnem grandes organizações de estudo e desenvolvimento de tecnologias voltadas à telecomunicação, grupo ao qual o 5G se insere, e atendimento às expectativas de evolução da sociedade global até 2020, ano previsto para lançamento do 5G, sendo as responsáveis por publicar os novos padrões para as empresas de telefonia, que, por sua vez, são responsáveis pela transmissão das redes móveis, para que possam se adequar a estes e torna-los acessíveis aos consumidores finais.

Estes resultados são demonstrados nas subseções a seguir.

3.2.1 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Com base nas pesquisas realizadas, foram encontrados alguns fatores que recorrentemente eram abordados nos trabalhos que passaram pelos critérios de seleção e exclusão. Destes foram escolhidos aqueles com maior relevância, ou seja, os critérios que apareceram nos trabalhos com maior recorrência, ou que foram citados como fatores importantes pelas principais fontes de busca deste trabalho. A seleção destas características é observada através do Quadro 4, sendo que os nomes completos dos artigos e autores se encontram no Apêndice A:

³ <http://www.3gpp.org>

⁴ <https://www.metis2020.com>

⁵ <https://www.itu.int>

Quadro 4: Recorrência das Características observadas

Característica:	Trabalhos:
Período de Lançamento	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21.
Latência	E1, E2, E4, E5, E6, E10, E11, E13, E14, E21.
Velocidade	E1, E2, E4, E10, E12, E14, E17, E18, E21.
Disponibilidade	E1, E5, E6, E10, E12, E14, E17, E18, E21.
Mobilidade	E1, E12, E14, E17, E18, E21.
Segurança	E2, E3, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E13, E14, E15, E16, E19, E20, E21.
Serviços	E1, E5, E6, E8, E10, E12, E13, E17, E18, E19, E20, E21.
Tecnologia	E1, E2, E3, E4, E6, E7, E8, E9, E11, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21.

Fonte: Elaboração Própria

As características escolhidas como principais dizem respeito à:

- a) **Período de Lançamento:** Refere-se ao período em que a tecnologia foi lançada à público e teve seu uso popularizado;
- b) **Latência:** Intervalo entre a emissão de um pacote pelo aparelho ou torre emissora e a recepção do mesmo pelo aparelho receptor. De forma simplificada é o tempo que um pacote de dados leva entre emissor (usualmente a operadora do sinal) e receptor (dispositivo do usuário);
- c) **Velocidade:** Quantidade de informações, em bits, capazes de trafegar num determinado período de tempo. Para este trabalho, se utilizará a medida de Bits por segundo (bps);
- d) **Disponibilidade:** Refere-se à quantidade de conexões simultâneas que uma torre transmissora do sinal é capaz de atender;
- e) **Mobilidade:** Diferença máxima de velocidade instantânea na qual é possível manter conexão entre transmissor e receptor,

preferencialmente com o mínimo possível de perda na velocidade da transmissão;

- f) **Segurança:** Refere-se às tecnologias e práticas de segurança adotadas pela geração de rede móvel em questão;
- g) **Serviços:** Neste trabalho, o termo Serviços se refere ao tipo de dado objetivado para tráfego na rede em questão.
- h) **Tecnologia:** Refere-se ao tipo de transmissão adotada pela rede móvel em questão. Neste trabalho, esta característica diz respeito também ao apelido dado ao modelo de transmissão e operação da rede móvel.

Os sub tópicos a seguir descrevem estas características, sendo precedidos um sub tópico de projeções sobre uso e usabilidade das redes móveis para o ano de lançamento previsto do 5G.

3.2.1.1 Previsões de uso e usabilidade das redes móveis para o 5G

Mendes, J. (2014), afirma brandamente que as redes móveis de 5ª geração irão operar como uma junção das redes atualmente existentes e em operação, ou seja, as redes entre 2G e 4G, obtendo a possibilidade de trabalhar de forma a abranger um grande número de dispositivos sem fio com uma conectividade transmitida de forma heterogênea e inteligente, sem excluir aparelhos mais antigos.

Já Wang *et al.* (2014) afirma que haverão muitos desafios a serem transpassados para que haja o desenvolvimento pleno desta nova tecnologia, tendo em vista seus objetivos e necessidades que, para serem atingidos, podem exigir a criação de novas logísticas, antenas transmissoras de rádio, além da criação de novas faixas de operação de rádio para transmissão destas redes.

Para objetivos e necessidades do 5G, podem ser levados em consideração os apresentados como objetivos do grupo METIS, que busca atender as necessidades

projetadas para a sociedade global em 2020. Segundo mostra o slide de reunião do grupo supracitado, as principais características com as quais a próxima geração de redes móveis terá que lidar incluem, mas não se limitam ao aumento no volume do tráfego mundial de informações, que deve aumentar aproximadamente em mil vezes até o final da década, além de demonstrar estudos que cogitam com um número superior a 50 bilhões de dispositivos conectados à Internet via *wireless*, além de a emergente emergente e crescente criação de aplicações que utilizam o conceito de Internet das Coisas (IoT), um conceito que envolve a conexão à rede de diversos tipos de dispositivos que podem se utilizar da conexão para as mais variadas funções como carros, geladeiras até lâmpadas, sendo denominados *Smart Devices*, ou Dispositivos Inteligentes numa tradução direta. Este último fator aumenta não só a densidade do tráfego como também varia o tipo de conexão a ser realizada, o que passa a exigir da próxima geração uma forma de controle destas situações. (METIS, 2014)

A Figura 4 foi retirada do slide da ITU-R 2020 Vision Workshop, que ocorreu em 12 de Fevereiro de 2014, e foi adaptada para português, demonstra visualmente e de forma simplificada, as visões para a situação dos sistemas de comunicação mobile e *wireless*, os quais o 5G deve sanar através das metas citadas no parágrafo anterior, acerca das expectativas da ITU – International Telecommunication Union – uma das três iniciativas globais com maior participação na pesquisa e desenvolvimento do 5G.

Figura 4: Previsões da ITU para o cenário Mobile e *wireless* em 2020



Fonte: Adaptado de METIS (2014)

Em vista das projeções de alta usabilidade da rede móvel para 2020, existem fatores que, segundo estas empresas, precisam ser atendidos como, por exemplo, baixa latência, alta mobilidade, alta capacidade de conexões simultâneas, alta velocidade, entre outros, enquanto Horn e Schneider (2015) afirmam que o quesito segurança não pode ser deixado de lado, sendo que este deve evoluir de igual forma junto aos outros parâmetros visados por estes grupos e corporações.

Em seu site, no ano de 2016, a SEQUANS Communications⁶, que faz parte do 5GPPP⁷ (5G Public-Private Partnership) e a GSMA⁸ (Global Speciale Mobile Association), através de seu relatório anual de 2017 afirmam que, para atender às expectativas levantadas acerca deste futuro próximo, o 5G deve cobrir diversos fatores como latência, capacidade de atender de conexões por quilômetro quadrado, taxa de conexão em Gigabits por segundo (Gbps), além de uma mobilidade superior à apresentada atualmente pelo 4G.

3.2.1.2 Período de Lançamento

Como citado pelo W3II.COM (2014), e demonstrado através da comparação de datas de lançamento e tempo de vida útil das tecnologias mobile por diversos estudos como o de Mehta *et al.* (2014), Mir e Kumar (2015) e Rosa *et al.* (2017), o tempo de lançamento entre cada geração de tecnologia móvel é de, aproximadamente, 10 anos, podendo ocorrer neste meio tempo o lançamento de “gerações intermediárias”, como as redes batizadas de 2.5G, 3.5G e a mais recente 4.5G, que implementam melhorias no padrão mas não se diferem da sua antecessora a ponto de serem chamadas de uma nova geração.

Baseando-se no fato apresentados pelos autores supracitados de que o lançamento e popularização da última geração disponível de tecnologia móvel, o 4G ou LTE, como também é chamado, ter ocorrido entre 2009 e 2011, autores como o

⁶ <http://www.sequans.com>

⁷ <https://5g-ppp.eu>

⁸ <https://www.gsma.com>

já citado Mir e Kumar (2015), além das, também já citadas, principais organizações pesquisadoras deste projeto como 3GPP, METIS e ITU, estimam o lançamento de uma revisão utilizável do 5G para algo em torno de 2020.

O Quadro 4 demonstra aproximadamente os anos de lançamento das tecnologias móveis, baseado nos estudos realizados, além da projeção para possível lançamento da tecnologia 5G. No Quadro 4 também foram inseridas as principais tecnologias intermediárias. O período de lançamento entre 2.5G e 3G são idênticos por haver divergência das informações entre todas as fontes pesquisadas.

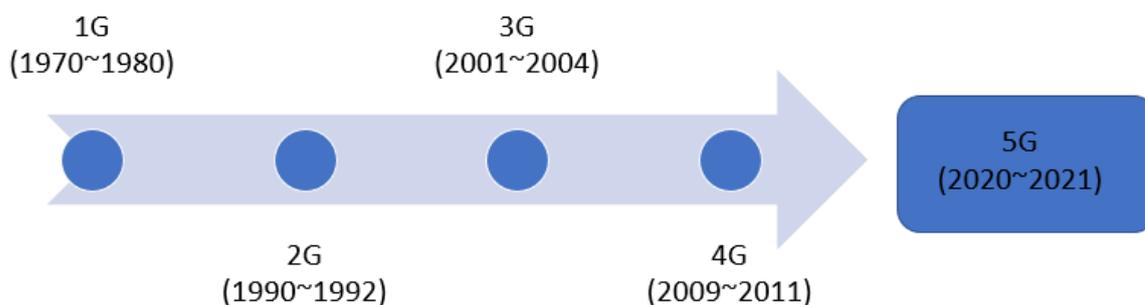
Quadro 5: Anos aproximados de lançamento das tecnologias de redes móveis

Nome da Tecnologia	Ano de Lançamento
1G	Entre 1970 e 1980
2G	Entre 1990 e 1992
2.5G	Entre 2001 e 2004
3G	Entre 2001 e 2004
3.5G	Entre 2006 e 2010
4G	Entre 2009 e 2011
4.5G	Entre 2015 e 2017
5G	Estima-se algo entre 2020 e 2021

Fonte: Produção Própria

Esse lançamento uma vez a cada década se faz visualizável de forma simplificada pela Figura 5, onde foram removidos os lançamentos das tecnologias intermediárias para melhor observação deste fator.

Figura 5: Período de Lançamento das gerações de redes móveis



Fonte: Produção Própria

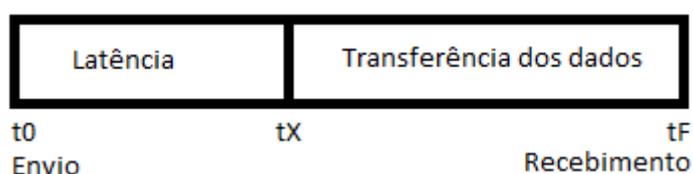
3.2.1.3 Latência

Um dos fatores observados em praticamente todos os trabalhos selecionados, e principais fontes de apoio à esta pesquisa, como os grupos anteriormente citados como principais envolvidos na pesquisa e veiculação da nova geração de redes móveis, é o fator Latência.

Segundo Keller (2011) explica em seu livro *Asterisk na Prática*, o termo latência, na computação, pode ser descrito como a diferença de tempo entre o envio de um determinado dado ou pacote pelo emissor, e sua consolidação em seu dispositivo de destino.

A Figura 6 demonstra de forma visual o conceito de latência apresentado por Keller (2011) onde t_0 é o tempo de início do envio do pacote, t_X é uma representação para a separação entre o tempo de latência e o tempo de transferência dos dados em si, e t_F é o momento em que a transferência deste pacote termina.

Figura 6: Demonstração do tempo de Latência



Fonte: Produção Própria

Segundo Fan, Zhao e I (2016) descrevem em seu trabalho, o fator latência no 5G deve ser amplamente observado e até priorizado, especialmente tendo em vista as projeções de aumento, tanto na quantidade de dispositivos conectados às redes móveis quanto na variedade tipo de dados que devem passar a trafegar nas redes, o que exige que sejam desenvolvidas formas de se reduzir a latência, uma vez que esta, junto a outros fatores que serão citados posteriormente, impacta diretamente na qualidade da conexão e usabilidade da rede para os mais variados tipos de aplicações e necessidades de rede possíveis.

Fan, Zhao e I (2016) explicam também que a latência influencia e interfere diretamente na percepção da velocidade de conexão, uma vez que ambos lidam diretamente com o fator tempo.

O Quadro 5 apresenta dados sobre a latência das gerações de redes móveis, incluindo as projeções da mesma para o 5G. Este tempo não se aplica à 1ª geração por esta não realizar transferência de pacotes de dados, apenas dados voz.

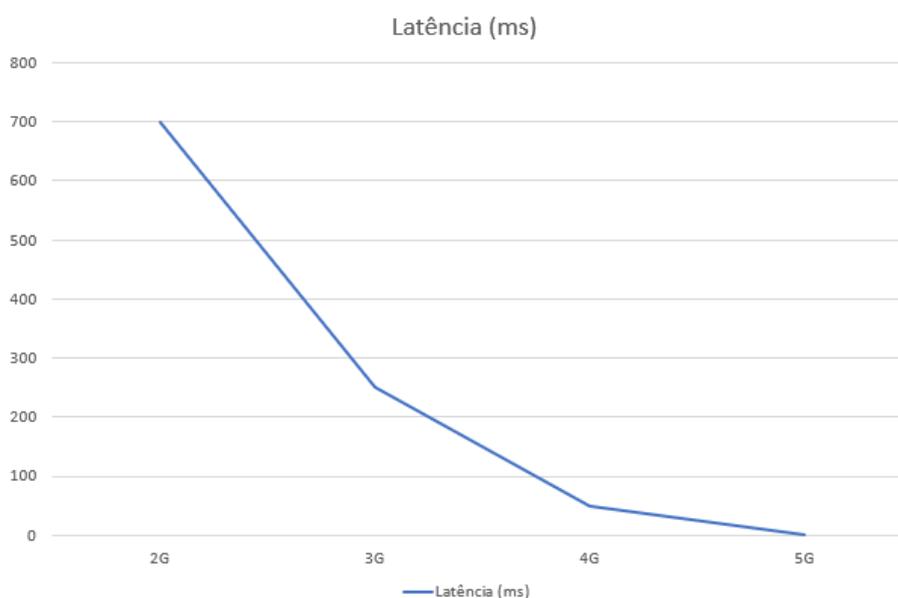
Quadro 6: Tempo médio de Latência das redes em milissegundos

Nome da Tecnologia	Latência (ms)
1G	Não se aplica
2G	De 500ms a 700ms
2.5G	300ms
3G	De 70ms a 250ms
3.5G	De 30ms a 70ms
4G	De 10ms a 50ms
4.5G	Até 20ms
5G	Até 1ms

Fonte: Produção Própria

A visualização desta evolução do quesito latência também foi simplificada, na Figura 7, a fim de tornar possível uma observação da mesma. Para tal foram retirados os dados referentes às gerações intermediárias.

Figura 7: Evolução da Latência



Fonte: Produção Própria

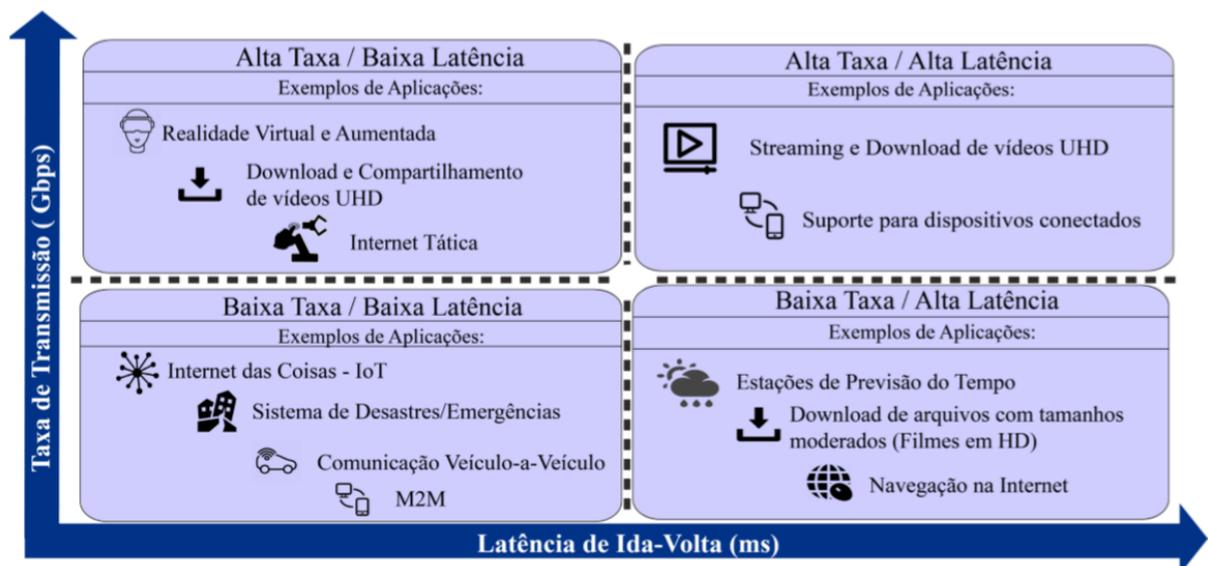
3.2.1.4 Velocidade

Junto à já citada Latência, um outro fator observado praticamente em todos os trabalhos estudados foi a Velocidade. Neste contexto, o termo Velocidade se refere à largura de banda máxima possível de ser atingida pela geração em questão. Neste trabalho, o termo Velocidade engloba tanto a largura do link de Download (*Downlink*) quanto do link de Upload (*Uplink*) que são, respectivamente, a capacidade receber e enviar dados.

Como já demonstrado no tópico sobre Latência, a transferência de dados ocorre após o termino deste primeiro e sua velocidade também tem fundamental influência no tempo de troca de pacotes. (Keller, 2011)

Rosa *et al.* (2017) têm em seu trabalho a Figura 8 que demonstra essa relação entre latência e velocidade, ou taxa de transmissão, aplicada às necessidades de algumas aplicações de uso corrente.

Figura 8: Relação Velocidade x Latência em aplicações diversas



Fonte: Rosa *et al.* (2017)

Como demonstrado por Keller (2011), o tempo de transferência de um pacote é influenciado pelo tempo de latência, e a relação entre o tamanho em bits do pacote a ser transferido e largura de banda, aqui chamada de velocidade.

Levando em consideração o que é demonstrado por Keller (2011), uma forma possível para obtenção do tempo de transferência de um pacote pode ser descrita pelo seguinte cálculo:

$$T_F = T_D + (P \div V)$$

Onde T_F é o tempo total para transferência do pacote, em segundos, T_D é o tempo de *delay*, neste caso servindo como tempo entre conexão entre transmissor e receptor, também em segundos, P é o tamanho do pacote em bits e V é a Velocidade de transferência deste pacote em bits por segundo. O valor de V pode ser diferente para *Upload* e *Download*, devido à diferença entre as taxas apresentadas no *Uplink* e no *Downlink*.

O Quadro 6 demonstra as taxas médias de Velocidade apresentadas para cada geração móvel pelos trabalhos pesquisados, incluindo as previsões para o 5G. Para formulação da mesma, foram considerados apenas os *releases* da 3GPP, excluindo-se tecnologias como o WiMAX, homologado pela ITU como parte da tecnologia 4G. O critério para esta exclusão foi que a diferença de velocidade destas tecnologias já eram contempladas na geração intermediária seguinte, no caso do WiMAX, suas características já eram contempladas e até superadas pelo 4.5G. Foram também adicionadas informações referentes à tecnologia 1G, mesmo que esta não tenha seus dados publicados pela 3GPP.

Quadro 7: Média de velocidade apresentada pelas gerações de redes móveis

Nome da Tecnologia	Velocidade nominal (bps)		Velocidade real (bps)	
	Upload	Download	Upload	Download
1G	Até 9.6K	Até 9.6K	Até 2K	Até 2K
2G	Até 14K	Até 14K	Até 9.6K	Até 64K
2.5G	Até 20K	Até 40K	Até 250K	Até 500K
3G	De 474K a 5,76M	De 2M a 14.4M	De 128K a 350K	Até 1M
3.5G	De 7.2M a 11,5M	De 21M a 42M	Até 3M	Até 6M
4G	50M	100M	De 3M a 6M	Até 10M
4.5G	0.5G	1G	Até 25M	Até 50M
5G	De 1G a 10G	De 1G a 20G	100M	100M

Fonte: Produção Própria

No Quadro 6 também são apresentados os dois tipos de velocidade encontrados nos trabalhos pesquisados, a “Velocidade Nominal”, em bits por

segundo (bps) que representa o valor principalmente usado nos trabalhos e pelas operadoras, sendo a velocidade de conexão entre dispositivo e transmissor, além da “Velocidade Real” também em bps, que é a velocidade recebida pelo usuário final para conexão à Internet, que pode ser medida com uso de dispositivos como computadores, *smart devices*, entre outros.

Os valores apresentados são condizentes com o padrão internacional de suas respectivas redes móveis, sendo atingidos principalmente em laboratório, podendo variar dependendo do país de aplicação da rede e da operadora prestadora do sinal, além de diversos outros fatores externos.

Pode-se observar, ainda, que nas redes 2G e 2.5G, os dados sobre a velocidade nominal são inferiores aos seus equivalentes à velocidade real. Isso ocorre devido ao fato de estes dados serem de autores diferentes, com afirmações divergentes quanto a este aspecto, especialmente por fatores como o período de produção e operação destas redes ser demasiado antigo. Essa falta de acurácia não se repete nos dados posteriores.

3.2.1.5 Disponibilidade

Segundo Mendes, D. (2007), Serpanos (2011) e Tanenbaum e Wetherall (2011) demonstram em seus livros, o conceito de Disponibilidade em redes diz respeito à quantidade de tempo em que um dispositivo pode ficar *online* contudo, o conceito de Disponibilidade para este trabalho se difere do apresentado por estes autores pois, segue a ideia de Disponibilidade como apresentada segundo a 3GPP, METIS e ITU em seus documentos relativos às redes móveis, onde utilizam o termo para fazer referência à quantidade de conexões possíveis por quilômetro quadrado da rede em questão. Outros termos encontrados nos trabalhos e fontes de pesquisa para este fator foram: “Usuários ativos por quilômetro quadrado”, “Densidade de Conexão” e similares.

Como já apresentado pela Figura 2, na página 35 deste trabalho, a METIS tem uma projeção para que hajam até 50 bilhões de dispositivos conectados simultaneamente, dentre dispositivos comuns, dispositivos denominados “inteligentes” e a emergente área da Internet das coisas (IoT), o que segundo a METIS e a 3GPP, caso venha a se concretizar, exigiria uma grande capacidade de conexões simultâneas por quilômetro quadrado por parte das redes, o que justifica a preocupação demonstrada pelas mesmas com o aumento desta disponibilidade.

Baseando-se na dificuldade de encontrar dados relativos à disponibilidade das redes mais antigas, pode-se levantar a hipótese de que essa preocupação com a disponibilidade é algo relativamente novo, que vem se intensificando conforme o avanço e popularização das tecnologias móveis, sendo intensificado especialmente pela popularização dos dispositivos inteligentes e da IoT, que é cotada inclusive pela 5G Americas⁹, órgão responsável pela pesquisa do 5G nas Américas, como a possível principal fonte de conexões de dispositivos nos próximos anos.

O Quadro 7 apresenta dados relativos a esta disponibilidade, ou capacidade de conexões simultâneas por quilômetro quadrado, das redes as quais constavam dados referentes a este aspecto nos trabalhos pesquisados. A medida utilizada no Quadro representa de dispositivos por quilômetro quadrado (D/KM²).

Quadro 8: Disponibilidade das gerações de redes móveis

Nome da Tecnologia	Disponibilidade (D/KM²)
1G	Não encontrado
2G	Não encontrado
2.5G	Até 2.500
3G	Até 8.800
3.5G	Até 10.000
4G	Até 100.000
4.5G	Até 500.000*
5G	Até 1.000.000*

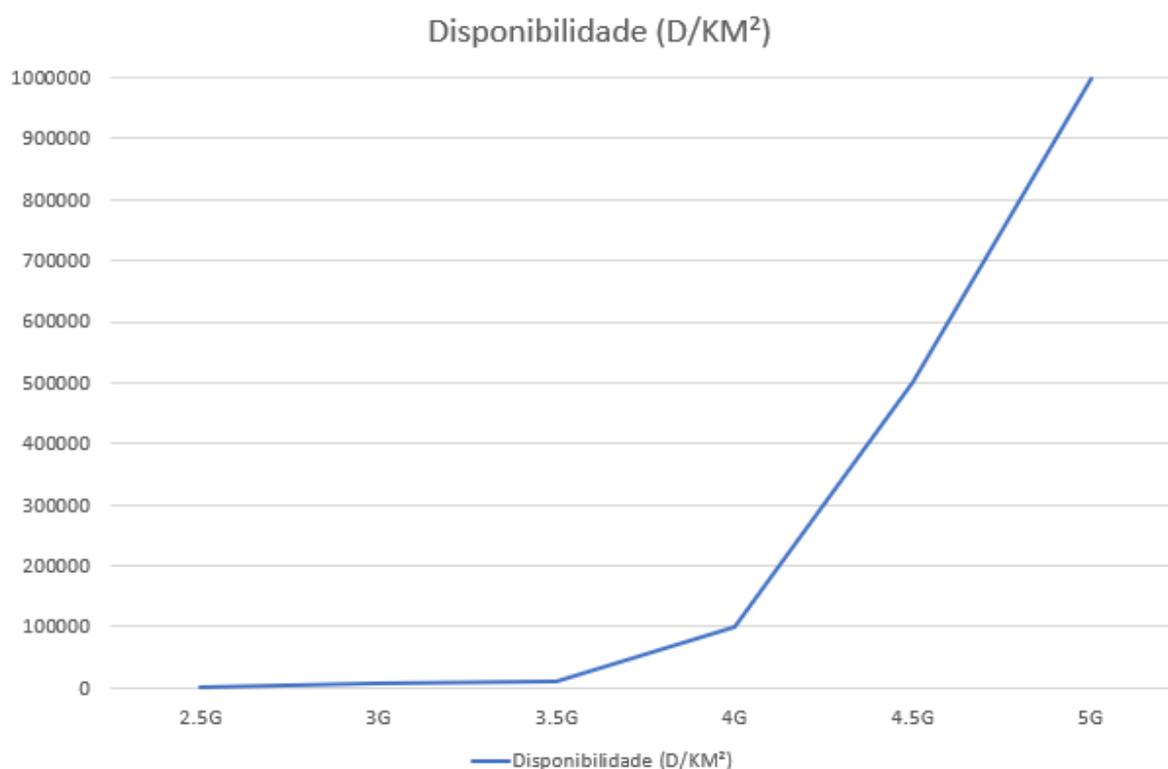
Fonte: Produção Própria

Duas das fontes pesquisadas apresentaram a disponibilidade do 4.5G como sendo de até 1.000.000 de dispositivos por quilômetro quadrado. Estas mesmas fontes também apresentaram a disponibilidade do 5G como sendo de até

10.000.000 de dispositivos. Estes dados foram desconsiderados para a formação do Quadro acima por serem de pesquisas mais antigas que a maioria e representarem uma opinião contrária às dos trabalhos de pesquisa considerados após os critérios de seleção e exclusão dos mesmos.

Para fins de observação, o Quadro 7 também foi simplificado em formato de gráfico, apresentado pela Figura 9. Neste foram mantidos os dados referentes às redes intermediárias, de modo a tornar visualmente possível a observação completa da curva evolutiva deste fator, que se faz presente de forma exponencial, não apenas entre as gerações, mas também em suas intermediárias.

Figura 9: Evolução da Disponibilidade das redes móveis



Fonte: Produção Própria

⁹ <http://www.5gamericas.org/>

3.2.1.6 Mobilidade

Um outro fator encontrado em igualdade de ocorrências com a supracitada Disponibilidade é o fator denominado pelos órgãos pesquisadores como mobility, ou Mobilidade em uma tradução livre. Este quesito trata da velocidade teórica máxima que é possível se atingir enquanto ainda conectado à rede móvel contendo com um parâmetro mínimo de qualidade de conexão, que varia dependendo da geração da rede (3GPP, 2016).

Segundo a 3GPP demonstra em seu release 14, onde especifica requisitos e tecnologias possíveis para o 5G, a mobilidade é um fator de grande preocupação para a próxima geração de redes móveis.

Trabalhos como o de Mehta *et al.* (2014) e a conferência da METIS (2014), alegam que tal preocupação ocorre devido à crescente quantidade de dispositivos e aplicações móveis de formatos variados como, por exemplo, os carros inteligentes, citados na Figura 4, que também utilizam conexão à Internet móvel para obtenção de informações como tráfego e possíveis acidentes, a fim de alertar o condutor destas situações.

Dentre os trabalhos avaliados, aqueles que tratavam sobre a tecnologia a ser desenvolvida, como o de Fan, Zhao e I (2016) e o de Tehrani, Uysal e Yanikomeroğlu (2014) citavam também uma preocupação sobre a aplicação das redes móveis em veículos considerados de alta velocidade, onde há uma preocupação sobre como deve ser tratada essa relação de comunicação entre receptor e transmissor quando há vários dispositivos em uma pequena área em alta velocidade como em trens-bala, por exemplo.

Para atender a tal demanda, o principal valor encontrado para o fator mobilidade do 5G gira em torno de 500 quilômetros por hora (km/h), aproximadamente 1,5x maior que a velocidade máxima de operação da sua antecessora, o 4G, que é capaz de operar em velocidades de movimento de até 350km/h.

O Quadro 8 reúne os dados encontrados sobre mobilidade das redes móveis. É possível observar que não foram identificadas diferenças de mobilidade entre uma geração e sua geração intermediária. Tal situação é explicável por não se tratar de uma nova geração, mas apenas de melhorias para com a geração base.

É possível observar, ainda, que o dado referente ao 2.5G se iguala ao encontrado para o 3G e 3.5G. Tal característica ocorre pelo fato de alguns autores considerarem o 2.5G, intitulado EDGE, fazer parte da 3ª Geração, devido ao seu período de lançamento ser idêntico, como já demonstrado pelo Quadro 4, na página 39 deste trabalho, enquanto algumas companhias como, a brasileira Teleco¹⁰, afirmam que a tecnologia EDGE é parte da família 2G.

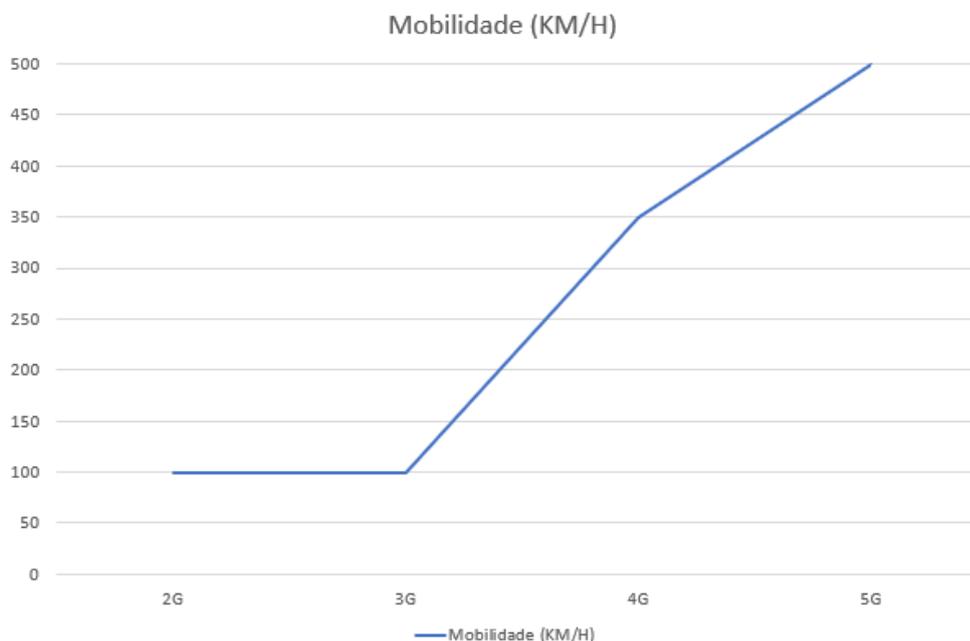
Quadro 9: Mobilidade nas gerações de redes móveis

Nome da Tecnologia	Mobilidade (KM/H)
1G	Não encontrado
2G	Não encontrado
2.5G	100
3G	100
3.5G	100
4G	350
4.5G	350
5G	500

Fonte: Produção Própria

Para tornar possível a observação simplificada da não alteração do quesito de mobilidade entre as famílias 2G e 3G, foi criado o gráfico apresentado pela Figura 10, através da qual pode-se observar que não há necessidade de evolução de todas as características aqui observadas para a criação de uma nova geração, mas apenas das consideradas relevantes para a época de seu lançamento.

¹⁰ <http://www.teleco.com.br>

Figura 10: Evolução da mobilidade das redes móveis

Fonte: Produção Própria

3.2.1.7 Segurança

O fator segurança foi pouco abordado nos trabalhos observados por esta pesquisa, contudo, os que o abordavam tratavam basicamente apenas do mesmo, o que sugere que este fator é relativamente extenso e preocupante, especialmente tendo em vista o alto grau de privacidade das informações que trafegam na rede como Buttyán e Hubaux descrevem em seu livro sobre segurança em redes *wireless*.

Segundo Buttyán e Hubaux (2007), é fato a existência de pessoas na rede com comportamento malicioso ou nocivo a outros usuários, que visam roubar dados sensíveis, a fim de realizar todo tipo de ação, que podem variar muito como, por exemplo, exposição negativa, desvios monetários, entre outros.

A proteção destes “Dados sensíveis”, como são nomeados, é de alta prioridade, não apenas para os usuários, como também para as empresas

prestadoras dos serviços que os utilizam, sendo que estas devem dispor de meios de proteção para os dados que solicitam destes usuários finais enquanto estes estiverem utilizando seus serviços e/ou aplicativos. (BUTTYÁN; HUBAUX. 2007)

Segundo Seetharaman *et al.* (2017), segurança é um dos 4 fatores mais esperados pelos usuários de redes *wireless*, junto à cobertura de rede, consumo de bateria e capacidade de banda. Destes o único não abordado neste trabalho é o de consumo de bateria.

Szymanski (2017) afirma em seu trabalho a necessidade de se fortificar o aspecto de segurança, visando a privacidade do usuário final e a proteção dos dados trafegados na rede. Em seu trabalho ele também justifica esta necessidade baseado numa futura intensificação de uma já existente aplicação industrial das possibilidades de utilização da IoT para todo e qualquer tipo de tarefas de pequeno porte, o que pode incluir transferência interna de dados táticos, o que exige grande proteção e segurança destes dados.

Segundo a 3GPP demonstra em seu relatório de previsão de trabalho, a pesquisa acerca da segurança do 5G deve ser iniciada após a definição das tecnologias relativas ao seu modo de operação e transmissão de ondas, além das tecnologias que devem garantir o cumprimento das metas e expectativas estabelecidas pela mesma, o que deve ocorrer em seus próximos releases, a partir do mês de outubro de 2018.

À luz deste fato, Horn e Schneider (2015), citam a arquitetura de segurança da rede 5G como sendo de vital importância para o seu lançamento. Estes autores citam ainda que esta segurança deve ocorrer de forma rígida, porém flexível, para se adequar às diversas possibilidades de tipos de dispositivos possíveis para aplicação em massa nos próximos anos.

Horn e Schneider (2015) citam uma sequência de fatores que, potencialmente, devem ser levados em consideração para quando o desenvolvimento do 5G entrar na fase da segurança, baseando-se nos requisitos demonstrados na rede 4G LTE. São eles:

- a) Confidencialidade da identidade do usuário e de seu dispositivo (incluindo privacidade de localização);
- b) Autenticação de Entidade (Autenticação mútua e checagem de chave de acesso entre dispositivos e rede);
- c) Observar confidencialidade e integridade de dados trafegados na rede;
- d) Confidencialidade dos dados do usuário e garantia de sua integridade;
- e) Capacidade de visibilidade e configuração individual da rede;
- f) Outros requisitos baseados na plataforma desenvolvida.

A integridade dos dados do usuário demonstrada na letra D dos fatores supracitados não está presente na rede LTE, o que demonstra uma evolução na segurança, observando não apenas a teórica inviolabilidade dos dados, mas também a garantia de integridade dos mesmos.

3.2.1.8 Serviços

Horn e Schneider (2015) demonstram que um dos fatores que muito influencia no, já citado fator segurança, é a recorrente alteração de tipos de serviços oferecidos para utilização junto aos dados móveis, que evoluem com o passar dos anos e junto a eles, evoluem também, os tipos de dados que devem trafegar nas redes móveis.

Mehta *et al.* (2014) demonstram em seu trabalho que a evolução das redes móveis, desde seus primórdios, não abrange apenas a velocidade da conexão, disponibilidade ou tecnologia utilizada para propagação da mesma, mas também, o tipo de dados objetivados para tráfego nesta rede, o que gera uma necessidade de adaptação da rede para suportar tal demanda.

Mir e Kumar (2015) demonstram, ainda, que essa variação no tipo de dados trafegados ocorre de forma gradual, adaptando-se brandamente aos tipos de

serviços objetivados e esperados para a época de lançamento da tecnologia em questão.

Os trabalhos demonstraram que essa alteração nos tipos de serviços objetivados gerou uma alteração quanto ao tipo de dados trafegados nas redes.

Quadro 10: Tipos de Serviços e Dados nas Gerações de redes Móveis

Nome da Tecnologia	Tipos de Dados	Principais Serviços
1G	Voz	Comunicação de voz apenas. Única rede que operava com dados exclusivamente analógicos. Poucos usuários.
2G	Voz e Dados de uso e serviço	Múltiplos usuários com capacidade de uso de serviços como SMS, além de outras pequenas aplicações com comunicação e troca de dados de curto alcance.
2.5G	Voz e Dados de Internet	Aplicação de serviços multimídia através da rede, uso de MMS e início do suporte a navegadores WEB através dos celulares.
3G	Voz e Dados de Internet	Uso de variados tipos de dados. Integração total com o protocolo IP e ao uso da Internet. Popularização dos smartphones trazendo tráfego de serviços de <i>streaming</i> e dados de voz e imagem (inclui vídeo) de alta qualidade.
3.5G	Voz e Dados de Internet	Evolução na capacidade do tráfego de alta densidade (<i>Streaming</i> e uso de áudio e vídeo em definições maiores)
4G	Dados de Internet*	Uso popularizado de Smart Devices, que intensifica o uso de aplicações de dados dinâmicos e intensificação de serviços de áudio e vídeo em HD e Full HD.
4.5G	Dados de Internet*	Popularização de serviços de alta densidade como vídeos em UHD 4K, e troca constante de todo tipo de informação dinâmica. Suporte ao IoT.

Nome da Tecnologia	Tipos de Dados	Principais Serviços
5G	Voz e Dados de Internet	Espera-se a preparação para uso intensificado, contínuo e simultâneo de dados de baixa densidade, como IoT, e alta densidade, como streaming e jogos.

Fonte: Produção Própria

Conforme o Quadro 9, é possível observar que, durante a 4ª Geração de redes móveis, não houve preocupação com o tráfego de dados de voz sob a rede móvel, focando-se apenas no tráfego de dados de rede e Internet. Para uso de tal serviço, foi desenvolvida uma tecnologia paralela batizada de VoLTE, ou *Voice over LTE*, que em uma tradução livre significa Voz sobre a tecnologia LTE, que tem o objetivo de utilizar a rede de 4ª geração para auxiliar na transmissão de dados de voz que ocorre sob suas redes antecessoras (*RADIO-ELETRONICS.COM*, 2011).

Essa transmissão de dados de voz volta a ser preocupação majoritária com o 5G uma vez que, com o eventual desligamento das redes móveis de 2ª Geração e, posteriormente, de 3ª Geração, o 5G assuma todos os tipos de dados trafegados nestas redes que ainda estejam em utilização (3GPP, 2014).

3.2.1.9 Tecnologia

Um último fator amplamente observado durante a leitura dos trabalhos desta pesquisa se refere ao que pode ser chamado “Tecnologia”. Por este termo, abrangem-se partes relacionadas à forma de transmissão da rede, além de seu modo de operação e similares.

Segundo a 3GPP (2016) demonstra em seu documento sobre as possibilidades de arquitetura para o 5G, há principalmente diversas possibilidades de operação e propagação de ondas de rádio nesta nova geração. Neste documento, é citado que as possibilidades de utilização de tecnologias de

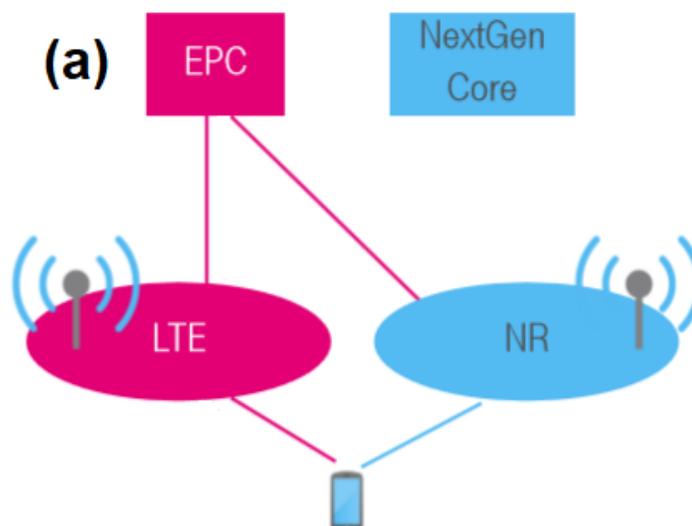
transmissão das ondas de rádio relativas ao 5G operam, basicamente entre um possível novo controlador de rede, *Next Generation Core*, apelidado NGC, ou o operador EPC, da rede 4G, e um novo rádio transmissor, ou *Next Generation Radio* (NR), operando principalmente da seguinte forma:

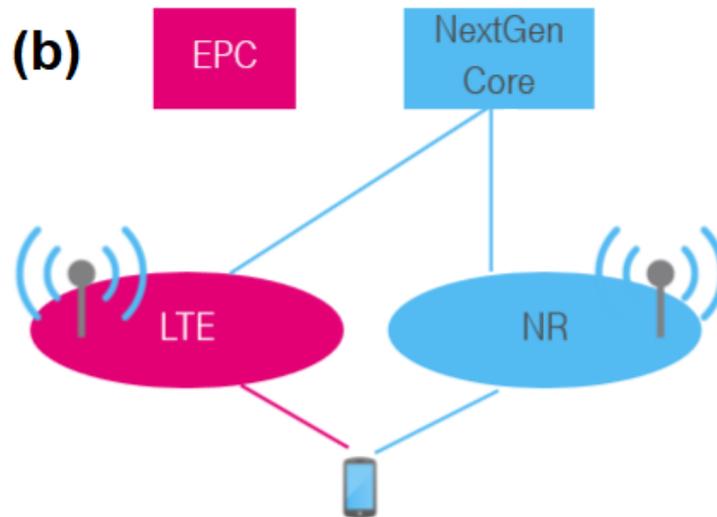
- a) Utilizar o controlador EPC junto à NR;
- b) Utilizar o controlador NGC junto à NR;

A Figura 11 demonstra essas possibilidades, sendo a Figura 11 (a) a possibilidade de arquitetura com o funcionamento do 5G com controlador EPC e NR, e a Figura 11 (b), a possibilidade de funcionamento totalmente sob as novas tecnologias de rádio (NR) e controlador (NGC) onde, em ambos os casos, é possível observar que o dispositivo final receberia o sinal de 5ª geração, demarcada pela cor azul, podendo operar em paralelo com a rede 4G (LTE), demarcada pela cor vermelha, o que garante a continuidade de propagação do sinal da rede de 4ª geração em qualquer cenário estudado para a próxima geração.

Esse é um fator importante de se observar enquanto transmissão das ondas de rádio da rede uma vez que se pretende, uma vez lançado o 5G, possibilitar a desativação dos sinais mais antigos, a fim de liberar faixas de rádio para melhorar o sinal destas das redes persistentes através da ampliação da faixa de sinal que estas poderão utilizar.

Figura 11: Possibilidades de transmissão da rede 5G





Fonte: Adaptado de 3GPP (2016)

Segundo autores como Tehrani, Uysal e Yanikomeroğlu (2014), a criação de uma NR e de um novo controlador, *Next Generation Core* (NGC), se faz necessária para atender a possibilidades como a de realizar conexões Dispositivo para Dispositivo (D2D), uma das possibilidades levantadas para que não haja sobrecarga de tráfego esperado, pelo uso da rede com múltiplas conexões simultâneas com o uso massivo esperado junto ao IoT.

Já Horn e Schneider (2015) afirmam que a criação de um NR exigiria a reestruturação completa dos serviços de segurança da rede móvel, o que seria demasiado custoso porém benéfico, uma vez que a utilização da nova rede sob serviços já existentes, seja o rádio ou a controladora, manteria falhas teoricamente já conhecidas e exploradas por agentes maliciosos na rede.

Em ambos os casos apresentados, é fato que a criação de uma NR já se faz presente, segundo os últimos releases da 3GPP.

3.4 CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS

A partir do apresentado neste capítulo, é possível observar que são diversos os obstáculos que devem ser superados até o lançamento oficial do 5G a público, esperado para ocorrer entre 2020 e 2021, mas os possíveis benefícios que podem ser trazidos pelo mesmo, como fora demonstrado no decorrer deste trabalho, são promissores.

Para fins comparativos, grande parte dos dados deste trabalho, excluindo-se aqueles que não seriam facilmente transformados em Quadros sem perder a essência das informações passadas, foram consolidados no Quadro a seguir onde, para fins adaptativos, a coluna relativa à velocidade diz respeito unicamente a parte sobre velocidade real da tabela original, e a coluna relativa aos serviços teve suas informações simplificadas para entregar melhor conforto visual na observação de seus dados.

Quadro 11: Resumo dos dados expostos no trabalho

Nome da Tecnologia	Ano de Lançamento	Latência (ms)	Velocidade (Bps)	Disponibilidade (D/KM ²)	Mobilidade (KM/H)	Principais Serviços
1G	Entre 1970 e 1980	Não se aplica	2K	Não encontrado	Não encontrado	Ligação (Voz) apenas
2G	Entre 1990 e 1992	De 500ms a 700ms	64K	Não encontrado	Não encontrado	Multiusuário e SMS
2.5G	Entre 2001 e 2004	300ms	500K	Até 2.500	100	Web e MMS
3G	Entre 2001 e 2004	De 70ms a 250ms	1M	Até 8.800	100	IP e Streaming básico
3.5G	Entre 2006 e 2010	De 30ms a 70ms	6M	Até 10.000	100	Streaming em maiores definições
4G	Entre 2009 e 2011	De 10ms a 50ms	10M	Até 100.000	350	Smart Devices e Streaming HD
4.5G	Entre 2015 e 2017	Até 20ms	50M	Até 500.000	350	Streaming UHD 4K e IoT básico
5G	Entre 2020 e 2021	Até 1ms	100M	Até 1.000.000	500	IoT Industrial (massivo)

Fonte: Produção Própria

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho de pesquisa relatou os aspectos encontrados na literatura quanto às evoluções possíveis para a próxima geração de redes móveis de comunicação. Como quarto e último capítulo, este tem função de concluir este trabalho de pesquisa, apresentando em suas seções 4.1 e 4.2 as considerações finais sobre o mesmo e recomendações acerca de trabalhos futuros na mesma linha de pesquisa.

4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a confecção deste trabalho é possível visualizar que há uma evolução entre as gerações das redes móveis, que já estão amplamente difundidas no uso diário da população a nível mundial, sendo essa evolução constante e ampla, abrangendo não apenas a velocidade de conexão disponível, mas principalmente mobilidade e disponibilidade da mesma, uma vez que estes fatos a diferem das redes fixas.

A evolução das tecnologias utilizadas nos dias atuais é notória e praticamente diária. Isso não se faz diferente com as redes móveis de comunicação,

uma vez que estas trazem a possibilidade da mobilidade em larga escala para os usuários que, num mundo globalizado, têm essa possibilidade quase que como uma necessidade. Dentro do contexto apresentado, dessa evolução constante, as tecnologias de redes móveis surgem como uma resposta a essa evolução contínua, permitindo que, cada vez mais, mais pessoas tenham acesso indefinido e indiferente à rede mundial de comunicação que é a Internet. Essa evolução das redes móveis que ocorre de forma quase que padronizada, uma vez a cada década, está próxima de ocorrer novamente, apresentando diversas melhorias no que diz respeito a aspectos como velocidade, disponibilidade, mobilidade, tecnologia de transmissão, finalidade, entre outros, fazendo com que a consolidação destas informações seja útil para comparações futuras sobre como essa evolução ocorre na teoria e na prática.

Desta maneira, este trabalho foi capaz de proporcionar uma visão generalizada de alguns dos principais aspectos referentes à tecnologia de comunicação móvel, bem como da evolução cotada para a próxima geração da mesma, o 5G.

4.2 RECOMENDAÇÕES

Mesmo que este trabalho tenha atingido plenamente seus objetivos através do modo de solução proposto é possível listar algumas evoluções possíveis na mesma linha de pensamento, a fim de expandir os dados presentes neste trabalho, confirmá-los ou contestá-los futuramente. As recomendações são:

- a) Uma vez lançada a rede móvel de 5ª geração, realizar comparações entre o que for apresentado como solução final e as informações presentes neste trabalho, a fim de confirmar se a mesma foi capaz de atingir todas as predições apresentadas por este;

- b) Realizar pesquisas específicas quanto a cada característica apresentada, a fim de tornar possível uma representação mais consistente de cada dado aqui apresentado;
- c) Realizar novamente a mesma pesquisa, como prevê o método de revisão sistemática da literatura, a fim de observar se novos dados foram apresentados ou se os aqui presente se mantiveram.

REFERÊNCIAS

5G GUIA RÁPIDO. W3II.COM. Disponível em <http://www.w3ii.com/pt/5g/5g_quick_guide.html>. Acesso em: 01 jan. 2018.

Acesso à Internet e posse de telefone móvel celular para uso pessoal. IBGE. Disponível em <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/acessoainternet/default.shtm>>. Acesso em: 25 fev 2018.

BRASIL. Constituição. Constituição Da República Federativa Do Brasil, Art 5º, Inc 10º. **Direitos e Valores Individuais e Coletivos.** Brasília, DF, 1988.

BRASIL. Constituição. Lei nº 67 de 26 outubro de 1998. **Lei da Proteção de dados pessoais.** Brasília, DF, 1998.

BUTTYÁN, L.; HUBAUX, J. P. **Security and Cooperation in wireless Networks:** Thwarting Malicious and Selfish Behavior in the Age of Ubiquitous Computing. 1. ed. Cambridge University Press, 2007.

CAIADO, R.; QUELHAS, O. L. G.; RANGEL, L. A. D.; NASCIMENTO, D. **Metodologia de revisão sistemática da literatura com aplicação do método de apoio multicritério à decisão SMARTER.** XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão e III Inovarse - Responsabilidade Social Aplicada, Rio de Janeiro, 2017.

FALL, K. R.; STEVENS, W. R. **TCP/IP Illustrated, Volume 1: The protocols**. 2. ed. New Jersey: Pearson Education, Inc., 2012.

FAN, P.; ZHAO, J.; I, C.-L. **5G High Mobility wireless Communications: Challenges and Solutions**. China Communications, n. 2, 2016.

HORN G.; SCHNEIDER P., **Towards 5G Security**. IEEE Computer Society, 2015.

JACOBS, I., WALSH, N. **Architecture of the World Wide Web, Volume One**. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/webarch/>>. Acesso em: 04 set. 2017.

KELLER, A. **Asterisk na prática**. 2 ed. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

KITCHENHAM, B. A.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Tech. Rep. EBSE-2007-01, Keele University, 2007.

MEHTA, H. *et. al.* **0G to 5G Mobile Technology: A Survey**. Journal of Basic and Applied Engineering Research, 2014

MENDES, D. R. **Redes de Computadores: Teoria e Prática**. 4. ed. São Paulo: Novatec Editora LTDA, 2016.

MENDES, J. R. R. **5g: A Quinta Geração**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014

MIR, M. M.; KUMAR, S. **Evolution of Mobile wireless Technology from 0G to 5G**. International Journal of Computer Science and Information Technologies, 2015.

OSSEIRAN, A. **Mobile and wireless Communications system for 2020 and beyond (5G)**. Research views on IMT beyond 2020. Disponível em <<https://www.metis2020.com/wp-content/uploads/presentations/ITU-R-2020-VisionWS.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2018.

PIRES, A. L. N. **Negação de serviço por conluio produtor-consumidor em redes orientadas a conteúdo**. Niterói: UFF, 2017

RELEASE 14. 3GPP. Disponível em <<http://www.3gpp.org/release-14>>. Acesso em: 07 jan. 2018.

RELEASE 15. 3GPP. Disponível em <<http://www.3gpp.org/release-15>>. Acesso em: 07 jan. 2018.

RELEASE 16. 3GPP. Disponível em <<http://www.3gpp.org/release-16>>. Acesso em: 07 jan. 2018.

ROSA, L. S. P. *et al.* **Aplicações do 5G em Internet das Coisas (IoT).** Instituto Nacional de Telecomunicações, 2017.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. **Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica.** Revista Brasileira de Fisioterapia, v. 11, n. 1, 2007

SEETHARAMAN, A. *et al.* **What Do Customers Crave in Mobile 5G?:** A survey spotlights four standout factors. IEEE Consumer Electronics Magazine, 2017.

SERPANOS, D.; WOLF, T. **Architecture of Network Systems.** 1. ed. Massachusetts: Elsevier Inc., 2011.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** 4. Ed. Florianópolis: UFSC, 2005

SZYMANSKI, T. H. **Strengthening Security and Privacy in an Ultra-Dense Green 5G Radio Access Network for the Industrial and Tactile Internet of Things.** IEEE, 2017.

TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, D. **Redes de Computadores.** 5 ed. São Paulo: Pearson, 2011.

TEHRANI, N. M.; UYSAL, M.; YANIKOMEROGLU, H. **Device-to-Device Communication in 5G Cellular Networks: Challenges, Solutions, and Future Directions.** IEEE Communications Magazine, 2014.

WANG, C.-X. *et al.*. **Cellular architecture and key technologies for 5g wireless communication networks**. IEEE Communications Magazine, IEEE, v. 52, n. 2, 2014.

WAZLAWICK, Raul. **Metodologia de pesquisa para ciência da computação**. 2. ed. Elsevier Brasil, 2014.

WEBER, C.; BAHADUR G. **Windows XP Professional Security**. 1. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2002.

APÊNDICES

**APÊNDICE A – CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS NOS TRABALHOS
SELECIONADOS**

Os estudos selecionados neste trabalho foram numerados de E1 a E21, seguindo a ordem em que estes foram selecionados pelos critérios de Seleção e Exclusão definidos previamente, sendo observada a recorrência dos critérios obtidos durante a pesquisa. Os resultados dessa etapa foram os seguintes:

Estudo	Título	Lançamento	Latencia	Velocidade	Disponibilidade	Mobilidade	Segurança	Serviços	Tecnologia
E1	5G high mobility wireless communications. Challenges and solutions	X	X	X	X	X	X	X	X
E2	5G Security Architecture and Light Weight Security Authentication	X	X	X	Captura Retangular	X	X	X	X
E3	A software defined security architecture for SDN-based 5G network	X					X		X
E4	A Survey of Resource Management Toward 5G Radio Access Networks	X	X	X					X
E5	Enabling cyber-physical communication in 5G cellular networks. challenges, spatial spectrum sensing, and cyber-security	X	X		X		X	X	
E6	Network Slicing in 5G. Survey and Challenges	X	X		X		X	X	X
E7	Policy based virtualised security architecture for SDN.NFV enabled 5G access networks	X					X		X
E8	SDN.VANETs in 5G. An architecture for resilient security services	X					X	X	X
E9	Secure key management for 5G physical layer security	X					X		X
E10	Strengthening security and privacy in an ultra-dense green 5G Radio Access Network for the industrial and tactile Internet of Things	X	X	X	X		X	X	
E11	Towards 5G Security	X	X				X		X
E12	What Do Customers Crave in Mobile 5G. A survey spotlights four standout factors.	X		X	X	X		X	
E13	Authentication handover and privacy protection in 5G hetnets using software-defined networking	X	X				X	X	X
E14	Device-to-device communication in 5G cellular networks. challenges, solutions, and future directions	X	X	X	X	X	X		X
E15	Safeguarding 5G wireless communication networks using physical layer security	X					X		X
E16	Unified Security Architecture Research for 5G Wireless System	X					X		X
E17	Evolution of Mobile Wireless Technology from 0G to 5G.	X		X	X	X		X	X
E18	0G to 5G Mobile Technology: A Survey	X		X	X	X		X	X
E19	SEGURANÇA EM REDES MÓVEIS	X					X	X	X
E20	Confiabilidade de conexão entre dispositivos aplicado ao 5G	X					X	X	X
E21	Aplicações do 5G em Internet das Coisas (IoT)	X		X	X	X	X	X	X
	TOTAL:	21	10	9	9	6	16	12	18

APÊNDICE B – REFERÊNCIAS DE ESTUDO DA REVISÃO SISTEMÁTICA

ATAT, R. *et. al.* **Enabling cyber-physical communication in 5G cellular networks.** Challenges, spatial spectrum sensing, and cyber-security. IET Cyber-Physical Systems: Theory & Applications, 2017.

DUAN, X.; WANG, X. **Authentication Handover and Privacy Protection in 5G HetNets Using Software-Defined Networking.** IEEE Communications Magazine, 2015.

FAN, P.; ZHAO, J.; I, C.-L. **5G high mobility wireless communications:** Challenges and solutions. China Communications, 2016.

FANG, Q. **Unified Security Architecture Research for 5G Wireless System.** IEEE Computer Society, 2014

FOUKAS, X. **Network Slicing in 5G. Survey and Challenges.** IEEE Communications Magazine, 2017

HORN, G.; SCHENEIDER, P. **Towards 5G Security.** IEEE Computer Society, 2015.

HUSSEIN, A. **SDN VANETs in 5G. An architecture for resilient security services.** Fourth International Conference on Software Defined Systems (SDS), 2017.

LIANG, X.; QIU, X. **A software defined security architecture for SDN-based 5G network.** Proceedings of NIDC2016, IEEE, 2016.

LIMA, D. P. P.; THEODORO, L. C.; DANTAS, S. **Quinta geração das redes móveis.** Universidade Federal de Uberlândia, 2014.

MAZIN, A.; DAVASLIOGLU, K. GITLIN, R. D. **Secure key management for 5G physical layer security.** IEEE, 2017.

MEHTA, H. *et. al.* **0G to 5G Mobile Technology: A Survey.** Journal of Basic and Applied Engineering Research, 2014.

MIR, M. M.; KUMAR, S. **Evolution of Mobile wireless Technology from 0G to 5G**. International Journal of Computer Science and Information Technologies, 2015.

OLIVEIRA, R. S. **Confiabilidade de conexão entre dispositivos aplicado ao 5G**. Universidade Federal de Ouro Preto, 2017.

OLWAL, T. O.; Djouani, K.; Kurien, A. M. **A Survey of Resource Management Toward 5G Radio Access Networks**. IEEE communications survey & tutorials, 2016.

PAN, F. *et. al.* **5G Security Architecture and Light Weight Security Authentication**. International Conference on Communications in China: First International Workshop on Green and Secure Communications Technology, IEEE/CIC, 2015.

PAULA, A. S.; BRESSAN, M. A.; ABE, T. **Segurança em redes Móveis**. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2013.

ROSA, L. S. P. *et al.* **Aplicações do 5G em Internet das Coisas (IoT)**. Instituto Nacional de Telecomunicações, 2017.

SEETHARAMAN, A. **What Do Customers Crave in Mobile 5G. A survey spotlights four standout factors**. IEEE consumer electronics magazine, 2017

SIDDIQUI, M.S. *et. al.* **Policy based virtualised security architecture for SDN.NFV enabled 5G access networks**. IEEE Conference on Network Function Virtualization and Software Defined Networks (NFV-SDN), 2016.

SZYMANSKI, T. H. **Strengthening security and privacy in an ultra-dense green 5G Radio Access Network for the industrial and tactile Internet of Things**. IEEE, 2017.

TEHRANI, M. N.; UYSAL, M.; YANIKOMEROGLU, H. **Device-to-Device Communication in 5G Cellular Networks: Challenges, Solutions, and Future Directions.** IEEE Communications Magazine, 2014.

YANG, N. *et. al.* **Safeguarding 5G Wireless Communication Networks Using Physical Layer Security.** IEEE Communications Magazine, 2015.