

5G: Um panorama da tecnologia e perspectivas de aplicação

Prof. Dr. Arnaldo de Carvalho Junior

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Cubatão, SP,
Brasil

Resumo: A cada nova geração de tecnologia de comunicação que se apresenta, novas aplicações são possíveis, mas também muitas dúvidas são geradas. Este relato busca responder algumas perguntas, analisar os impactos da tecnologia e convidar o leitor a refletir sobre o potencial de aplicações que a nova tecnologia do 5G permitirá.

Palavras-chave: 5G. LTE. Comunicação Móvel. IoT. Indústria 4.0.

Abstract: With each new generation of mobile communication technology that presents itself, new applications are possible, but also many doubts are generated. This report seeks to answer some questions, analyze the impacts of technology and inspire the reader to reflect on the potential applications that the new 5G technology will allow.

Keywords: 5G. LTE. Mobile Communication. IoT. 4.0 Industry.

INTRODUÇÃO

Entre os dias 4 e 5 de novembro de 2021, foram realizados os leilões de 5G no Brasil com grande repercussão na mídia (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2021). Ao longo do ano de 2022, as principais capitais do país começaram a receber a instalação dos equipamentos das operadoras, a se iniciar por Brasília (DF) (MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES, 2022). Assim como ocorreu com as gerações anteriores, esse processo deverá prosseguir pelos próximos anos, até que a cobertura massiva ocorra.

Por que o leilão gerou tanta repercussão na mídia? Por várias razões. O leilão de 4G ocorreu no Brasil com grande incentivo por conta dos eventos esportivos internacionais que ocorreram no país, como a Copa do Mundo de Futebol e os Jogos Olímpicos. A tecnologia 5G vem sendo implementada nos países desenvolvidos nos

últimos anos, gerando expectativa de quando ela será ofertada no Brasil. O leilão ocorrido no final de 2021 foi o pontapé inicial para isso. Ademais, o leilão foi realizado para várias faixas de frequência e larguras de bandas, permitindo a participação de várias empresas com diferentes estratégias comerciais (TELECO, 2022).

O leilão trouxe alguma surpresa para o mercado? Sim. Além das operadoras tradicionais de telefonia móvel que prestam serviço no Brasil, outras empresas participaram, sendo uma nova operadora nacional e cinco novas operadoras regionais com modelos de negócios específicos para serviços móveis virtuais (MVNO), Internet das Coisas e mercado corporativo (TELECO 2, 2022).

Mas, o que é o 5G? O 5G é a quinta geração de evolução tecnológica para redes móveis, oferecendo velocidades de transmissão de dados cerca de dez vezes mais rápidas, latência (ou atraso na transmissão) dez vezes menor. Além disso, o 5G permitirá de 10 a 100 vezes mais dispositivos conectados e menor consumo de bateria, em termos gerais, quando comparado ao 4G atual, permitindo o aumento considerável de aplicações de Internet das Coisas. O objetivo da 5G é viabilizar as seguintes aplicações (TELECO, 2022):

- a) Internet das Coisas (*internet of things* – IoT) de forma massiva.
- b) Permitir aplicações críticas de IoT, com atraso (latência) mínimo.
- c) Acesso banda larga fixo sem fio (*wireless*) de até 1 Gbps.
- d) Aumentar a capacidade de forma a baixar o custo por *bit* da banda larga móvel.

Para atender estas aplicações, a tecnologia 5G terá de possibilitar maior velocidade (acima de 10Gbps ou 30 vezes a da 4G atual), maior número de conexões de dispositivos (um milhão/km² ou cerca de 100 vezes a da 4G atual) e menor latência (< 1 ms) (TELECO, 2022).

A telefonia celular já tem mais de 40 anos de evolução tecnológica. A tecnologia 1G, chamada de Sistema Avançado de Telefonia Móvel (*Advanced Mobile Phone System* – AMPS) foi implementada nos Estados Unidos, em 1979. Em 1984, iniciou no Brasil à análise dos sistemas de telefonia celular e definição do padrão a ser adotado, sendo escolhido o AMPS. O sistema foi implantado oficialmente apenas em dezembro de 1992, primeiramente no estado do Rio Grande do Sul (DRULLIS, 2022). A Fig. 1 apresenta um breve panorama da evolução tecnológica.

Figura 1 – Evolução da Comunicação Móvel



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para o usuário comum, podem surgir algumas dúvidas, tais como:

1. O usuário precisará trocar de aparelho?

Sim. Assim como ocorreu nas evoluções tecnológicas anteriores de 1G para 2G, 2G para 3G e 4G, também para o usuário usufruir de serviços 5G precisará de *smartphones* e aparelhos móveis compatíveis com esta tecnologia. Importante também notar que, por alguns anos, as tecnologias das 2G, 3G e 4G continuarão a conviver e que o usuário não precisa correr para as lojas para trocar de aparelho, podendo fazer isso quando for o momento mais oportuno, seja pela disponibilidade do serviço 5G, pela concorrência entre operadoras, aplicações de interesse, entre outros fatores.

2. Já existem aparelhos 5G no Brasil?

Com a instalação das antenas pelas operadoras, a disponibilidade de dispositivos começa a ser ofertada. Já existem vários modelos homologados pela

Anatel para serem comercializados no Brasil. Porém, é melhor aguardar um pouco para acompanhar o amadurecimento da tecnologia e verificar se ou quando o serviço estará disponível na região do usuário.

3. Existem diferenças entre aparelhos 5G?

Sim. É importante prestar atenção ao modelo do aparelho e sua capacidade. O 5G traz diferentes versões e possibilidades tecnológicas, que impactam a velocidade e performance finais do dispositivo. É importante esclarecer estes pontos com a operadora, o fabricante do aparelho. Também é importante que o aparelho seja homologado pela Anatel.

O objetivo deste relato é apresentar o que muda para o usuário comum com o 5G e no que a tecnologia pode impactar no arranjo produtivo local, principalmente quanto à oferta de oportunidades para os alunos de cursos relacionados à Tecnologia da Informação e Automação Industrial.

O LEILÃO DE 5G NO BRASIL

As frequências de ondas eletromagnéticas (OEM) são como vias de transporte. Quanto maior a largura de faixa ou banda associada a uma frequência, maior a velocidade de transmissão de dados, da mesma forma que os veículos podem desenvolver velocidades maiores em rodovias, que são mais largas do que avenidas e ruas de bairros.

A cada geração de comunicação móvel, alguns serviços existentes são afetados, podendo gerar transtornos à população. Foi assim no 1G que canais de TV (70 – 83) de frequência ultra alta (*ultra high frequency* – UHF), obrigando as emissoras de TV a remanejarem seus equipamentos. O espectro de frequências de 900, 1800 e 1900 MHz também precisou ser limpo para a ampliação do 2G e introdução do 3G. O 4G teve grande pressão no Brasil por conta dos eventos esportivos internacionais, como a Copa do Mundo de 2014 e as Olimpíadas de 2016. Isso obrigou o Brasil a promover a limpeza do espectro de 2.5 GHz que estava destinado a outros serviços, como internet banda larga fixa de provedores (*internet service provider* – ISP) e 700 MHz. A faixa de 700 MHz somente foi possível com a implantação da TV digital no

Brasil e a conseqüente redução do espectro de UHF novamente (canais 52 – 69) (SRIDHARA *et al.*, 2008; THOMPSON *et al.*, 2014).

No leilão de 5G, foram ofertadas bandas em 700MHz, 2.3 GHz, 3.5 GHz e 26 GHz. Quanto maior a frequência, maior a largura de banda disponível, porém menor a cobertura por uma única antena ou célula (TELECO 2, 2022). Assim:

- a) A faixa de 700 MHz foi leiloada em cobertura nacional. A empresa vencedora pode implementar uma rede própria em âmbito nacional ou, ainda, alugar a sua infraestrutura para as demais operadoras oferecerem serviços onde hoje não possuem cobertura.
- b) A faixa de 2.3 GHz foi adquirida pelas operadoras de telefonia celular atuais, além de uma nova empresa, sendo utilizada para ampliar a cobertura 4G e migrar no futuro para 5G.
- c) A faixa de 3.5 GHz foi adquirida pelas operadoras de telefonia celular atuais, sendo a grande faixa de 5G a ser implementada nas principais cidades e centros urbanos do Brasil. Com o uso desta faixa para o 5G, o serviço de TV por satélite da banda C (parabólicas de 1,5 a 3,0 m de diâmetro) foi afetado, tendo que ser desligado.
- d) A faixa de 26 GHz, apesar de maior largura de banda e menor latência, traz a enorme dificuldade de cobertura de serviço, principalmente móvel, além do compromisso de levar internet de qualidade a todas as escolas de educação básica. Por essas razões, ela gerou pouca atração no leilão. Esta faixa provavelmente será mais utilizada pelas empresas vencedoras do leilão em ofertar redes 5G empresariais pontuais, para indústrias, mineração, logística e agronegócio, por exemplo.

UM POUCO DE TECNOLOGIA

Esta seção apresenta aspectos tecnológicos do 5G são abordados.

1. Tipos de Aparelhos

Para utilizar o 5G de comunicação móvel, o usuário precisa ter um aparelho celular ou *tablet* compatível com a nova tecnologia. As operadoras estão implantando o novo sistema, dentro de um calendário previsto no leilão e de sua estratégia comercial. Passos intermediários na implantação da tecnologia também são

possíveis, o que faz com que surjam aparelhos diferentes para cada situação. Assim o usuário deve ficar atento à descrição do aparelho (MOREIRA, 2022):

- a) 5G não autônomo (*non-standalone* - NSA): a operadora disponibiliza o 5G de forma mais rápida. Em uma rede 5G não-standalone, ocorre a reutilização do núcleo (*core*) da rede 4G. É o núcleo que concentra a capacidade computacional e de gerenciamento das redes e serviços de telecomunicações, em oposição aos elementos de acesso de rádio (*radio access network* - RAN), que distribuem o sinal para o consumidor final através das estações rádio base (ERB). O 5G NSA permite o aumento de velocidade de transmissão de dados, mas, por utilizar o núcleo 4G, não permite o aumento no número de dispositivos ou redução da latência (atraso) na transmissão de dados, aspectos que são importantes para novas aplicações, como comunicação por vídeo em tempo real e IoT. A Anatel já homologou dezenas de aparelhos nesta tecnologia. A vantagem mais relevante do 5G NSA é o fato de os usuários não precisarem mudar de chip para usufruir da nova tecnologia.
- b) 5G de compartilhamento dinâmico de espectro (*dynamic spectrum sharing* – DSS): também conhecido como 5Gzinho, é um modelo de arquitetura que usa toda a infraestrutura de rede do padrão de internet móvel do 4G. Os clientes 5G DSS vão se conectar à mesma rede que atualmente também atende o 4G. As antenas compatíveis vão liberar velocidade maior quando detectarem aparelhos com a disponibilidade de conexão para o 5G DSS. Esta alternativa pode ser considerada como um "meio-termo" entre o 5G de verdade e o 4G, permitindo velocidades de 2-3 vezes maior que o 4G atual. Apesar disso, o sistema traz a garantia de uma experiência melhor para quem possui um celular compatível com a nova geração da tecnologia.
- c) 5G autônomo (*standalone* - SA): também conhecido como 5G "puro". Nesse caso a operadora disponibiliza o 5G com as faixas de frequências adquiridas no respectivo leilão e permite o usuário utilizar a tecnologia em toda a sua plenitude. Isso porque o núcleo 5G permitirá a redução de latência, beneficiando novas aplicações de jogos e vídeo, por exemplo. Além disso, a quantidade de dispositivos conectados será muito maior do que a

capacidade das redes 4G existentes, o que favorecerá aplicações IoT. Como o 5G “puro” utiliza novas faixas de frequências, a troca de aparelho é necessária. Provavelmente, a depender da operadora, o usuário pode necessitar também trocar de *chip* para garantir a utilização do sinal em altíssimas velocidades de conexão.

2. Tipos de Redes 5G

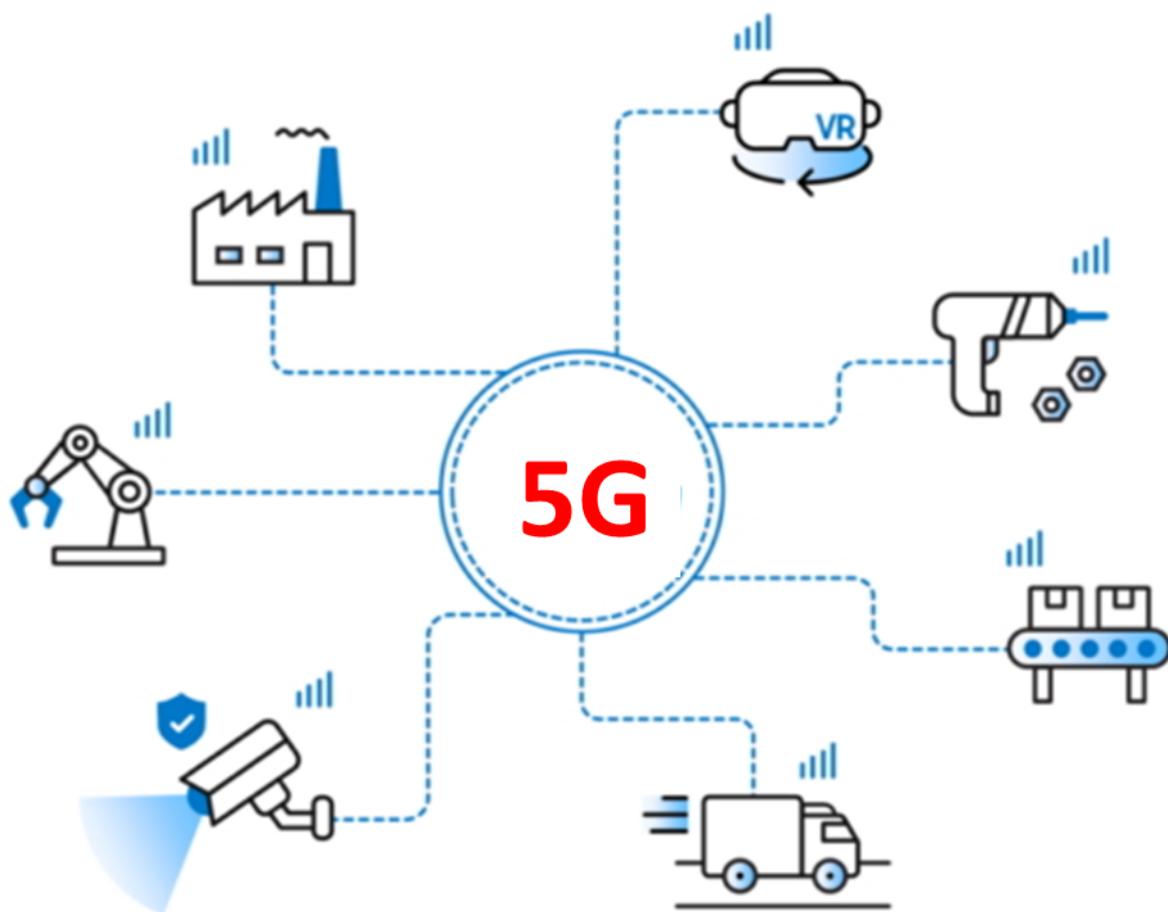
Além das diferenças citadas no item anterior, o 5G apresenta diferenças em relação às anteriores que podem impactar decisões estratégicas de negócio. Isso porque as redes 5G podem ser classificadas em “massiva” ou “privada” (LOCATO, 2022).

- a) 5G Massiva: é o serviço oferecido pelas operadoras de telecomunicações para toda a população. É nesta rede que o aparelho celular do usuário convencional se conectará e será possível uma melhor experiência em plataformas de vídeo ou jogos, em alta definição, com quase nenhuma latência.
- b) 5G Privado: termo usado para descrever um sistema celular 5G construído e operado exclusivamente para o uso privado de uma empresa, indivíduo ou entidade governamental, sendo definida pelo órgão internacional de padronização das redes celulares, 3GPP, como uma rede não pública. A rede 5G privada apresenta uma menor infraestrutura, com foro principal no atendimento das necessidades específicas de confiabilidade, disponibilidade e serviço da empresa.

O 5G Privado será responsável por uma revolução nos meios de produção atualmente conhecidos. Desejado há muito tempo, por vários agentes nas gerações anteriores de comunicação móvel, mas apenas autorizado agora pela Anatel. Será pelo 5G privado que a IoT ganhará corpo, já que permitirá que milhares de dispositivos dentro de uma indústria, por exemplo, irão se conectar e se comunicar. Isso possibilitará que as empresas aumentem a sua eficiência, produtividade e sustentabilidade. Um dos entraves das tecnologias anteriores que permitiam troca de dados entre dispositivos, como o 2G ao 4G, era a dificuldade entre as operadoras convencionais e as indústrias de lidar com este tipo de perfil de tráfego. Para a operadora. Agora, empresas podem montar a sua própria rede privada de telefonia

celular, para atender ao seu negócio, como demonstra a Fig. 2. Isso ampliará aplicações na área portuária, aeroportos, grandes conglomerados industriais e até mesmo na segurança pública, já que a Polícia Militar poderá ter uma rede privada móvel de internet rápida em todas as viaturas. Do ponto de vista tecnológico, o 5G privado é muito mais simples de se configurar, operar e gerenciar, já que aspectos como interoperabilidade com redes legadas (2G a 4G), controle de pagamento (*billing*) e trânsito entre operadoras (*roaming*) não são tratados por esta tecnologia.

Figura 2 – Aplicações do 5G Privado



Fonte: Adaptado de Samsung (2021).

3. Aspectos Técnicos da Evolução da Comunicação Móvel

Como já foi abordado na introdução, a cada geração tecnológica, maior velocidade de dados é disponibilizada para o usuário. Isso só é possível com maior largura de banda, maior eficiência espectral e evolução tecnológica. A tecnologia AMPS, de primeira geração, utilizava canais de 30 kHz de largura. Já o GSM, de

segunda geração, utilizava canais de 200 kHz. A terceira geração utiliza canais de 5 MHz, enquanto a 4G utiliza até 20 MHz de largura de faixa para cada canal. Da mesma forma, outros aspectos tecnológicos são necessários para garantir o aumento de velocidade de dados a cada nova geração. Além disso, aspectos como consumo de energia (duração da bateria) e qualidade da tela (*display*) oferecem restrições ao tamanho do dispositivo móvel. Os Quadros 1 e 2 apresentam as principais características da evolução tecnológica da comunicação móvel (SHARMA, 2013; THOMPSON *et al.*, 2014).

Observa-se, pelos Quadros 1 e 2, uma série de siglas e especificações técnicas, que não são objetivo deste relato aprofundar tecnicamente, mas que são brevemente descritas a seguir:

- a) 1G (AMPS): A tecnologia transmitia a voz na forma analógica, utilizando a modulação em frequência, a mesma das rádios FM. Os dígitos discados eram transmitidos em modulação por deslocamento em frequência (*frequency shift keying* – FSK), uma variação de FM (SHARMA, 2013; THOMPSON *et al.*, 2014).
- b) 2G (GSM – GPRS – EDGE): A tecnologia de sistema global para tecnologia móvel (*global system for mobile communication* – GSM) trouxe como principal inovação, a possibilidade de mobilidade por diferentes operadoras e países (*roaming*). Utilizava modulação por deslocamento gaussiano mínimo (Gaussian Minimum Shift Keying – GSK) e permitia transmissão de serviços como o *Fac-simile* (FAX). A eficiência espectral era de 1 bit por Hz e o canal era compartilhado em oito divisões de tempo (*time-slots*). O serviço de pacotes geral via rádio (General Packet Radio Service – GPRS) ampliou a capacidade de transmissão de dados 2G, ao alocar mais de um *time-slot* por usuário. A capacidade foi ampliada uma vez mais com a tecnologia de taxa de dados melhorada para a evolução do GSM (*enhanced data rates for GSM Evolution* - EDGE), ao substituir a modulação por 8PSK, que permitia transmitir 3 bits/Hz. O GPRS e EDGE ficaram conhecidos como 2,5G (SHARMA, 2013; THOMPSON *et al.*, 2014).
- c) 3G (UMTS): O sistema de comunicação móvel universal (*universal mobile telecommunication system* – UMTS) utilizou tecnologia de origem militar

chamada acesso múltiplo por divisão de código de banda larga (*wideband code division multiple access* - WCDMA). Esta tecnologia permitiu que vários usuários utilizassem a mesma faixa de frequências, ao mesmo tempo, com códigos pseudoaleatórios e espalhamento espectral, sem que um interferisse no outro. A modulação por deslocamento de fase em quadratura (*quadrature phase shift keying* – QPSK) de quatro símbolos, ou 2 bits / Hz foi utilizada. Evoluções do 3G, com o acesso de pacotes em alta velocidade (*high speed packet access* - HPSA), trouxe novos avanços tecnológicos ao 3G e introduziu novas modulações em quadratura, combinando amplitude e fase (*quadrature amplitude modulation* – QAM), com até 5 bits/Hz de eficiência espectral. Essas tecnologias são conhecidas como 3,5G (CARVALHO JUNIOR, 2011).

Quadro 1 - Evolução da Comunicação Móvel do 1G ao 3G

Tecnologia	1G	2G			3G		
	AMPS	GSM	GPRS	EDGE	UMTS	HSPA	HSPA+
Largura de Banda	30 kHz	200 kHz	200 kHz	200 kHz	5 MHz	5 MHz	5 MHz
Bandas (MHz)	800 MHz	800 / 900 / 1800 / 1900	800 / 900 / 1800 / 1900	802 / 900 / 1800 / 1900	1900-2100 e anteriores	1900-2100 e anteriores	1900-2100 e anteriores
Modulação	FM / FSK	GMSK	GMSK	8PSK	QPSK	até QAM16	até QAM32
Tecnologia	FDMA	TDMA 1 time-slot	TDMA 8 time-slots	TDMA 8 time-slots	W-CDMA	W-CDMA	W-CDMA
	SISO	SISO	SISO	SISO	SISO	SISO	SISO
Maximo DL	2.4 kbps	9.6 kbps	171.2 kbps	473.6 kbps	2 Mbps	14.4 Mbps	28.8 Mbps
Máximo UL	2.4 kbps	9.6 kbps	171.2 kbps	473.6 kbps	384 kbps	5.76 Mbps	11,52 Mbps
Taxa do Usuário	---	9.6 kbps	28 kbps	128 kbps	384 kbps	1 Mbps	2 Mbps

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Sharma (2013) e Thompson *et al.* (2014).

Quadro 2 - Evolução da Comunicação Móvel do 4G ao 5G

Tecnologia	4G	5G
	LTE	LTE-A Pro
Largura de Banda	< 20 MHz	< 100 MHz
Bandas (MHz)	700 / 2500 e anteriores	2.3 GHz, 3.5 GHz, 26 GHz e anteriores
Modulação	até QAM256	até QAM1024
Tecnologia	OFDM	OFDMA
	MIMO 4x4	MIMO 8x8
Maximo DL	1 Gbps	< 20 Gbps
Máximo UL	500 Mbps	< 10 Gbps
Taxa do Usuário	10 Mbps	100 Mbps

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Sharma (2013) e Thompson *et al.* (2014).

- d) 4G evolução de termo longo (*long term evolution* – LTE): além da maior largura de banda, outras faixas de frequências e modulações com maior número de símbolos (256) e 8 bits/Hz, o 4G introduziu novas tecnologias, como a multiplexação por divisão de frequência ortogonal (*orthogonal frequency division multiplex* -OFDM), múltiplos transmissores e múltiplos receptores (*mutiple-input multiple-output* – MIMO) e antena inteligente. Tecnologias essas já utilizadas em redes sem fio IEEE 802.11 (CARVALHO JUNIOR 2012; CARVALHO JUNIOR, 2013).
- e) 5G: segue a mesma estratégia do 4G, com maior largura de banda, novas faixas de frequências e modulações com maior número de símbolos (1024) e 10 bits/Hz. O 5G introduziu novas tecnologias, como o múltiplo acesso por divisão de frequência ortogonal (*orthogonal frequency division multiple access* - OFDMA) e núcleo de rede simplificado, para menor latência e quantidade muito maior de dispositivos na rede (TELECO, 2022), além obviamente das melhorias de rádio já utilizadas no 4G.

PERSPECTIVAS DO 5G

A seguir, são apresentados alguns pontos levantados e perspectivas para o 5G.

1. Além da velocidade, o que o 5G oferece?

Diferentemente das mudanças nas gerações passadas, não se trata somente de maior velocidade de dados, mas também da especificação de serviços que permitam o atendimento a diferentes aplicações, principalmente relacionadas à internet das coisas (IoT) e a comunicação máquina a máquina (*machine-to-machine - M2M*). Isso significa o uso coordenado e inteligente de aparelhos para realizar as mais diversas atividades, sejam em cidades inteligentes, veículos autônomos, edifícios inteligentes, indústria 4.0, redes inteligentes de serviços (*smart grid*), logística 4.0, saúde remota, realidade aumentada, entre outras aplicações.

2. O leilão do 5G aconteceu. O que esperar agora?

O leilão implicou compromissos para os ganhadores de cada faixa, com prazos a serem cumpridos. Alguns dos compromissos são a construção de uma rede privativa de comunicação para o governo; instalação de rede de fibra óptica na região amazônica e interior do país; migração do sinal da TV parabólica banda C para o 5G em 3.5 GHz; disponibilizar a rede 5G nas capitais até julho de 2022, entre outros. Entretanto, as empresas podem antecipar os compromissos, de acordo com a sua estratégia e avaliação do mercado.

3. O Brasil pesquisa o 5G?

Sim. Inclusive, o *Campus* Cubatão teve uma demonstração de 5G ainda em 2019, durante a realização do 6.º workshop de micro-ondas (WMO), promovido pelo grupo de pesquisas Laboratório Maxwell de Micro-ondas e Eletromagnetismo Aplicado (Labmax), como parte da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, três anos antes de o Brasil ter a oferta do serviço disponível, conforme Fig. 3 (VI WMO, 2019). Além disso, os professores e alunos do IFSP pesquisam as tecnologias associadas ao 5G, principalmente voltadas para a IoT, Indústria e logística 4.0, realidade aumentada, Inteligência Artificial etc.

Figura 3 – Apresentação da empresa Rohde & Schwarz no VI WMO durante a SNCT de 2019
(a) e Equipamento de Teste de Redes 5G do fabricante (b)



(a)



(b)

Fonte: Adaptado de LABMAX (2019).

4. O 5G pode afetar o Mercado de Trabalho?

Sim. Profissões ligadas a tecnologia da informação (TI) e engenharia, principalmente voltada para automação industrial, podem se beneficiar da tecnologia. Nesse ponto, o IFSP está bem-posicionado para atender o arranjo produtivo local. Além da oferta de mão de obra qualificada de técnicos, tecnólogos e engenheiros, o IFSP pode contribuir para o desenvolvimento de novas aplicações e soluções inovadoras em parceria com o arranjo produtivo local. Além da óbvia demanda por profissionais capacitados pelas operadoras e empresas fornecedoras de tecnologia, o 5G Privado abre uma nova oportunidade de mercado de trabalho, já que a quantidade de empresas instalando redes 5G deste tipo são virtualmente ilimitadas. Empresas de logística, transportes, parques industriais, segurança pública, governos locais, entre outros poderão instalar as suas próprias redes 5G e, para isso, demandarão profissionais capacitados de engenharia e tecnologia da informação tanto em nível de sistemas de rádio quanto de núcleo de redes de dados e desenvolvimento de aplicações específicas, podendo, ainda, ocorrer o surgimento de novas empresas do tipo *start-ups*.

5. E o Futuro?

A demanda por maior capacidade de transmissão de dados, a taxas cada vez maiores, segue. Já há pesquisas em andamento no mundo para a sexta geração de tecnologia móvel, que poderá entrar comercialmente nos próximos cinco ou dez anos (JIANG, 2021). Pode-se esperar uma maior demanda por espectro, maior número de antenas e novas soluções tecnológicas que permitam uma maior eficiência espectral.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relato procurou apresentar, de uma forma simples, os principais aspectos relacionados à tecnologia 5G, tanto no contexto histórico e de evolução tecnológica quanto de oportunidades de trabalho. A maior taxa de transmissão de dados, o maior número de dispositivos conectados e a menor latência permitem uma ampla gama de aplicações novas com o 5G. A possibilidade de redes 5G privadas permitirá que empresas hoje relutantes em implementar soluções IoT possam fazer, sendo “donas” de suas próprias infraestruturas. O 5G, assim, permitirá a implantação massiva de soluções IoT, com confiabilidade, segurança e baixo custo, comparado a outras opções tecnológicas.

REFERÊNCIAS

CARVALHO JUNIOR, A. WLAN: IEEE 802.11ac – A Gigabit Wireless LAN). *In: TELECO*. 26 ago. 2013. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorial802-11ac/default.asp>. Acesso em: 10 out. 2022.

CARVALHO JUNIOR, A. Redes 3G: Redução do Tráfego de Dados (3G Offload). *In: TELECO*. 24 out. 2011. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorial3goffload/default.asp>. Acesso em: 10 out. 2022.

CARVALHO JUNIOR, A. Redes WLAN de Alta Densidade. *In: TELECO*. 12 nov. 2012. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredeswlanad/default.asp>. Acesso em: 10 out. 2022.

DRULLIS, G. Quando foi implantada a primeira antena de telefonia móvel no Brasil? *In: Mobile Time*. 21 out. 2022. Disponível em: <https://www.mobiletime.com.br/museu->

movel/21/10/2022/quando-foi-implantada-a-primeira-antena-de-telefonia-movel-no-brasil/. Acesso em: 10 out. 2022.

JIANG, W.; HAN, B.; HABIBI, M. A.; SCHOTTEN, H. D. *IEEE Open Journal of the Communications Society*, v. 2, p. 334-366, 2021.

LABMAX. SBMO / WMO'19 – 6º WORKSHOP DE MICRO-ONDAS. *In: Laboratório Maxwell de Micro-ondas e Eletromagnetismo Aplicado*. 23 out. 2019. Disponível em: <https://labmax.org/index.php/wmo/viwmw/>. Acesso em: 10 out. 2022.

LOCATO, F. Rede 5G privada ou massiva: como escolher para o seu negócio. *In: Dinheiro em Dia, Terra*. 29 set. 2022. Disponível em: <https://www.terra.com.br/economia/dinheiro-em-dia/rede-5g-privada-ou-massiva-como-escolher-para-o-seu-negocio,6673aedc7f9449f4e37032f72b079729vui1i458.html>. Acesso em: 10 out. 2022.

MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES. 5G: Brasília é a primeira capital do país a oferecer a nova tecnologia. *In: Gov.br*. 06 jul. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mcom/pt-br/noticias/2022/julho/5g-brasilia-e-a-primeira-capital-do-pais-a-oferecer-a-nova-tecnologia-1>. Acesso em: 10 out. 2022.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Maior leilão da história das telecomunicações do Brasil, 5G garante R\$ 47,2 bilhões em investimentos. *In: Gov.br*. 06 nov. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/orgaos/seppi/noticias-1/maior-leilao-da-historia-das-telecomunicacoes-do-brasil-5g-garante-r-47-2-bilhoes-em-investimentos>. Acesso em: 10 out. 2022.

MECHAILEH, J. A. Redes Privadas 5G: Casos de Uso para Indústria 4.0. *In: Instituto Eldorado*. 15 jul. 2022. Disponível em: <https://www.eldorado.org.br/blog/redes-privadas-5g-casos-de-uso-para-industria-4-0/>. Acesso em: 10 out. 2022.

MOREIRA, R. M. Entenda a diferença entre 5G SA, 5G NSA e 5G DSS. *In: Tectudo*. 09 ago. 2022. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2022/08/entenda-a-diferenca-entre-5g-sa-5g-nsa-e-5g-dss.ghtml>. Acesso em: 10 out. 2022.

SAMSUNG. Samsung Offers Guide to Help Enterprises Build Private 5G Networks Best Fit for Their Business. *In: Samsung Global Newsroom*. 28 out. 2021. Disponível em: <https://news.samsung.com/global/samsung-offers-guide-to-help-enterprises-build-private-5g-networks-best-fit-for-their-business>. Acesso em: 10 out. 2022.

SHARMA, P. Evolution of mobile wireless communication networks-1G to 5G - and future prospective of next-generation communication networks. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, v. 2, n. 8, p. 47-53, 2013.



SRIDHARA, K.; CHANDRA, A.; TRIPATHI, P. S. M. Spectrum challenges, and solutions by cognitive radio: An overview. **Wireless Personal Communications**, v. 45, n. 3, p. 281-291, 2008.

TELECO. 5G: Tecnologias de Celular. *In*: **TELECO**. 12 jul. 2020. Disponível em: https://www.teleco.com.br/5g_tecnologia.asp. Acesso em: 10 out. 2022.

TELECO. 5G: Frequências e licitações. *In*: **TELECO**. 30 out. 2021. Disponível em: https://www.teleco.com.br/5g_licitacao.asp. Acesso em: 10 out. 2022.

THOMPSON, John *et al.* 5G wireless communication systems: Prospects and challenges [Guest Editorial]. **IEEE Communications Magazine**, v. 52, n. 2, p. 62-64, 2014.