

Redes 6G: Os desafios e benefícios do futuro

Andrew Lucas da Silva Freitas¹, José Jailton Junior²

¹Engenharia de Computação – Universidade Federal do Pará (UFPA) Campus I –
68746-630 – Castanhal – PA – Brasil

²Pós Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Pará
(UFPA) Caixa Postal 479 – 66075-110 – Belém – PA – Brasil

andrewls.freitas@gmail.com, jjj@ufpa.br

Abstract. *Studies for 6G are already being done, as the limitations of 5G are already apparent and new demands such as Internet of Everything (IoE), Holographic Telepresence (HT), Extended Reality (XR), Industry 5.0 as well as other applications challenge the new generation to surpass 5G. The objective of this article was to carry out a survey of the art study on 6G Networks, demonstrating aspects of development research, applications, requirements, challenges and scenarios that will become common in the future.*

Resumo. *Estudos para o 6G já estão sendo feitos, pois as limitações do 5G já estão aparentes e novas demandas como Internet of Everything (IoE), Holographic Telepresence (HT), Indústria 5.0 bem como outras aplicações desafiam a nova geração a superar o 5G. O objetivo deste artigo foi realizar um levantamento do estudo da arte sobre as Redes 6G, demonstrando aspectos das pesquisas de desenvolvimento, aplicativos, requisitos, desafios e cenários que no futuro se tornarão comuns.*

1. Introdução

A todo instante estão ocorrendo evoluções na sociedade moderna, com as tecnologias não poderia ser diferente. As áreas tecnológicas recentemente vêm evoluindo de forma rápida, recentemente as redes móveis 5G chegaram no Brasil e no mundo trazendo consigo várias possibilidades para evoluir cada vez mais a sociedade. Apesar de ser uma novidade ainda, estudos para o 6G já estão sendo feitos, pois as limitações do 5G já estão aparentes e novas demandas como Internet of Everything (IoE), Holographic Telepresence (HT), Extended Reality (XR), Indústria 5.0 bem como outras aplicações desafiam a nova geração a superar o 5G em velocidade de transmissão, número de dispositivos conectados na rede, confiabilidade da transmissão, comunicação em alta velocidade, dentre outros requisitos [3], [4].

As redes de comunicação 5G tiveram um grande impacto na sociedade devido suas possibilidades, uma de suas aplicações habilitadas foi a Internet das coisas (Internet of things - IoT). Em suma, a IoT é uma rede de dispositivos e máquinas que são capazes de interagir entre si, tendo carros, geladeiras, portas, lâmpadas e relógios conectados trocando informações em um sistema na rede, procurando uma maior eficiência para o cotidiano [5]. Com a chegada do 6G, a IoT passará a ser a Internet de Tudo (Internet of everything - IoE), que propõe um número muito maior de dispositivos conectados, além de maior velocidade e inteligência para tomar decisões cada vez mais independentes, criando então um futuro hiperconectado, com pessoas, máquinas, dispositivos, sensores e veículos, tudo e todos conectados.

Com o futuro próximo hiperconectado, um dos grandes desafios da rede 6G será manter um número tão alto de dispositivos conectados de forma que não interfira nos outros serviços, para isso bandas sub-THz e THz serão implementadas no domínio 6G, duas faixas de frequência para atender os aplicativos com demanda de alta eficiência de espectro.

O objetivo deste artigo foi realizar um levantamento do estado da arte sobre as Redes 6G, demonstrando aspectos das pesquisas de desenvolvimento, aplicativos, requisitos, desafios e cenários que no futuro se tornarão comuns. Tendo em vista as limitações do 5G, a motivação da pesquisa se deve ao fato de que estudos já são feitos para o desenvolvimento da sexta geração, que será a sucessora após 2030, revolucionando a sociedade como um todo.

2. Evolução das Redes

Para atingir a sexta geração de redes móveis foi preciso passar por vários estágios, as redes móveis tiveram início na década de 80, o objetivo foi possibilitar que aparelhos sem fio pudessem realizar ligações de voz em movimento, com sinal analógico a primeira geração (1G), trouxe grande impacto para a sociedade [7]. Impacto que se repete a cada nova geração, pois na segunda geração (2G), disponível no ano 1991, o sinal digital substituiu o analógico e nesse momento, além de um simples suporte de dados havia também SMS e chamadas de voz [8].

A transição do 2G para a terceira geração (3G) passou por degraus de novas tecnologias que melhoraram o serviço fornecido do 2G, mas não alcançaram um desempenho bom o suficiente para serem a próxima geração, esses degraus são chamados de sub-gerações, conhecidos como GPRS e EDGE. O 3G chega então quando é feito uso do W-CDMA que possibilitou até 2Mbps de download e upload, com isso não somente SMS e ligações por voz estavam disponíveis, o acesso à internet de qualidade era realizável, juntamente com TV móvel e chamadas de vídeo [9].

A cada geração fronteiras eram superadas e novas demandas alcançadas, a quarta geração (4G), após as sub-gerações HSPA e HSPA+, com uso do LTE, teve mais velocidade, estabilidade e menor latência na conexão trazendo consigo serviços de armazenamento em nuvem, jogos mobile online e streaming de vídeo em HD, além de todos os serviços já prestados pelas gerações anteriores [10]. A quinta geração (5G) teve como propósito integrar pessoas e coisas em um mesmo sistema de rede, tornando o 4G a última geração utilizada apenas por pessoas.

O projeto ambicioso e recentemente instituído em 2022 em várias partes do mundo, o 5G, permitiu que vários dispositivos se conectassem na rede, criando a Internet of Things (IoT), e permitindo que fosse possível explorar áreas desde o VR, AR, MR, Veículos autônomos até Indústria 4.0, Saúde 4.0 e outros [11]. A qualidade dos serviços prestados é satisfatória, o 5G tem excelentes números de latência, quantidade de dispositivos conectados por m², além de um espectro eficiente, no entanto novos conceitos surgem e com eles novas ideias, demandas, propostas, tudo pensado com base em alguma necessidade para melhorar a qualidade de vida humana. A sexta geração (6G) está sendo planejada e em breve trará consigo revolução na saúde, transporte, indústria, lazer e comunicação.

Tabela 1. Comparativo entre as redes

	Ano	Padrões	Tecnologias	Largura de banda	Taxa de dados	Aplicações
1G	1981	AMPS, TACS	Analógico	--	--	Ligações de voz
2G	1991	GSM, GPRS, EDGE	Digital	Banda larga	80 - 100 kbps	SMS/MMS
3G	2001	UMTS, HSPA	Digital	Banda larga	2 Mbps	TV, lig. de vídeo, acesso à internet
4G	2010	LTE	Digital	Banda larga	450 Mbps	TV, jogos online, serviço em nuvem
5G	2022	New Radio	Digital	Banda larga	10 - 20 Gbps	Internet of Things
6G	2030	--	Digital	Banda larga	1 Tbps	IoE, HT, UAV e vários outros

Fonte: Adaptado de V. Pereira and T. Sousa, 2004; J. R. Churi et al, 2012

3. Redes 6G

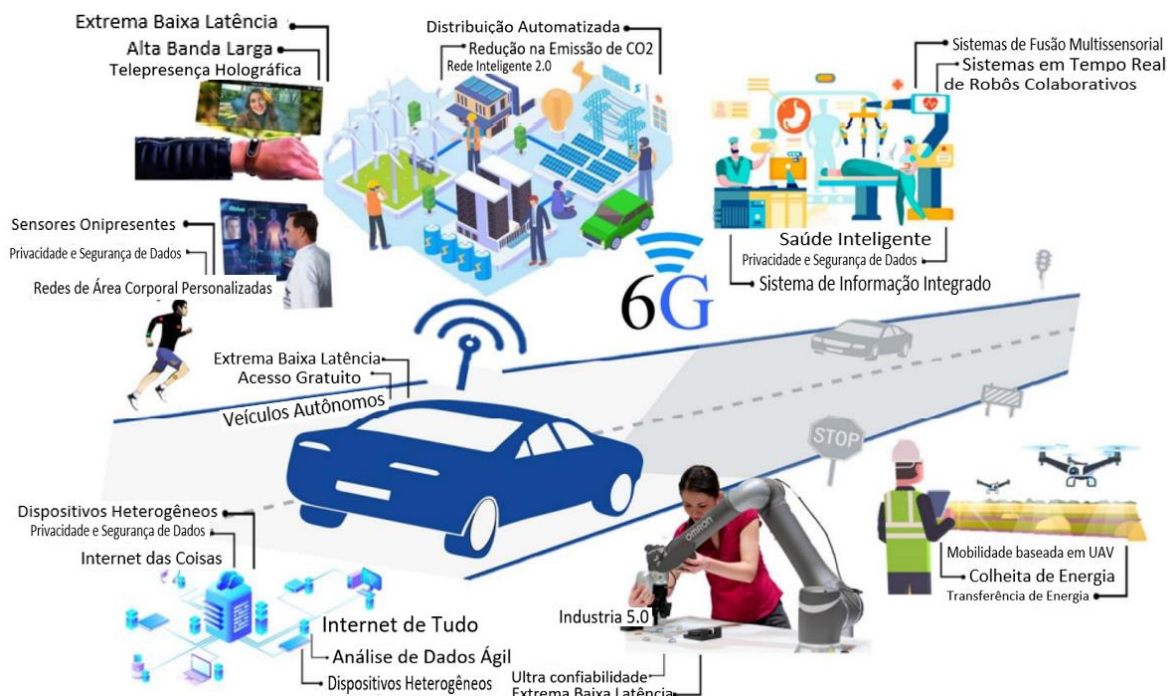
O momento atual da rede 6G é o planejamento, pensa-se que em 2022 – 2023 a visão esteja completa e assim o 6G seja um projeto mais alinhado, pois já terão requisitos, padronizações, tecnologias novas e existentes, tudo já avaliado para o desenvolvimento da rede, que tem prazo planejado para 2026 – 2027. Neste ponto o 6G deixará de ser um plano geral e se tornará um projeto implementado com suas devidas especificações, pronto para a fase de testes, que serão feitos pelas operadoras, com prazo até 2028 – 2029 e o lançamento da rede de comunicação 6G fica para até 2030 [12].

Após 2030, espera-se que o 6G esteja pronto para suportar as diversas aplicações que já estão sendo planejadas e desenvolvidas e atenda as que estão por vim, enquadrando em seus parâmetros de rede excelentes quaisquer requisitos, parâmetros esses que contam com uma taxa de dados de pico que ultrapassará 1Tbps, latência menor que 0,1ms, contarão também com alta confiabilidade, suportará uma densidade de conexão extrema, com eficiência de espectro 5x maior que a do 5G [13].

Os números não são exorbitantes sem necessidade, aplicações como IoE, Saúde 5.0, Cidades Inteligentes, Realidade Virtual, Telepresença Holográfica e outros demandam esses requisitos da rede 6G, contudo, pesquisadores do mundo todo estão contribuindo para superar cada desafio, certamente os benefícios serão muitos e várias aplicações ainda vão surgir, aumentando a dificuldade e os ganhos de forma proporcional. O 6G conta com várias tecnologias lhe dando suporte que tornarão real o projeto e mesmo ainda no início já se tem vários projetos de aplicações.

3.1 Aplicações

Com a criação de uma nova geração de redes móveis novos projetos serão habilitados, bem como projetos antigos que não puderam ser implementados devido as limitações das gerações anteriores. Além disso, alguns aplicativos se aprimoram, sendo capazes de abranger mais propriedades para si. Espera-se que o 6G torne possível várias aplicações como as demonstradas na figura 1 e também muitas outras não citadas, todas elas têm seus desafios, requisitos e ambições, porém, após implementação, terão grande impacto no mundo.



Fonte: Adaptado de C. de Alwis et al., 2021

Figura 1. Aplicativos 6G em ascensão.

3.1.1 Internet of everything (IoE)

A IoE é um dos principais projetos que serão habilitados, ela é uma versão estendida da IoT (Internet of things), a IoT teve um papel fundamental no 5G tendo grande impacto na sociedade. O 6G trará a IoE integrando vários dispositivos de sensoriamento capazes de fazer operações com parâmetros como temperatura, velocidade, sinais vitais, luz, humidade, pressão.

Esse sistema totalmente conectado tomará decisões de forma inteligente e fará com que novos aplicativos nas áreas de saúde, transporte, cidades inteligentes, produção industrial sejam aprimorados, criando vários cenários de implementação devido alta variedade nos tipos dos sensores.

3.1.2 Realidade estendida (XR) e telepresença holográfica (HT)

A XR e a HT são aplicações distintas, no entanto, ambas são apps que removerão a obrigatoriedade presencial, seja assistindo ou participando de uma reunião, os usuários não precisarão estar presentes fisicamente no local e sim virtualmente utilizados os dispositivos respectivos.

A XR ganha força com a 6ª geração já que parâmetros como latência extremamente baixa, conectividade forte e alta taxa de dados, serão suportados, a nova rede desta forma tende a trazer a estabilidade necessária para a aplicação, diminuindo as possibilidades de insatisfação vindas dos usuários, já que em muitas aplicações com XR são em multimídia. Contudo, outras vertentes já estão presentes como arquitetura, medicina, artes, mercado e outros, e espera-se que cada vez mais seja possível interagir com objetos virtuais no plano real.

A HT também se beneficiará da nova rede, já que demanda de uma latência extremamente baixa de 0.1ms e taxas de dados em vários Gbps, ela consiste em transmitir

imagens de pessoas e do ambiente de forma realista, projetados em feixes de laser, causando a impressão de presença, facilitando reuniões e pronunciamentos em vários lugares ao mesmo tempo, reduzindo custos com viagens e otimizando o tempo.

3.1.3 UAV e Veículos autônomos conectados

Deixando de ser quase que exclusivamente da área militar, os UAVs passaram a ocupar novas áreas como pecuária, preservação agrícola, monitoramento de tráfego, construção civil, entregas de pacotes e várias outras. Além de drones, veículos não tripulados, que já são realidade, estarão ganhando mais espaço no mundo, pois a confiabilidade do 6G é altíssima.

Futuramente então, espera-se que novas cidades sejam mais produtivas, sustentáveis e verdes, já que os transportes traçarão melhores rotas e tomarão decisões mais eficientes devido técnicas de IA (Inteligência Artificial) aplicadas nos seus desenvolvimentos. Uma melhoria no cotidiano, diminuindo atrasos, gastos, consumo de energia, reduzindo gases poluentes e reduzindo também o congestionamento no trânsito, já que muitas entregas serão feitas por UAVs, e além disso os transportes coletivos terão melhoria significativa, atraindo mais passageiros.

A Amazon em breve inaugurará um sistema de entrega frequente de encomendas utilizando UAV, a empresa é destaque no e-commerce aplicando estratégias inovadoras e batendo seus próprios recordes a cada ano. Certamente quando começar a utilizar essa nova tecnologia irá se destacar ainda mais, revelando um exemplo real aplicado de como serão futuras entregas, até que sejam distribuídas pelo mundo inteiro mudando de vez esse aspecto na sociedade [14].

3.1.4 Indústria 5.0

Muitos estudos ainda estão sendo feitos em relação a essa aplicação, com isso novas tendências vão aparecer nos trabalhos práticos futuros. Semelhante a IoE, a indústria 5.0 precisa de um número muito alto de dispositivos conectados, com ela será comum robôs nos meios de trabalhos, robôs autônomos com características humanas e eficiência superior, devido programação com aprendizado de máquina (ML - Machine Learning) e inteligência artificial (IA), os robôs no dia a dia são um futuro próximo, deixando de ser ficção e mudando bruscamente a sociedade.

Implementar tais máquinas requer além dos parâmetros de velocidade, número de dispositivos conectados, latência baixa, também requer alta confiabilidade e segurança, para que sistemas inteiros e tão conectados não sejam facilmente derrubados por ataques hackers e assim não comprometam tanto a produção da empresa, quanto a segurança real dos humanos que ali trabalham e estão envolvidos no sistema.

3.1.5 Saúde 5.0

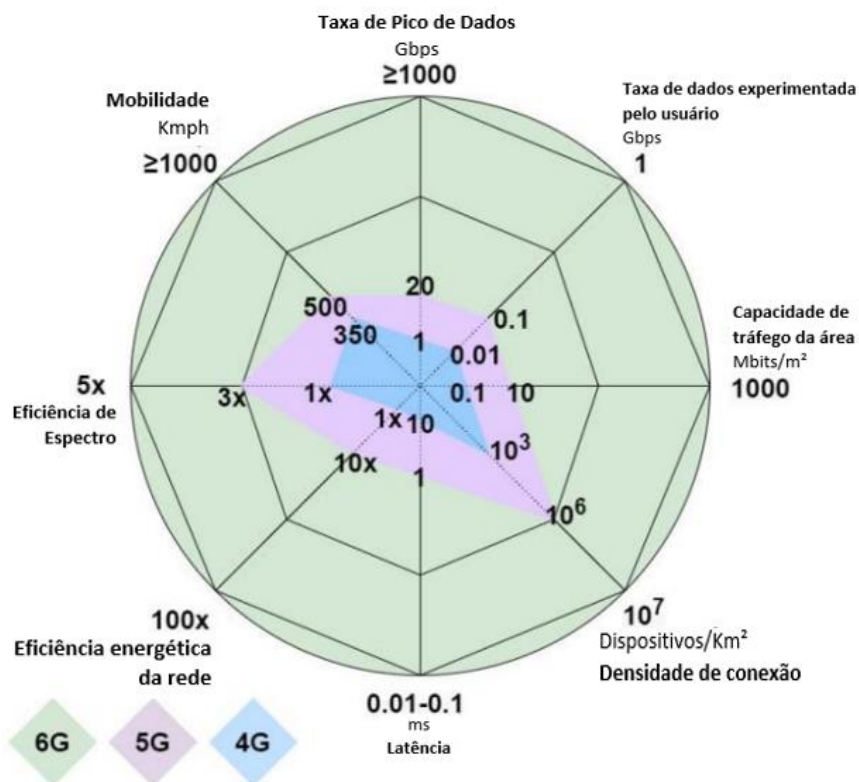
O aumento na variação de “sensores vestíveis” proporciona leituras em várias áreas do corpo, captando sinais de pressão, temperatura, glicose, batimentos cardíacos e outros sinais vitais, com os dispositivos de computação fazendo medições em tempo real, dando retornos aos pacientes, médicos ou responsáveis dentre outras vertentes na aplicação a serem exploradas, todo esse conjunto se dará como Saúde 5.0 [16].

Em meio a pandemia do covid-19, a prospecção do 6G na área da saúde é

gigantesca, tornando possível receber diagnósticos precisos de casa, evitando exposição a tantas doenças. O 6G com sua alta confiabilidade irá habilitar também na telemedicina procedimentos cirúrgicos a distância, feitos por médicos de modo remoto. Os pacientes estarão sendo assistidos a todo instante por esses dispositivos que também receberão IA bem como outras técnicas para que algumas vezes eles mesmos tomem decisões, diminuindo riscos para quem mais precisa.

3.2 Requisitos

Para alcançar os objetivos esperados, a nova geração tem diversos requisitos para superar sendo feitos muitos estudos em várias áreas e da mesma forma que os aplicativos precisam de certos requisitos, os requisitos demandam aplicações e tecnologias para serem habilitados [17]. Abaixo, tem-se a figura de um gráfico dos números que são esperados para o 6G comparados aos números já alcançados pelo 5G e pelo 4G.



Fonte: Adaptado de C. de Alwis et al., 2021

Figura 2. Requerimentos do 6G comparados ao 4G e o 5G.

Percebe-se que no geral o consumidor final muitas vezes se atenta apenas para a velocidade que poderá usufruir, no entanto durante o desenvolvimento do projeto de rede 6G, também são levados em consideração requisitos como números de dispositivos conectados, eficiência do espectro, confiabilidade, segurança, economia de energia e muitos outros.

3.2.1 Banda larga móvel melhorada/ Further enhanced mobile broadband (FeMBB)

É evidente que a velocidade de banda larga móvel será melhorada no 6G, já que há uma constante crescente nesse segmento da rede, além disso os aplicativos estudados precisariam de picos acima de dezenas de Gbps, deste modo estima-se para o 6G o

fornecimento de pico da taxa de dados de banda larga móvel a nível de Tbps.

Os benefícios que a FeMBB trará serão vários, dentre eles ela poderá melhorar a banda larga em regiões com número alto de dispositivos com alta densidade e fluxo de informações, como cidades inteligentes. Além disso, haverá uma melhoria em multimídia, possibilitando jogos, TV móvel e XR, tudo em ultra-alta definição.

3.2.2 Comunicação ultra-massiva do tipo máquina/ Ultra-massive machine-type communication (umMTC)

A densidade de conexão precisa ser melhorada para atender a IoE, com trilhões de dispositivos conectados em uma rede em grande escala com conectividade confiável, uma arquitetura umMTC deve ser aplicada e assim a rede suportará trilhões de sensores, atuadores e outros dispositivos, todos enviando e recebendo dados.

Os casos de uso são diversos, já que será habilitada a IoE, com isso, edifícios inteligentes, logística e gerenciamento de frota, internet dos veículos (IoV), sensoriamento da natureza/vida selvagem, seja em pastos com gados, plantações ou no monitoramento da qualidade do ar e da água, serão habilitados ao ser aplicado a umMTC que permitirá tantos sensores distintos conectados.

3.2.3 Comunicação de baixa latência extremamente confiável/ Extremely reliable low-latency communication (eRLLC)

Visando telemedicina, XR, Internet of Healthcare (IoH), a rede 6G terá a eRLLC. Todas essas aplicações exigem que a conexão seja ultra confiável e para obter essa alta confiabilidade e baixa latência, parâmetros como: enquadramento e codificação inteligentes e automatizados; uso de recursos eficaz, que vão diminuir o tempo de resposta durante todo o processo, devem ser alcançados e assim o 6G deve ter um processo com tempos de resposta menor e uma taxa de confiabilidade de 99,99999% do que o 5G que alcançou confiabilidade de 99,999%.

Exemplificando, um cenário clássico seria de um médico cirurgião controlando remotamente um robô cirúrgico a partir de um console, onde o paciente poderia estar em uma cidade distinta do médico e mesmo assim ser operado com precisão e segurança, não se expondo a uma viagem, diminuindo riscos de contágio em viagens e se mantendo em sua cidade. Aplicações como essa na área da saúde ganham força após a pandemia do COVID-19, já que pacientes idosos e tantos outros precisam de isolamento e redução de contato humano para sua segurança.

3.2.4 Comunicação de extrema baixa energia/ Extremely low-power communication (ELPC)

Questões ambientais estão sempre em discussão, pois o impacto de novas tecnologias deve sempre ser ponderado. No 5G muitas tecnologias foram aplicadas para facilitar a comunicação de baixa potência, porém no 6G a comunicação sem fio entre os vários dispositivos na rede, podem acabar consumindo mais energia, implicando nas questões ambientais.

Portanto, será necessário reduzir o consumo de energia e para isso é proposto por por [Fang et al. 2020] o desenvolvimento de dispositivos de Superfície Inteligente Reconfigurável (RIS), que terão menos antenas e assim diminuirão a complexidade de hardware nos transmissores e receptores, além de outras técnicas mantendo o foco em

transmitir com alta velocidade e com consumo reduzido, sendo por fim aplicados em casas inteligentes, carros inteligentes e UAV.

3.2.5 Comunicação de longa distância e alta mobilidade/ Long distance and high Mobility communication (LDHMC)

Para algumas aplicações futuras o 6G deverá fornecer serviços de longa distância e alta mobilidade contínuos, o LDHMC no 5G suporta até 500km/h, o 6G estima superar a marca de 1000km/h. É esperado tamanha velocidade para que a demanda de exemplos como passeios espaciais, turismo em alto mar e transporte em alta velocidade possa ser desenvolvidas ainda no 6G sem se preocupar com a limitação de velocidade.

Em alta mobilidade, multiportadora de banco de filtros e multiportadora universal filtrada são os grandes impulsionadores, pois vão tratar um dos grandes desafios que é o canal de comunicação. Comunicações sem fio em alta mobilidade sofrem com dispersão de tempo e frequência no entanto, fazendo uso dessas técnicas de filtragem, pode ser possível obter alternativas para multiplexação por divisão de frequência ortogonal.

3.2.6 Alta eficiência de espectro/ High spectrum efficiency

Com tantos dispositivos conectados por metro quadrado, aumentando não só o número de aparelhos como a variedade deles, algumas aplicações exigirão espectro de largura de banda alta (conteúdo holográfico), que podem não ser suportados pelo espectro de onda milimétrica, fazendo com que vários dispositivos não se conectem de forma adequada na rede.

Pesquisadores estudam novas tecnologias de domínio, como banda sub-THz e THz e esperam que os métodos usados atendam este requisito e será possível então novos serviços inteligentes em cidades inteligentes, agricultura inteligente, varejo, cadeia de suprimentos e outros.

3.2.7 Alta capacidade de tráfego de área/ High area traffic capacity

Espera-se que o 6G consiga uma capacidade de tráfego de área de 10 vezes comparado ao 5G, que é atualmente de 10Mbps por metro quadrado (bit/s/m²), futuramente atingirá até 1Gb/s/m², habilitando aplicações do mundo real como redes urbanas, previsões meteorológicas, veículos automatizados e redes ferroviárias de alta densidade.

Em veículos automatizados, [P. Fernandes and U. Nunes 2015] os autores afirmam que cada veículo inteligente é composto por dois módulos diferentes, um líder e um seguidor, em suas pesquisas usando novos algoritmos em simuladores eles garantem em vários cenários alta capacidade de tráfego e densidade de veículos evitando congestionamento.

3.2.8 Banda larga móvel e baixa latência/ Mobile broadband and low-latency (MBLL)

Ambientes de realidade virtual exigem alta definição bem como outras demandas, uma boa experiência é o que se espera e para isso não se pode ter atrasos ou falhas. Esses apps exigem altas taxas de largura de banda de dados, pois eles contêm imagens de ultra alta definição, fazem uso de gestos humanos mantendo a imersão do usuário, com isso é preciso um pico de downlink acima de 1Tbps e a taxa experimentada pelo usuário será acima de 10Gbps.

Se tratando de RV a imersão é a prioridade, já que a experiência do usuário depende dela e assim os tempos de resposta tendem a ser quase que imediatos, como em um comando de voz que deve ser menor que 0,1ms e em um comando vindo de um controle a resposta deve vim em menos de 1ms. Contudo, essa baixa latência não é esperada apenas em apps de RV, ela é importante no 6G como um todo e apps como turismo espacial e marítimo, transporte em alta velocidade, além de HT e AR móvel, também se beneficiarão dessa baixa latência.

3.2.9 Comunicações massivas de baixa latência do tipo máquina/ Massive low-latency machine type communications (MLLMT)

Algumas aplicações tendem a ter maior densidade de dispositivos, a comunicação tipo máquina é uma dessas, já que vários dispositivos dentro de um curto espaço estarão trocando informações entre eles. Em sistemas inteligentes automatizados há uma necessidade de baixa latência para que as decisões do sistema sejam tomadas em frações de milissegundos.

É necessário que sejam desenvolvidas novas tecnologias e aparelhos sem fio que tolerem uma grande quantidade de conexões entre diversos dispositivos IoE, precisa-se também que novas técnicas sejam empregadas, por exemplo, uma nova estrutura de aprendizado sequencial de multiestado que foi proposto em [Park and Saad 2019]. Projetos como esse possibilitarão uma comunicação do tipo máquina de baixa latência trocando dados em milissegundos, tornando reais, no futuro, sistemas de veículos não tripulados, automação residencial e predial, monitoramento de indústrias e infraestruturas de saúde habilitadas para o IoT.

3.2.10 Comunicações extremas assistidas por IA/ AI-assistive extreme communications (AEC)

A AEC é uma proposta de introdução massiva da IA (Inteligência Artificial) em todos os tipos de comunicação, para isso as redes 4G e 5G não teriam capacidade de suportar uma escala tão grande de dispositivos, aplicativos, práticas heterogêneas padrão e não padrão, desta forma a comunicação extremamente assistida deve ser implementada apenas a partir da chegada do 6G.

Fazendo uso de ML (Machine Learning) para chegar na AEC, sistemas completos e autônomos serão capazes de tomar decisões de maneira independente, reconsiderando seus passos e rotas a cada imprevisto ou fator a ser considerado, criando possibilidades de apps como planejamento orientado, gerenciamento de transferências, mobilidade inteligente, gerenciamento de espectro inteligente.

Tabela 2. Relação de Importância dos Requisitos para os Aplicativos 6G

Legenda:

Importância:
Alta
Média
Baixa

6G APLICATIVOS	REQUISITOS									
	FeMBB	umMT	eRLLC	ELPC	LDHM	Alta Eficiência de Espectro	Alta Capacidade de Tráfego de Área	MBB	MLLM	AEC
Internet of Everything	B	B	B	M	B	M	M	B	B	M
XR e HT	A	A	B	A	A	B	A	B	A	A
UAV/ Veículos autônomos	A	B	A	B	A	B	A	M	M	B
Indústria 5.0	B	M	M	A	A	B	M	M	A	B
Saúde 5.0	A	A	A	M	M	B	B	A	A	A

Fonte: Adaptado de C. de Alwis et al., 2021

4. Considerações finais

Neste estudo foi abordado as fronteiras da sexta geração de redes móveis, evidenciando futuras aplicações que revolucionarão a sociedade após 2030, juntamente com os desafios, cenários, tendências, aplicações e tecnologias de apoio para o sucesso do projeto. O desenvolvimento do 6G depende das demandas dos aplicativos que não são suportados pelo 5G, eles exigem taxas de dados, confiabilidade, baixa latência, eficiência energética e mobilidade, todos em uma escala extrema.

Foram destacados aplicativos e requisitos, pois são eles quem moldam o projeto desde o planejamento, e devido o projeto estar em fase inicial existe certa carência de informações em alguns âmbitos das pesquisas, no entanto mesmo diante de limitações o 6G conta com várias tecnologias facilitadoras já em desenvolvimento. Apesar de ter ótimos parâmetros é natural que o 6G venha a ser superado por uma próxima geração se tornando obsoleto, a sociedade moderna está em uma busca constante por novidades para aplicar no futuro e torná-lo tão satisfatório quanto desafiador.

5. Referências

- [1] C. de Alwis et al., "Survey on 6G Frontiers: Trends, Applications, Requirements, Technologies and Future Research," IEEE Open J. Commun. Soc., vol. 2, 2021.
- [2] M. Z. Chowdhury, M. Shahjalal, S. Ahmed, and Y. M. Jang, "6G wireless communication systems: Applications, requirements, technologies, challenges, and research directions," IEEE Open J. Commun. Soc., vol. 1, pp. 957–975, 2020.
- [3] International Telecommunication Union. (2019). Focus Group on Technologies for Network 2030. Accessed: Mar. 29, 2021. [Online]. Available: <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Pages/default.aspx>

- [4] 6G Flagship, Univ. Oulu, Oulu, Finland, 2020. Accessed: Mar. 29, 2021. [Online]. Available: <https://www.oulu.fi/6gflagship/>
- [5] S. Wijethilaka and M. Liyanage, "Realizing Internet of Things with network slicing: Opportunities and challenges," in Proc. IEEE 18th Annu. Consum. Commun. Netw. Conf. (CCNC), 2021, pp. 1–6.
- [6] https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/ricardo/index.html
- [7] V. Pereira and T. Sousa, Evolution of Mobile Communications: From 1G to 4G, Dept. Informat. Eng., Univ. Coimbra, Coimbra, Portugal, 2004.
- [8] J. R. Churi, T. S. Surendran, S. A. Tigdi, and S. Yewale, "Evolution of networks (2G–5G)," in Proc. Int. Conf. Adv. Commun. Comput. Technol., vol. 51, 2012, pp. 8–13.
- [9] S. Won and S. W. Choi, "Three decades of 3GPP target cell search through 3G, 4G, and 5G," IEEE Access, vol. 8, pp. 116914–116960, 2020.
- [10] P. Datta and S. Kaushal, "Exploration and comparison of different 4G technologies implementations: A survey," in Proc. Recent Adv. Eng. Comput. Sci. (RAECS), 2014, pp. 1–6.
- [11] A. Dogra, R. K. Jha, and S. Jain, "A survey on beyond 5G network with the advent of 6G: Architecture and emerging technologies," IEEE Access, early access, Oct. 15, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3031234.
- [12] K. B. Letaief, W. Chen, Y. Shi, J. Zhang, and Y.-J. A. Zhang, "The roadmap to 6G: AI empowered wireless networks," IEEE Commun. Mag., vol. 57, no. 8, pp. 84–90, Aug. 2019.
- [13] W. Saad, M. Bennis, and M. Chen, "A vision of 6G wireless systems: Applications, trends, technologies, and open research problems," IEEE Netw., vol. 34, no. 3, pp. 134–142, May/June. 2019.
- [14] Amazon. (2016). Amazon Prime Air Project for Parcel Delivery. Accessed: Dec. 8, 2020. [Online]. Available: <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011>
- [15] F. Fang, Y. Xu, Q.-V. Pham, and Z. Ding, "Energy-efficient design of IRS-NOMA networks," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 69, no. 11, pp. 14088–14092, Nov. 2020.
- [16] S. Nayak and R. Patgiri, "6G communication technology: A vision on intelligent healthcare," 2020. [Online]. Available: [arXiv:2005.07532](https://arxiv.org/abs/2005.07532).
- [17] Z. Zhang et al., "6G wireless networks: Vision, requirements, architecture, and key technologies," IEEE Veh. Technol. Mag., vol. 14, no. 3, pp. 28–41, Sep. 2019.
- [18] F. Jameel, U. Javaid, B. Sikdar, I. Khan, G. Mastorakis, and C. X. Mavromoustakis, "Optimizing blockchain networks with artificial intelligence: Towards efficient and reliable IoT applications," in Convergence of Artificial Intelligence and the Internet of Things. Cham, Switzerland: Springer, 2020, pp. 299–321.
- [19] P. Fernandes and U. Nunes, "Multiplatooning leaders positioning and cooperative behavior algorithms of communicant automated vehicles for high traffic capacity," IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., vol. 16, no. 3, pp. 1172–1187, Jun. 2015.
- [20] T. Park and W. Saad, "Distributed learning for low latency machine type communication in a massive Internet of Things," IEEE Internet Things J., vol. 6, no. 3, pp. 5562–5576, Jun. 2019.