



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU**



VINICIUS NOGUEIRA LIMA

**A TECNOLOGIA 5G E A INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL - OS
DESAFIOS DA INDÚSTRIA NACIONAL**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO**

Ouro Preto, 2022

VINICIUS NOGUEIRA LIMA

**A TECNOLOGIA 5G E A INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL - OS
DESAFIOS DA INDÚSTRIA NACIONAL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Karla Boaventura Pimenta Palmieri, Dr

Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
Abril/2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

L732t Lima, Vinícius Nogueira.
A tecnologia 5G e a Indústria 4.0 no Brasil - os desafios da Indústria Nacional. [manuscrito] / Vinícius Nogueira Lima. Vinícius Nogueira Lima. - 2022.
44 f.: il.: color., tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri.
Coorientadores: Prof. Me. Arthur Caio Vargas Pinto, Me. Fernando dos Santos Alves Fernandes.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Controle e Automação .

1. Tecnologia 5G. 2. Indústria 4.0. 3. Mercado brasileiro. 4. Inovações tecnológicas. I. Lima, Vinícius Nogueira. II. Fernandes, Fernando dos Santos Alves. III. Palmieri, Karla Boaventura Pimenta. IV. Pinto, Arthur Caio Vargas. V. Universidade Federal de Ouro Preto. VI. Título.

CDU 681.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CONTROLE E
AUTOMACAO



FOLHA DE APROVAÇÃO

Vinicius Nogueira Lima

A tecnologia 5G e a Indústria 4.0 no Brasil - os desafios da Indústria Nacional

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro

Aprovada em 25 de maio de 2022

Membros da banca

Dra - Karla Boaventura Pimenta Palmieri - Orientador(a) - Universidade Federal de Ouro Preto
M.Sc - Arthur Caio Vargas e Pinto - Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Itabirito
M.Sc - Fernando dos Santos Alves Fernandes - Universidade Federal de Ouro Preto

Karla Boaventura Pimenta Palmieri, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 06/06/2022



Documento assinado eletronicamente por **Karla Boaventura Pimenta Palmieri, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/06/2022, às 15:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0339142** e o código CRC **A2736E19**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus que me manteve forte diante das dificuldades e dos momentos difíceis, me mostrando sempre o caminho certo.

Aos meus pais Nilton e Maria Aparecida, pelo exemplo de honestidade e de vida, pelo apoio que nunca me faltaram, acreditando sempre em mim e nos meus sonhos.

Ao meu irmão Flávio pela amizade que sempre me proporcionou. À toda minha família, em especial meus avós José Nogueira, Geraldo e sobretudo tio José Humberto que nos resguarda do céu.

Às minhas avós Irony, Dagmar e tia Verônica pelo apoio que sempre me deram. Aos meus primos Marcela, José Neto e Hugo pela ajuda e companheirismo.

À minha orientadora, Dra. Karla Palmieri, pela contribuição no presente trabalho de conclusão de curso, com sua orientação e ajuda durante toda a graduação.

Aos amigos da República Vaticano - lugar ímpar e de suma importância para mim - onde ganhei uma nova família. E a Escola de Minas/UFOP, pela ajuda, colaboração e pela grande experiência de vida proporcionada. Agradeço ainda à todos os amigos e colegas que me ajudaram de alguma forma durante essa caminhada.

RESUMO

A Tecnologia 5G é uma tecnologia pioneira, na qual se integra a quinta geração de redes móveis e redes de banda larga. Para a Indústria 4.0, a Tecnologia 5G irá trazer uma alavancagem, com a disponibilidade de uma poderosa conexão, em que todos os componentes em produção poderão responder às mudanças em tempo real. Esse trabalho teve como objetivo apresentar a tecnologia 5G com suas aplicabilidade e conceitos, e como ela poderia impactar diretamente a Indústria 4.0 no Brasil. O estudo justificou-se pela importância do tema: a utilização da tecnologia de Internet móvel de quinta geração (5G) na indústria nacional e seu impacto na aceleração do processo de modernização e inserção na Indústria 4.0. A metodologia usada para produção do trabalho foi a pesquisa e revisão bibliográfica de literatura de artigos e estudos, a fim de contemplar uma investigação sobre os desafios da indústria nacional frente à tecnologia 5G. Como conclusão, observou-se as inúmeras vantagens e oportunidades que o 5G trará para o segmento industrial no Brasil, e conseqüentemente, novos desafios, tanto para empresas, quanto para a sociedade.

Palavras-chaves: Tecnologia 5G. Indústria 4.0. Mercado brasileiro. Inovações tecnológicas.

ABSTRACT

5G Technology is a pioneering technology, which integrates the fifth generation of mobile networks and broadband networks. For Industry 4.0, 5G Technology will bring leverage, with the availability of a powerful connection, where all components in production will be able to respond to changes in real time. This work aimed to present 5G technology with its applicability and concepts, and how it could directly impact Industry 4.0 in Brazil. The study was justified by the importance of the topic: the use of fifth generation (5G) mobile Internet technology in the national industry and its impact on accelerating the process of modernization and insertion in Industry 4.0. The methodology used for the production of the work was the research and literature review of articles and studies, in order to contemplate an investigation on the challenges of the national industry in the face of 5G technology. In conclusion, it was observed the numerous advantages and opportunities that 5G will bring to the industrial segment in Brazil, and consequently, new challenges, both for companies and for society.

Key-words: 5G technology. Industry 4.0. Brazilian market. Technological innovations.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Ancoats (Distrito Industrial de Manchester, conhecido por ser um “berço” da Revolução Industrial).....	13
Figura 2 - Representação da ARPANET.	18
Figura 3- Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), ponto de partida da internet no Brasil.	19
Figura 4- DynaTAC 8000x da Motorola no ano de 1983.....	20
Figura 5- Diferenças entre TDMA e CDMA.	22
Figura 6- Evolução da internet móvel (linha do tempo).....	26
Figura 7- Conectividade instantânea através do 5G.	29
Figura 8- Disponibilidade da computação em nuvem.	32
Figura 9- Os 5V’s do Big Data.	35

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativos entre 3G, 4G e 5G.....	27
Tabela 2 - Novas profissões de acordo com o estudo realizado pelo SENAI em função da Indústria 4.0.	30
Tabela 3 - Pontos e oportunidades no espectro do Brasil para alocação.	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1G – Primeira Geração
2G - Segunda Geração
3G – Terceira Geração
3GPP - 3rd Generation Partnership Project
4G - Quarta Geração
5G - Quinta Geração
AMPS - Advanced Mobile Phone System
ARPA - Advanced Research Projects Agency
ARPANET - Advanced Research Projects Agency Network
BITNET - Because It's There NETwork
BNDS - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CDMA - Code Division Multiple Access
CDMA20001X - 1x Radio Transmission Technology
CNI - Confederação Nacional da Indústria
CPS - Cyber Physical System
EDGE - Enhanced Data Rates for GSM Evolution
eMBB - enhanced mobile broadband
EUA - Estados Unidos da América
FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FDD - Frequency Division Duplex
FDMA - Frequency Division Multiple Access
FERMILAB - Fermi National Accelerator Laboratory
FM - Frequency Modulation
GPRS - General Packet Radio Services
GSM - Groupe Special Mobile
HSPA - High Speed Packet Access
HTML - hyper text markup language
HTTP – hyper text transfer protocol
IA – Inteligência Artificial
IEDI – Instituto de Estudos para Desenvolvimento Industrial
IHS - Information Handling Services
IoT – Internet of Things

IP - Internet Protocol
LNCC - Laboratório Nacional de Computação Científica
LTE - Long Term Evolution
MHz - Megahertz
MILNET - Military Network
MIMO - Multiple Input Multiple Output
mMTC - Machine type communications
NCP - Network Control Protocol
NIST - National Institute of Standards and Technology
OFDMA - Orthogonal Frequency Division Multiple Access
SIM Card - Subscriber Identity Module
SMS - Short Message Service
SNDMSG - send message
TACS - Travel Agency Commission Settlement
TCP/IP - Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TDD - Time Division Duplex
TDMA - Time Division Multiple Access
TI - Tecnologia da Informação
TIA - Telecommunications Industry Association
UMTS - Universal Mobile Telecommunications Service
URLLC - ultra-reliable low-latency
WCDMA - Wideband Code Division Multiple Access
WiFi - Wireless Fidelity
WiMAX - Worldwide Interoperability for Microwave Access
WWW - world wide web

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Considerações iniciais	12
1.2	Justificativa do Trabalho	14
2	DESENVOLVIMENTO	15
2.1	Metodologia	15
2.2	Objetivos	15
2.2.1	Objetivo geral	15
2.2.2	Objetivos específicos	15
2.3	Estrutura do Trabalho	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	Breve histórico sobre a internet no mundo e no Brasil	17
3.2	Primeira Geração - Tecnologia 1G	19
3.3	Segunda Geração - Tecnologia 2G	21
3.3.1	Sistema Time Division Multiple Access (TDMA)	21
3.3.2	Sistema Code Division Multiple Access (CDMA)	21
3.4	Geração 2,5G	22
3.5	Terceira Geração - Tecnologia 3G	23
3.5.1	O Universal Mobile Telecommunications Service (UMTS)	23
3.5.2	O Wideband Code Division Multiple Accesses (WCDMA)	24
3.6	Geração 3,5 e Geração 3,75	24
3.7	Quarta Geração - Tecnologia 4G	24
3.7.1	Long Term Evolution (LTE)	24
4	QUINTA GERAÇÃO - 5G	26
4.1	Características do 5G	27
4.2	Aplicações do 5G	28
5	INDÚSTRIA 4.0	30
5.1	Principais tecnologias da Indústria 4.0	31
5.1.1	Computação em Nuvem (<i>Cloud Computing</i>)	31
5.2	Internet das Coisas (IoT)	33
5.3	Sistemas Ciberfísicos – CPS	34
5.4	Big Data	34
6	DISCUSSÕES	36
6.1	Desafios da Indústria Nacional	36
7	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Grandes transformações no mundo aconteceram com a Revolução Industrial. Uma delas deu-se no processo produtivo. E para que seja possível compreender as mudanças ocorridas nesse processo, baseado, por muitos anos, num único tipo de trabalho, é preciso visualizar todo o processo (CONCEIÇÃO, 2012).

Antes da Primeira Revolução Industrial (1770), via-se apenas um tipo de produção, a manufaturada. A produção era dividida entre máquinas e pessoas através do trabalho manual. A população, em sua grande maioria, residia nos campos, sem grandes meios de comunicação, apenas através de cartas (BOTELHO, 2021).

Ainda, segundo Botelho (2021), esse tipo de fabricação de produtos se perpetuou durante muitos anos, fazendo com que a estabilidade social e o meio produtivo permanecessem estáticos, sem qualquer evolução. Com a chegada da Primeira Revolução Industrial, vários processos foram criados, gerando uma dinâmica diferente entre as relações sociais, criando assim as sociedades industriais.

Nesse sentido, os métodos de evolução de manufatura e modernização começaram a crescer, e trouxeram para o mercado novas técnicas e meios de mecanização da indústria (CARDOSO, 2016).

Podem-se citar, como exemplos de cidades que se transformaram a partir da modernização da indústria, as cidades de Paris e Lyon, na França, Liverpool e Manchester, na Inglaterra. Ainda na Inglaterra, Ancoats (Figura 1) é famosa por ser considerada o berço da Primeira Revolução Industrial.



Figura 1 - Ancoats (Distrito Industrial de Manchester, conhecido por ser um “berço” da Revolução Industrial).

Fonte: Wikipédia (2022).

Com a chegada da Segunda Revolução Industrial (1850), vários setores foram impulsionados, como a economia, a cultura, o meio político e vários meios de comunicação, acarretando uma aceleração nos processos industriais e nos níveis de produção, quanto a quantidade e eficiência, demandando a necessidade de equipamentos melhores. Com isso, foi possível caracterizar o avanço tecnológico e sua influência para o progresso e o meio industrial, criando assim, o ponto de partida para mais uma evolução (CONCEIÇÃO, 2012).

Anos depois, em 1913, surgiram modelos de produção como o fordismo e o taylorismo, gerando progresso e uma ciência como produção, ou seja, um trajeto para a Terceira Revolução Industrial, onde o trabalho máquina substitui o trabalho humano (SINGER, 2004).

O marco da Terceira Revolução Industrial (1950), foi a fusão entre diversos os avanços tecnológicos (eletrônica, microeletrônica e informática) e sua inserção nos meios de produção. Tal qual a criação de padrões de comunicação como o 1G que envia informação na forma de ondas contínuas (BOTELHO, 2021).

Com a instalação de sistemas operacionais nos aparelhos celulares, um novo termo surge para definir esse momento, “Era dos Smartphone”. Em termos do que se conhece em internet móvel, na década de 90, surgem o 2G e 3G, baseados nas novas tecnologias da época: TDMA, GSM, CDMA, UMTS e CDMA. Com o surgimento da Quarta Geração ou 4G (2010), não houve grandes evoluções, ocorrendo apenas uma melhoria do 3G, adicionando alguns serviços. Contudo, já se fala no surgimento da Quinta Geração, o 5G, um grande salto evolutivo em relação ao 4G, baseada em altas velocidades para comportar o volume crescente de informações

trocadas diariamente pelos bilhões de dispositivos móveis em todo o mundo (CONCEIÇÃO, 2012).

Dentro desse contexto, observa-se um avanço de automação e tecnologia no setor industrial. O uso do 5G para a indústria visa melhorar, significativamente, a versatilidade, flexibilidade, eficiência e usabilidade das futuras fábricas inteligentes. Com isso a Indústria 4.0 integrará tecnologias 5G, oferecendo integração contínua em toda cadeia de valor e em todas as camadas de automação (CARDOSO, 2016).

A expressão Indústria 4.0 foi ouvida pela primeira vez em Hanover, na Alemanha e foi utilizada para explicar a aplicação de novas tecnologias, automação de tarefas e dados de informação. Com isso, conceitos de tecnologia surgiram como: Internet das Coisas (Iot), Computação em Nuvem, *Machine Learning*, Inteligência Artificial (IA), com a finalidade de trazer ao setor industrial, com a utilização do 5G, maior processamento e eficiência (CONCEIÇÃO, 2012).

Segundo Cardoso (2016), considera-se que o avanço da indústria esteja correlacionado com os avanços científicos, aos meios de comunicação, tecnologia, desenvolvimento e trabalho.

Através deste estudo será apresentada a tecnologia 5G e as gerações que a sucederam, bem como seu impacto na eficiência da automação de processos do setor industrial. O trabalho também buscou fazer um paralelo entre a implantação da tecnologia do 5G e o desenvolvimento da indústria nacional, demonstrando seus benefícios, suas limitações e suas características técnicas, além de demonstrar os ganhos e avanços para o desenvolvimento industrial e tecnológico nacional.

1.2 Justificava do Trabalho

A tecnologia 5G chega ao Brasil com o propósito de transformar as formas de interação e conectividade nas operações em todos os setores da economia. Com um grande alcance, volume e rapidez na transmissão de dados, a quinta geração permite a entrega de um número maior de funcionalidades e serviços com maior agilidade e, conseqüentemente, capacidade de promover maior produtividade na indústria nacional (CARDOSO, 2016).

Esta pesquisa justifica-se pela importância do tema: a utilização da tecnologia de Internet móvel de quinta geração (5G) na indústria nacional e seu impacto na aceleração do processo de modernização e inserção na Indústria 4.0.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O presente trabalho é fundamentado em uma pesquisa e revisão bibliográfica da literatura de artigos e estudos, a fim de contemplar uma investigação sobre o assunto. relativo aos desafios da indústria nacional frente a tecnologia 5G, no contexto da Indústria 4.0.

Foi implementado, neste estudo, uma varredura sobre os desafios da indústria nacional frente a tecnologia 5G e Indústria 4.0, buscando um estudo crítico sobre essa tecnologia e o que ela apresenta como evolução e sua aplicabilidade, bem como uma dissertação sobre a Indústria 4.0, ambas com a ênfase nos desafios da Indústria nacional. São apresentados um breve histórico da evolução da Internet móvel, do seu surgimento até sua quinta geração, bem como conceitos da Indústria 4.0 e das tecnologias que dão suporte a essa quarta Revolução Industrial.

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo geral

Apresentar a tecnologia 5G com suas aplicabilidades e conceitos, e como ela pode impactar diretamente a Indústria 4.0 no Brasil.

2.2.2 Objetivos específicos

- Identificar as vantagens e oportunidades da tecnologia 5G para o avanço da Indústria 4.0;
- Descrever o impacto que a tecnologia 5G poderá causar na produção e resultados na Indústria 4.0;
- Analisar os possíveis desafios da indústria nacional diante da instalação da nova tecnologia 5G.

2.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho está estruturado na revisão de literatura, iniciando um breve histórico sobre a internet no mundo e no Brasil, apresentando o início dos sistemas de comunicação, bem como todas as gerações de tecnologias de 1G até 5G, período em que foram criadas, as principais

mudanças nessas gerações, suas características, o que marcou cada uma delas e sua importância para o mercado industrial.

Será apresentado também, no presente trabalho, as aplicações do 5G, e como essa nova tecnologia promoverá mudanças nas operações industriais, bem como a Robótica Avançada, geração de informações em tempo real, além do desenvolvimento de projetos, novos produtos e produção.

Na sequência, serão demonstradas as novas tecnologias que serão incorporadas na Indústria 4.0 como o *IoT*, *Cloud Computing*, *Big Data*, Sistemas Ciberfísicos, entre outras.

Por fim, serão discutidos os desafios da indústria nacional, com base em estudos realizados por teóricos renomados, e as possíveis dificuldades que as empresas enfrentarão com a implantação do 5G.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Breve histórico sobre a internet no mundo e no Brasil

O início dos sistemas de comunicação se deu durante a década de 1960 na Guerra Fria, mais precisamente no Departamento de Defesa Norte-Americano, em que o foco era criar um sistema descentralizado de comunicação com o intuito de resistir, caso houvesse um ataque. Com isso, a Advanced Research Projects Agency (ARPA) criou a Advanced Research Projects Agency Network (ARPANET), conhecida como a mãe de todas as redes de computadores (TAKEMOTO, 2017).

No final da década de 60 a ARPANET já estava conectada entre as universidades de Stanford, Los Angeles, Universidade da Califórnia, Santa Barbara e Universidade de Utah. O protocolo utilizado para tal conexão era o Network Control Protocol (NCP) o qual permitia a comunicação entre os computadores. O NCP foi a rede pioneira de troca de pacotes do mundo, evoluindo mais tarde para a Internet. Esse protocolo permitia aos usuários o acesso a dispositivos e computadores remotamente, com transmissão de e-mails e transferência de arquivos (OLIVEIRA, 2011).

Segundo Takemoto (2017), a partir da década de 70 ocorreu um aumento nas conexões usando ARPANET, pois era uma rede de comunicação aberta para os usuários comuns com fins científicos e para a área militar, conhecida como Military Network (MILNET). Esse assunto ocasionou uma grande divisão, tornando o protocolo NCP inviável, o que fez com que Robert Kahn e Vint Cerf criassem, em 1974, o protocolo Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP), protocolo esse responsável pelo recebimento da informação e pelo empacotamento da informação para o formato da rede que depois era enviado para o endereço correspondente.

Entretanto, o TCP/IP também apresentava uma linguagem comum entre as redes criadas na época. Somente em 1976 a ARPANET começou a utilizar o protocolo TCP/IP, atingindo seu primeiro milhão de usuários. Uma curiosidade sobre esse protocolo é que ele foi o primeiro a ser endereçado em domínio público, o que permitiu que qualquer pessoa pudesse utilizá-lo, desenvolvê-lo ou até modificá-lo (HARFORD, 2019).

A Figura 2 representa uma ilustração da ARPANET, a primeira rede de computadores.

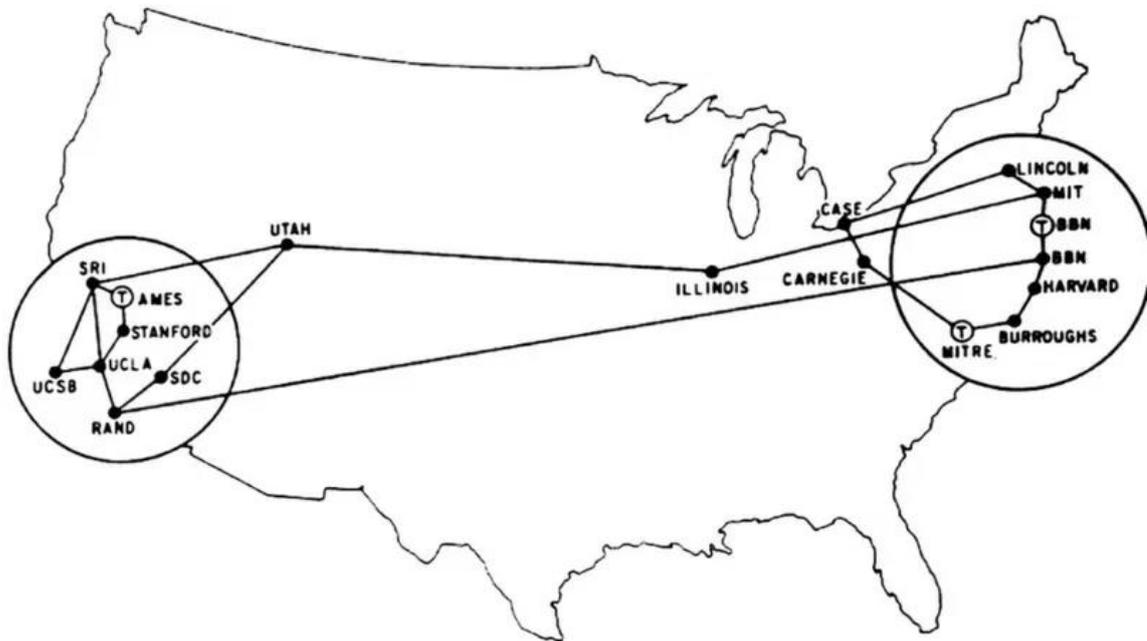


Figura 2 - Representação da ARPANET.

Fonte: Harford (2019).

Em 1971, o americano Ray Tomlinson desenvolveu o protocolo SNDMSG, ou um estreitamento para a locução “send message” ou “enviar mensagem”, o que possibilitou a troca de mensagens no mesmo computador. Com o intuito de enviar mensagens para outros computadores através da ARPANET, foi elaborado o protocolo para transferência de arquivos que denominaram de CYPNET, e foi admitido o @ como remetente e destinatário das mensagens (OLIVEIRA, 2011).

Na década de 1990, o pesquisador Tim Berners Lee, que atuava no Conselho Europeu para a Pesquisa Nuclear em Genebra, desenvolveu o protocolo Hyper Text Transfer Protocol (HTTP) e a linguagem Hyper Text Markup Language ou HTML, o que possibilitou que a internet fosse utilizada em larga escala, navegando de site em site. Também foi possível a criação do World Wide Web (WWW), que permitiu a união entre cientistas do mundo todo (BARROS, 2013).

Segundo Pedrosa e Ferreira (2021), o ponto inicial da internet no Brasil ocorreu no mês de setembro do ano de 1988, quando o Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), localizado no Rio de Janeiro, teve acesso à rede Bitnet, estabelecida junto a Universidade de Maryland nos Estados Unidos. Logo após a Fundação de Amparo à Pesquisa

do Estado de São Paulo (FAPESP), também teve acesso à rede Bitnet, feita por uma ligação ponto a ponto por linha telefônica, desenvolvida com a Fermi National Accelerator Laboratory (FERMILAB), localizada em Chicago nos EUA. Entretanto, para meios sociais a internet no Brasil só começou em 1995, com a Embratel, junto ao Ministério de Telecomunicações e o Ministério da Ciência e Tecnologia.

A Figura 3 apresenta o Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC).



Figura 3- Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), ponto de partida da internet no Brasil.

Fonte: Diário de Petrópolis (2020).

3.2 Primeira Geração - Tecnologia 1G

Durante a década de 40, houve a ideia de se criar um sistema com a função de se tornar a comunicação mais eficiente através de telefones sem fio. Tendo em vista a tecnologia da época, não foi possível a criação desse sistema. Diante disso, somente em 1987 foi possível fazer uma chamada entre telefone móvel e telefone fixo. A figura 4 ilustra o primeiro aparelho que foi comercializado, denominado de DynaTAC 8000x da Motorola, no ano de 1983 (TAKEMOTO, 2017).



Figura 4- DynaTAC 8000x da Motorola no ano de 1983.
Fonte: Techtudo (2014).

O surgimento da primeira geração se deu na década de 80, surgindo no Brasil apenas nos anos 90, trazendo consigo padrões como Advanced Mobile Phone System (AMPS): sistema analógico com o fim de transmissão de voz, sujeito a ruídos e interferências, portanto, de muito baixa qualidade. Em razão dessas condições, a quantidade de usuários era limitada e os terminais apresentavam problemas de estrutura. A falta de segurança e questões econômicas tornaram o padrão inviável (TELECO, 2020).

Conforme afirma Teleco (2020), a primeira geração de internet móvel surgiu com o objetivo de possibilitar, aos usuários, ligações de voz através de um aparelho telefônico sem fio, com a facilidade de fazer chamadas em movimento. No entanto, pelo alto custo e baixa capacidade de tráfego, não houve possibilidade de saber, ao certo, qual a capacidade de crescimento dessa nova tecnologia.

Com a evolução da rede móvel celular, vários padrões foram criados, mas levando em consideração as funções para suas atribuições. Pode-se tirar como exemplo o padrão AMPS ou o TACS entre outros (JORDÃO, 2009).

Cada telefone continha um par de frequências de rádio, sendo uma frequência para enviar e outra para receber as mensagens. Para isso, era utilizado o sistema Advanced Mobile Phone System (AMPS), cujo funcionamento se dava por comutação de circuito – em que as estações de comunicação têm um caminho exclusivo dedicado via tecnologia Frequency Division Multiple Access (FDMA). Essa tecnologia fazia com que obtivesse vários acessos por divisão de frequência e cada canal possuía um par de frequências, com 30 kHz para cada banda, denominadas banda A e banda B (JORDÃO, 2009).

O sistema AMPS foi desenvolvido no laboratório Bells Labs, com sede em Murray Hill nos EUA, mas só foi colocado para operar em 1983 e no Brasil somente em 1991. Tendo em

vista os aparelhos em AMPS foi escolhida a frequência de 800 MHz, mesma frequência para o Brasil e EUA (FONTANA, 2014).

A título de curiosidade, tais canais de modulação FM tinham problemas na área de segurança, porque não continham criptografia, logo eles eram fáceis de serem interceptados, com faixas de transmissão entre 824 e 849 MHz, e os de recepção de 869 a 894 MHz (FONTANA, 2014).

3.3 Segunda Geração - Tecnologia 2G

A Segunda Geração de internet móvel trouxe novas ferramentas. A transmissão, que antes era analógica, virou digital. Essas mudanças melhorou a qualidade das transmissões. Outra característica que o 2G trouxe foi a possibilidade de *designers* mais modernos, como visores com cores, e o peso de seus aparelhos, que ficaram mais leves. Além disso, surgiu o Short Message Service (SMS), serviço baseado na entrega de mensagens, fotos e vídeos (SIQUEIRA, 2010).

No quesito segurança houve uma evolução, pois com o 2G passou-se a utilizar a criptografia digital, e foi criado também o Subscriber Identity Module (SIM Card) que é a autenticação e identificação do usuário (FONTANA, 2014).

O 2G no Brasil teve um marco importante, pois começou a ser implementado com a utilização do Time Division Multiple Access (TDMA), o qual substituiu o Code Division Multiple Access (CDMA) (SIQUEIRA, 2010).

3.3.1 Sistema Time Division Multiple Access (TDMA)

O TDMA foi utilizado com o fim de aumentar a capacidade do sistema, mas não perdendo em compatibilidade que já existia. Tal sistema foi padronizado pela Telecommunications Industry Association (TIA) em IS-136 com faixa de frequência de 800 e 1900 MHz (TUDE, 2004).

As características desse novo sistema foram similares aos do AMPS, sendo a maior delas foi a capacidade de fazer três chamadas ao mesmo tempo dentro de uma faixa de frequência (TUDE, 2004).

3.3.2 Sistema Code Division Multiple Access (CDMA)

O CDMA foi criado em 1993 com a compatibilidade entre os sistemas já existentes, permitindo a expansão de rede e utilizando a tecnologia de espelhamento espectral (*spread spectrum*), que faz com que vários usuários possam utilizar uma mesma banda de frequência. Ocasionalmente, como resultado, o aumento dos sistemas, além de oferecer também a *roaming* e *handover* (SIQUEIRA, 2010).

Esse sistema era capaz de transmitir e receber informações pelo mesmo canal que oferecia um código específico, embora fosse necessário que o usuário conhecesse seu código. Com isso, tanto os telefones quanto os celulares recebiam vários indicativos ao mesmo tempo (TUDE, 2003). A figura 5 representa as diferenças entre TDMA e CDMA.

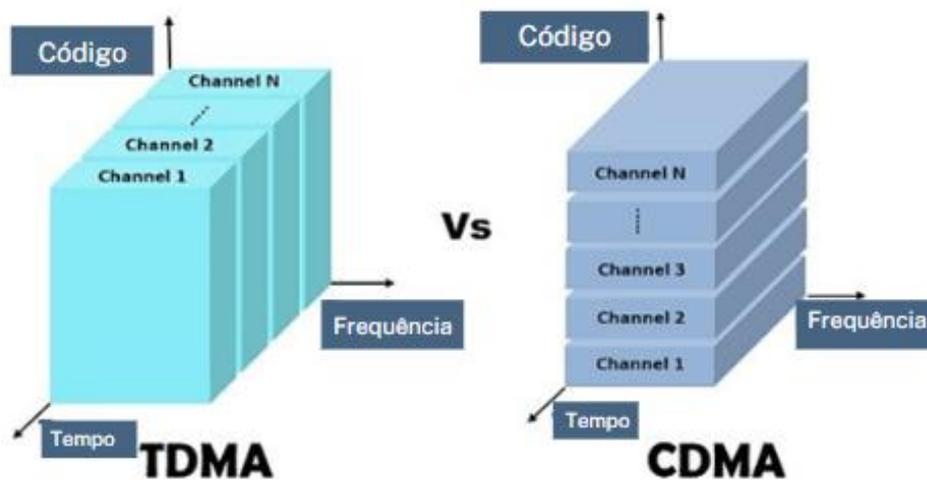


Figura 5- Diferenças entre TDMA e CDMA.

Fonte: TechDifferences (2022).

3.4 Geração 2,5G

A Geração 2,5G é um meio termo entre o 2G e o 3G. A principal mudança nessas gerações foi que a tecnologia se dava agora por meio de pacotes e não mais por comutação de circuitos (TAKEMOTO, 2017).

Essa geração ficou marcada como a da criação do General Packet Radio Services (GPRS) que se baseia no desenvolvimento para o padrão GSM, atendendo os usuários com altas taxas de *bits* por dados, permitindo ainda que o pacote seja enviado somente quando for requisitado. Isso faz com que o assinante só pague pelo pacote que foi requisitado por ele. Dessa forma os usuários pagam pelos dados e não por tempo de uso (SILVA, 2016).

Outra criação dessa geração foi a do Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE), com uma modulação diferente que permite o aumento na transmissão de canal ou em outra definição, permite ampliar a taxa de transmissão de dados pela interface aérea, sendo possível desenvolver uma telefonia móvel rural. O EDGE pode transmitir dados em até 384 kbps, o que traz como serviços compartilhamento de áudios e vídeos e transmissão via internet de alta velocidade, até mesmo em áreas rurais (NIKOLOFSKI, 2011).

O 1x Radio Transmission Technology (CDMA20001X), uma evolução do CDMA, foi outra novidade durante a Geração 2,5G, ou seja, o estopim para a terceira geração. Uma das características relevantes do CDMA20001X era a possibilidade de atingir altíssimas taxas de transmissão e com velocidades altas de transmissão de voz (SILVA, 2016).

3.5 Terceira Geração - Tecnologia 3G

A Terceira Geração (3G) possibilitou a ampliação de novas ferramentas e funções nos aparelhos celulares, solidificação de serviços da internet móvel, utilização de Tablets e Smartphones. Os aparelhos celulares começaram a ter a tecnologia de videoconferência e conexão de alta velocidade. Os modems começaram a ter um desempenho bom da rede 3G, sem necessitar do celular (SILVA, 2016).

A tecnologia 3G no Brasil já é bem presente, o que faz com que grande taxa da população a utilize. Considerando as dificuldades pelo tamanho do país e dificuldade de acesso, o 3G conseguiu ser uma tecnologia acessível por se conectar com mais de 90% da população (TAKEMOTO, 2017).

Algumas funções foram alteradas ou criadas na rede para que chegasse a essa porcentagem da população conectada:

3.5.1 O Universal Mobile Telecommunications Service (UMTS)

Essa tecnologia tem como objetivo realizar a padronização das comunicações pessoais, sem perder a qualidade dos serviços. É usada para o padrão na evolução dos operadores GSM e utiliza na sua interface radio Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) ou EDGE (SILVA, 2016).

3.5.2 O Wideband Code Division Multiple Accesses (WCDMA)

Esse padrão funciona em dois modos, o Frequency Division Duplex (FDD) e o Time Division Duplex (TDD). Se baseia em uma tecnologia de banda larga com alta capacidade em via digital e tem seu funcionamento baseado em Internet Protocol (IP) (SILVA, 2016).

3.6 Geração 3,5 e Geração 3,75

Na geração 3,5 pode-se dizer que o High Speed Packet Access (HSPA) foi o ponto inicial, e uma melhoria nas redes UMTS, que tiveram sua velocidade e capacidade aumentadas (SILVA, 2016).

Já na geração 3,75 deve-se lembrar do HSPA+(Evolved HSPA), que ficou marcada por sua capacidade de se trabalhar com taxas mais altas de velocidade, com upload conseguindo atingir níveis de até 5,76Mbps e download de até 14,4 Mbps. Essas velocidades foram atingidas devido a implementação do Multiple Input Multiple Output (MIMO), que é um padrão que utiliza mais de um elemento para a transmissão de dados. A tecnologia tem como características também uma maior capacidade no uso de voz, um menor tempo de estabelecimento de chamadas e um melhor suporte (GUEDES VASCONCELOS, 2009).

3.7 Quarta Geração - Tecnologia 4G

Na quarta geração foram desenvolvidas tecnologias como LTE e WiMAX que ajudaram em sua implementação. A implementação da geração 4 (4G) trouxe como melhoria a velocidade de transmissão, que passou a ser mais alta. Isso fez com que alterasse o perfil do usuário, diminuindo o serviço de voz e aumentando o de dados (TELECO, 2017).

Diante disso, foi desenvolvido, através da empresa 3GPP, o protocolo IP, onde a comutação por circuitos deu lugar a comutação por pacotes.

3.7.1 Long Term Evolution (LTE)

Após a evolução do HSPA surgiu o LTE, desenvolvido com a finalidade de ser uma tecnologia de comunicação móvel. A tecnologia LTE usa o protocolo IP e o padrão Orthogonal Frequency Division Multiple Access -OFDMA. Um padrão global do 4G, como dito pela União Internacional de Telecomunicações – ITU.

Entre suas características, foi mantida a compatibilidade com as redes já implementadas, o que permitiu uma substituição, aos poucos, dos equipamentos. Com isso, as bandas ficaram maiores e com frequências acima de 5MHz (SILVA, 2016).

4 QUINTA GERAÇÃO - 5G

A Quinta Geração ou 5G pode ser considerada como uma evolução da tecnologia 4G, uma integração das duas redes (5G e 4G) e um divisor de águas importante para as comunicações, com a proposta de banda larga fixa, possibilitando assim, conexões com altas taxas de troca de dados entre os usuários (TAKEMOTO, 2017).

A Figura 6, tratada a seguir, ilustra a evolução da internet móvel.

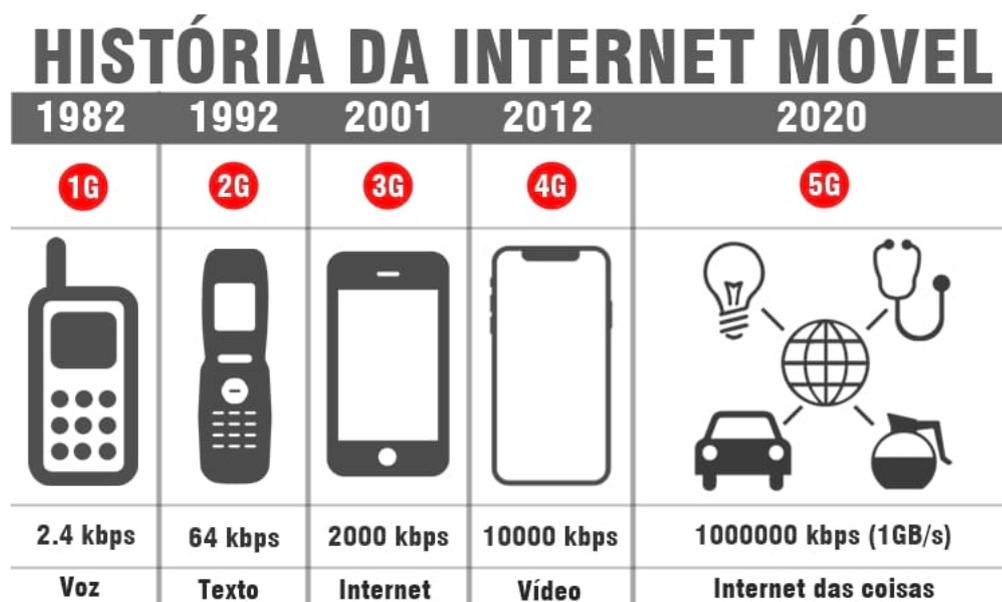


Figura 6- Evolução da internet móvel (linha do tempo).
Fonte: WKRH (2022).

Uma das características do 5G é que ela é uma rede de transmissão de dados mais rápida e se adequa a diferentes dispositivos conectados, equilibrando-se entre latência, velocidade e custo. Pode-se citar também que uma das funções do 5G é, trazer à tona, o uso da Internet das Coisas – IoT, fazendo com que a indústria 4.0 se desenvolva ainda mais (AGÊNCIA BRASIL, 2020).

A Tecnologia 5G está sendo vista como a próxima grande revolução entre os sistemas de comunicação, por sua capacidade de juntar e integrar um grande volume de serviços, tanto no meio industrial, quanto em operadoras de telecomunicação (TELEBRASIL, 2020).

O uso da Tecnologia 5G será adotado por vários setores da economia, sobretudo os mercados verticais da indústria: áreas da saúde, pecuária, educação, logística, entre outras (AGÊNCIA BRASIL, 2020).

Um exemplo do impacto que o 5G trará para o meio econômico e social é o estudo realizado pelo IHS, denominado: “5G Economy: How 5G technology will Contribute to the Economy”, no qual diz que o 5G criará receitas de mais de trilhões de dólares por ano e ainda gerar bens e serviços (TELEBRASIL, 2020).

Esse estudo demonstra como a Tecnologia 5G é capaz de gerar riquezas e reduzir problemas sociais, com a possibilidade de quebrar a barreira entre conectividade e informação. Dessa forma, um cenário a ser vislumbrado no Brasil é o avanço para a viabilização da tecnologia, a fim de se garantir no cenário mundial (AGÊNCIA BRASIL, 2020).

A Tabela 1 traz os comparativos entre 3G, 4G e 5G.

		3G	4G	5G
	Implantação	2004-05	2006-10	2020
	Largura da banda	2mbps	200mbps	>1gbps
	Latência	100-500 milisegundos	20-30 milisegundos	<10 milisegundos
	Velocidade média	144 kbps	25 mbps	200-400 mbps

Tabela 1 - Comparativos entre 3G, 4G e 5G.
Fonte: Economia Digital – adaptado pelo autor (2019).

4.1 Características do 5G

As características que o 5G traz quando comparados com o 4G, gera uma grande expectativa, pois tal tecnologia proporcionará grandes avanços. Uma das características presentes é a de maior velocidade na banda larga móvel em comparação com o 4G; as aplicações precisam de grandes quantidades de dados, a exemplo disso, a realidade virtual (SPADINGER, 2021).

Uma outra característica é a utilização das redes em malha 5G, na qual se pensa em um maior volume de conexões, fazendo com que um aparelho se conecte com outro, o que encadeia uma melhor rede, como observa-se em interfaceamento de sistemas ou Redes Mesh (SPADINGER, 2021).

A baixa latência do 5G pode ser citada também quando as redes garantem respostas rápidas para suas aplicações. Esta funcionalidade é muito necessária em Inteligência Artificial,

em veículos autônomos ou robôs em si, no qual são totalmente dependentes de respostas rápidas (SPADINGER, 2021).

Nesse mesmo contexto, o Network Slicing é outra nova característica do 5G que garantirá a personalização dos serviços de internet, o suporte, o isolamento e a multilocação das redes físicas comuns (SPADINGER, 2021).

Por fim, uma solução que a quinta geração possibilitará é o serviço de geolocalização 3D, uma inteligência de localização tridimensional que maximiza a eficácia desse serviço (SPADINGER, 2021).

4.2 Aplicações do 5G

As aplicações do 5G foram definidas por padronização sendo divididos em banda larga móvel extra veloz “*enhanced mobile broadband (eMBB)*”, comunicação ultra confiável de baixa latência “*ultra-reliable low-latency (URLLC)*” e comunicação massiva em escala “*Machine type communications (mMTC)*” (HIBBERD, 2019).

A banda larga móvel extra veloz ganha na eficiência do tráfego de dados, o que oferece um ganho da eficiência espectral. Uma das aplicações do 5G segue na comunicação dividida de baixa latência, que são típicas em missões críticas, com precisão de latências em níveis muito baixos e uma alta confiabilidade e segurança na comunicação (HIBBERD, 2019).

Outra aplicação, segundo Spadinger (2021), é a da comunicação massiva em escala, que apresenta um amparo para o IoT em todos os aspetos no mercado. Contém grandes coberturas de sinais e uma alta conectividade entre aparelhos. A Figura 7 demonstra a conectividade instantânea com milhões de dispositivos no mundo todo:



Figura 7- Conectividade instantânea através do 5G.
Fonte: EMF - adaptado pelo autor (2022).

5 INDÚSTRIA 4.0

De acordo com Schwab (2016), existe uma inclinação para novas tecnologias no mercado, baseadas na “quarta revolução industrial”, podendo ser agrupadas em tecnologias físicas, como os veículos autônomos, impressão 3D, robótica e biológicas (genética e biotecnologia). Várias dessas tecnologias estão sendo aplicadas no processo que hoje é conhecido como Indústria 4.0.

A da Indústria 4.0 é um conceito que representa a automação nas indústrias, integrando diferentes tecnologias como AI, IoT, computação em nuvem e melhorias contínuas no meio industrial, focando na eficiência, segurança e produtividade. Nesse contexto, o mercado de trabalho está relacionado diretamente. Com isso, certas áreas destacam-se gerando novas profissões, modificando várias carreiras profissionais (COELHO, 2016).

A Tabela 2 mostra as profissões que estão surgindo no mercado, desencadeadas pela Indústria 4.0.

NOVAS PROFISSÕES EM OITO ÁREAS

AUTOMOTIVO	TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> • Mecânico de veículos híbridos • Mecânico especialista em telemetria • Programador de unidades de controles eletrônicos • Técnico em informática veicular 	<ul style="list-style-type: none"> • Analista de IoT (internet das coisas) • Engenheiro de cibersegurança • Analista de segurança e defesa digital • Especialista em big data • Engenheiro de softwares
ALIMENTOS E BEBIDAS	MÁQUINAS E FERRAMENTAS
<ul style="list-style-type: none"> • Técnico em impressão de alimentos • Especialista em aplicações de TIC para rastreabilidade de alimentos • Especialista em aplicações de embalagens para alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Projetista para tecnologias 3D • Operador de High Speed Machine • Programador de ferramentas CAD/CAM/CAE/CAI • Técnico de manutenção em automação
CONSTRUÇÃO CIVIL	QUÍMICA E PETROQUÍMICA
<ul style="list-style-type: none"> • Integrador de sistema de automação predial • Técnico de construção seca • Técnico em automação predial • Gestor de logística de canteiro de obras • Instalador de sistema de automação predial 	<ul style="list-style-type: none"> • Técnico em análises químicas com especialização em análises instrumentais automatizadas • Técnico especialista no desenvolvimento de produtos poliméricos • Técnico especialista em reciclagem de produtos poliméricos
TÊXTIL E VESTUÁRIO	PETRÓLEO E GÁS
<ul style="list-style-type: none"> • Técnico de projetos de produtos de moda • Engenheiro em fibras têxteis • Designer de tecidos avançados 	<ul style="list-style-type: none"> • Especialista em técnicas de perfuração • Especialistas em sismologias e geofísica de poços • Especialistas para recuperação avançada de petróleo

Tabela 2 - Novas profissões de acordo com o estudo realizado pelo SENAI em função da Indústria 4.0.
Fonte: CNI e Senai (2021).

5.1 Principais tecnologias da Indústria 4.0

Os sistemas de conexão como o IoT, atuadores e sensores utilizados nas operações industriais, bem como a Robótica Avançada, possibilitam que máquinas conversem entre si, ao longo dessas operações. Isso permite a conexão e geração de informações das várias etapas da cadeia de valor, além do desenvolvimento de projetos, novos produtos e produção.

5.1.1 Computação em Nuvem (*Cloud Computing*)

A computação em nuvem ou *Cloud Computing* é um modelo de computação que entrega recursos de tecnologia, com uma grande disponibilidade de aplicações e serviços ao usuário, como armazenamento, bancos de dados, sendo preciso apenas um terminal conectado a um provedor de nuvem (SILVA, 2010).

De acordo com Silva (2010), a palavra nuvem refere-se a ideia de um ambiente desconhecido. Seu funcionamento (infraestrutura e recursos computacionais) ficam “escondidos”, sendo garantido todo o conjunto das aplicações e serviços.

O crescimento da Internet desencadeou um aumento no volume de dados, tornando-se mais difícil para os sistemas. Através da utilização da computação em nuvem, os usuários podem admitir as aplicações necessárias a um desenvolvimento de projeto ou negócio através da Internet. As aplicações só são possíveis por uma gestão de dados mais flexível e ágil, feitas a partir da utilização de servidores instalados em um fornecedor (SIEMENS, 2017).

Na computação em nuvem, as informações e arquivos salvos podem ser buscados de qualquer máquina e lugar. Essa tecnologia constitui-se de recursos físicos e abstratos, com o objetivo de facilitar a informação de modo descentralizado (2014, apud SOUZA; JUNIOR; NETO, 2017).

Ainda de acordo com o Azure (2021), a plataforma da Microsoft é baseada em computação em nuvem e suas principais características são:

- Uma maior velocidade nos serviços, trazendo as soluções de forma mais eficiente e rápida;
- Uma redução em gerenciamento de TI, e com isso um ganho na produtividade;

- Um considerável aumento no desempenho em serviços com *datacenters*, tendo baixa latência e escalonamento fugaz;
- Maior eficiência, segurança e confiabilidade, e menores riscos com problemas relacionados a *backups*;
- Mais viável economicamente, reduzindo locais de trabalho, gastos com energia, mão de obra.

A figura 8 ilustra a disponibilidade da computação em nuvem.

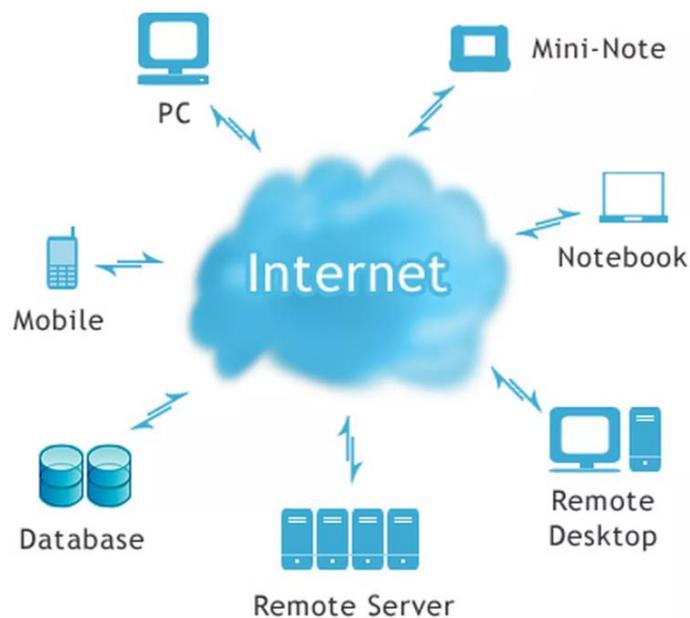


Figura 8- Disponibilidade da computação em nuvem.
Fonte: TechTudo (2021).

Conforme Borges et al. (2022), a computação em nuvem é constituída de três tipos de serviços, como mostrado a seguir:

- Nuvem privada: É o serviço estabelecido e mantido pela empresa, hospedeiros da nuvem da empresa que contratam;
- Nuvem Pública: É um serviço feito pela empresa especializada, tendo como função administrar os recursos de serviço, e suas informações podem ser acessadas de qualquer *hardware*;

- Nuvem Híbrida: É a junção entre a nuvem privada e pública, nela contém o compartilhamento de dados, e uma flexibilidade nos serviços.

5.2 Internet das Coisas (IoT)

De acordo com Rubmann (2015), haviam poucos fornecedores de máquinas e sensores em computação embutida e em redes avançadas. Contudo a Internet das Coisas ou *Internet of Things*, inseriu um maior volume e variação de dispositivos em aparelhos conectados com computação embarcada, utilizando-se de seus protocolos. O funcionamento da IoT baseia-se na comunicação e integração entre aparelhos e controladores, com uma descentralização para uma melhor tomada de decisão em tempo real.

Dessa forma, pode-se concluir que “coisas” fazem parte dos ativos de negócios, informações e processos em que a interação e comunicação baseia-se entre a troca e informações de dados no ambiente externo, através de algoritmos autônomos (CERP-IOT, 2010).

Conforme a empresa SAP (2021), a IoT é determinada como a habilidade de alguma coisa ou objeto em se conectar à internet. A afirmativa vale, tanto para equipamentos industriais quanto para o uso pessoal, com base em *softwares*, sensores e outras tecnologias.

Ainda, de acordo com a SAP (2021), o desenvolvimento da IoT foi baseado em outras tecnologias, conforme demonstra:

- Inteligência Artificial e Machine Learning: baseia-se entre o processamento de dados junto a tecnologia Big Data, sendo mais confiáveis;
- Maior desenvolvimento nas redes Wi-Fi diante da capacidade de tráfego e segurança, em aquisição com a nova tecnologia 5G, o que torna mais ágil as redes;
- A tecnologia de sensores e o poder computacional que existem em IoT, fazendo com que os dispositivos fiquem mais confiáveis e com processamento de memória mais eficientes;
- Computação em nuvem como importante tecnologia, pela sua facilidade de uso e acesso a dados e informações.

5.3 Sistemas Ciberfísicos – CPS

De acordo com Porto Neto (2021), os Sistemas Ciberfísicos (CPS) são sistemas híbridos, formados por sistemas computacionais e processos físicos. Criados com a finalidade de interagir entre si, as comunicações entre esses sistemas são realizadas por meio de uma rede sem fio, redes industriais, ou internet.

Ainda, de acordo com Porto Neto (2021), os CPS consistem em uma ampla área de funcionamento, fazendo com que desencadeie um grande volume de soluções, em diversas áreas e projetos como em edifícios inteligentes, no ramo da energia, no agronegócio, discutidos em três pilares que são a comunicação, a computação e o controle da informação.

Nos equipamentos do futuro, baseados em CPS - núcleo da quarta revolução industrial - serão integrados dados de sensores e informações, criando um ambiente interativo industrial (CHENG et al., 2016).

5.4 Big Data

Os autores Yamada et al. (2018) afirmam que o Big Data, uma das principais fontes da Indústria 4.0, se baseia na coleta e análise de um grande volume de dados, realizados por *software*. Com o Big Data é possível tomar decisões mais concretas com dados reais e em tempo real.

Outra definição é dita pela NIST (2015) que avalia o Big Data como um conjunto de dados, na sua maioria não estruturado, que precisam ser avaliados em tempo real, e com isso, servir para uma tomada de decisão.

Conforme Loh (2019), o Big Data é definido em cinco pilares, denominados de 5V's que são:

- Volume: quantidade dos dados em questão e seu aproveitamento;
- Velocidade: diz respeito a taxa de transmissão de processamento e recebimento dos dados;
- Variedade: esse pilar está relacionado com o tipo de dado, podendo ele ser estruturado ou não estruturado;

- Veracidade: relaciona as fontes com que os dados estão sendo “buscados”, com o objetivo da veracidade do dado;
- Valor: é o pilar relacionado a descoberta e análise. Os outros quatro pilares só terão validade se esse pilar for significativo.

A figura 9 correlaciona os 5V's do Big Data.



Figura 9- Os 5V's do Big Data.

Fonte: Sabedoria Política – adaptado pelo autor (2022).

6 DISCUSSÕES

6.1 Desafios da Indústria Nacional

Segundo Porto Neto (2021), várias soluções em diferentes áreas podem ser aprimoradas através do avanço, desenvolvimento e da digitalização, cuja implementação será capaz de transformar economicamente e socialmente o Brasil.

Estudos realizados demonstram que as indústrias possuem ainda uma grande parte de seus setores não incorporada às grandes tecnologias, permanecendo em uma fase entre a Segunda e a Terceira Revolução (FIRJAN, 2016).

O IEDI – Instituto de Estudos para Desenvolvimento Industrial, afirma que as indústrias, consideradas de média e média-baixa tecnologia, em 2021 obtiveram um crescimento comparadas ao ano anterior. Os setores de alimentos, metalurgia, petróleo e celulose foram os que mais se destacaram.

De acordo com Porto Neto (2021), as empresas que investem em tecnologia e inovação, estão mais preparadas para superar períodos e situações de crise. Nesse sentido, o atraso tecnológico, da maioria das indústrias brasileiras, está ligado ao não conhecimento dos ganhos a longo prazo que a informatização poderia proporcionar, e pelo custo de sua instalação em alguns setores.

Algumas dificuldades que as empresas brasileiras têm observado, em consideração a projetos para Indústria 4.0 são:

- Restrições quanto ao setor financeiro, que passa a concorrer com outros projetos mais viáveis economicamente;
- O atraso em tecnologia, o que faz com que a implementação dos conceitos de Indústria 4.0 sejam maiores, desencadeando assim um maior investimento;
- A pobreza da não informação sobre os benefícios que as tecnologias podem gerar;
- Problemas com a gestão da própria empresa, o que pode dificultar a integração das tecnologias, entre outras.

Ainda, como defende Porto Neto (2021), a pandemia de Covid-19 e o atraso brasileiro em relação a Indústria 4.0 tem feito o governo, a população e os diversos setores e instituições de pesquisa a debaterem sobre soluções de curto, médio e longo prazo.

Também, de acordo com o Decreto nº 10.534 de 42 2020, relacionado à política de inovação, recentemente foi debatido sobre o leilão da tecnologia do 5G e sua implementação.

Outro fator importante é sobre os trabalhos futuros, com o objetivo de desenvolver estratégias e ações para a inovação no setor produtivo, com o início da instalação do 5G em 2022, que desencadeará a difusão da Internet das Coisas, bem como a Inteligência Artificial e outras tecnologias (PORTO NETO, 2021).

Entretanto, o estudo: Estratégia Brasileira de Redes de Quinta Geração (5G) de 2019, demonstra que as fabricas do futuro, com a perspectiva do 5G, terão, além do componente fundamental entre dados e máquinas, instalações e robôs. Isso acarretará uma logística inteligente, uma produção com conexões melhores, possibilitando o avanço na Indústria 4.0. Ainda sobre o estudo, vale dizer que essa ideia é para o Brasil do futuro, em que as tecnologias que auxiliam como IoT, contribuem também para a economia e vários outros setores, podendo ser um serviço capaz de descentralizar.

Na instalação do 5G junto aos nossos sistemas nacionais, observa-se sobre as inúmeras vantagens e oportunidades que ele trará. A seguir estão listadas algumas delas:

- Oportunidade de desenvolver uma política nacional de segurança cibernética;
- Promoção de estudos voltados a processos de certificação e homologação de segurança cibernética;
- Disseminação de proteção e de respostas rápidas a problemas voltados a segurança;
- Desenvolvimento de códigos de condutas por fabricantes.

A Tabela 3 representa pontos e oportunidades no espectro do Brasil para alocação, de acordo com a Telebrasil.

	Oportunidades	Pontos de atenção
Banda C	<ul style="list-style-type: none"> Exploração da faixa de 3.700 a 3.800 MHz em ambiente <i>indoor</i> com baixa potência – CBRS dos EUA pode ser fonte de inspiração para solução no Brasil 	<ul style="list-style-type: none"> Apesar da Res. nº 671/2016, é preciso avançar na conceituação de espectro compartilhado Criação do modelo de exploração (níveis de prioridades, operadoras do tipo SAS (<i>Spectrum Access System</i>) etc. Necessidade de estudos de convivência com o Serviço Fixo por Satélite
600 MHz	<ul style="list-style-type: none"> Exploração compartilhada do 600 MHz em áreas rurais com pouco ou nenhum uso de radiodifusão de TV Início da discussão sobre o segundo dividendo digital 	<ul style="list-style-type: none"> As mesmas observações acima Rearranjo e otimização da canalização Há possibilidade de uso de tecnologias não 3GPP (IEEE 802.11af) Há possibilidade de uso de tecnologias 3GPP, por meio da operação FDD da Banda n71 (663 a 698 MHz <i>uplink</i> / 617 a 652 MHz <i>downlink</i>), com ecossistema impulsionado pelos EUA ³⁴
1.500 MHz	<ul style="list-style-type: none"> Potencial uso para suplementação do DL (<i>downlink</i>) Ou uso no UL para o 3500 MHz no mecanismo de UL/DL <i>decoupling</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Necessidade de discussão de atribuição
4.800 MHz	<ul style="list-style-type: none"> Ampla largura de banda (190 MHz) Previsto como <i>midband</i> (n79) para a China, Japão e Hong Kong com potencial para grande ecossistema ³⁵ 	<ul style="list-style-type: none"> Possibilidade de interferência com a IMT operando em 3,5 GHz, com necessidade de mitigação Necessidade de discussão de atribuição
5.900 MHz	<ul style="list-style-type: none"> Banda prevista para utilização nos sistemas ITS (<i>Intelligent Transport Systems</i>) ³⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> Necessidade de atribuição pela Anatel Há a possibilidade de uso de tecnologias não 3GPP (IEEE 802.11p) Necessidade de estudos de convivência com o Serviço Fixo por Satélite
6.000 MHz	<ul style="list-style-type: none"> Banda sendo harmonizada para utilização nos próximos sistemas Wi-Fi 	<ul style="list-style-type: none"> Necessidade de discussão de atribuição Necessidade de estudos de convivência com o Serviço Fixo por Satélite

Tabela 3 - Pontos e oportunidades no espectro do Brasil para alocação.
Fonte: Telebrasil (2020).

De acordo com a Telebrasil (2020), a rede de comunicação tem grandes problemas com conectividade em áreas remotas e rurais no Brasil, sendo esse problema de conectividade muito negativo tanto para a área econômica, quanto para aspectos sociais, quem podem aumentar a divisão digital no Brasil.

Acerca do Brasil, aplicações com IoT no agronegócio são basicamente: controle e monitoramento de água e ar, dados sobre a umidade, da temperatura e pH em se tratando de solo, entre tantas. Um estudo realizado pelo BNDES (2016), diz que o impacto em 2025 pode ser de US\$ 21,1 bilhões com o uso de IoT no ambiente rural.

Quando se fala em 5G no Brasil, têm de se considerar o Projeto 5G Brasil, pois ele trouxe mercados verticais de negócios para vários segmentos como o agronegócio, educação, indústrias de base e manufatura, logística, saúde e segurança pública (TELEBRASIL, 2020).

No Brasil, havia uma expectativa de que a implantação da Indústria 4.0 seria mais rápida, o que não aconteceu. O país ainda está tentando se adaptar a Indústria 3.0. Não só as crises económicas, mas alguns elementos como a falta de engajamento de funcionários, medo e ceticismo, dificultam o processo de implantação (FARIAS, 2019).

7 CONCLUSÃO

Foi apresentado nesse estudo, uma revisão bibliográfica com ênfase na Tecnologia 5G e na Indústria 4.0, quanto a sua história, implementação e importância para os desafios e oportunidades no Brasil. Com a geração do 5G foram trazidas novas oportunidades e com isso novos desafios, tanto para as empresas quanto para a sociedade.

A indústria brasileira, em relação a outros países, sofre uma grande demanda de tecnologia, o que torna um desafio a implementação do 5G nas empresas.

Como cenário para o futuro, espera-se, através da Política Nacional de Inovação, ações e projetos de maior tecnologia nos setores produtivos brasileiros. Considera-se que, a conexão 5G consolidará a Indústria 4.0, com a aceleração de inovações e viabilização da tecnologia, embora ainda pouco conhecida, conectando pessoas às máquinas, maximizando a produtividade de várias empresas e mudando a rotina de todo o meio industrial.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASIL. **5G**: o que é, características, benefícios, perspectivas, implantação no Brasil. Ind.4.0. 2020. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/19695-5g-o-que-e-caracteristicas-beneficios-perspectivas-implantacao-no-brasil>. Acesso em: 27 maio 2022.
- ALMEIDA, P. R. **O Brasil e a nanotecnologia**: rumo à quarta revolução industrial. 2005. Espaço Acadêmico, Maringá, a. VI, n. 52, set. 2005.
- ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Indústria 4.0**: princípios básicos, aplicabilidade e implantação na área industrial. São Paulo: Érica, 2019.
- BBC NEWS. **A pré-história da internet** – e a palavra bíblica que deu seu pontapé inicial. 2019. Disponível em: www.bbc.com/portuguese/geral. Acesso em: 11 abr. 2022.
- ARAUJO, Anne; ANDRADE, Pedro. **Internet das coisas**: Impacto da tecnologia 5G na internet das coisas. Uniceplac. 2021. [s.d].
- AZURE. **A nuvem para inovar em qualquer lugar e criar qualquer coisa**. Disponível em: <https://azure.microsoft.com/pt-br/>. Acesso em 08 de março de 2022.
- BARROS, T. **Internet completa 44 anos**: relembre a história da web. TechTudo, 2013.
- BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento. **Estudo Internet das Coisas**: um plano de ação para o Brasil 2016. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/pesquisaedados/estudos/estudo-internet-das-coisas-iot/estudo-internet-das-coisas-um-plano-de-acao-para-o-brasil>. Acesso em: 30 maio 2022.
- BORGES, H, B; SOUZA, J, N; SCHULZE, B; MURY, A, R. **Computação em Nuvem**. Network Operations and Management Symposium, 2012. Acesso em: 08 mar. 2022.
- BOTELHO, J. **Revolução Industrial**: entenda o que foi e suas etapas. Politize. 2021. Disponível em: <https://www.politize.com.br/revolucao-industrial/> Acesso em: 27 maio 2022.
- BRASIL. MINISTÉRIO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Estratégia Brasileira de redes de Quinta Geração (5G)**. 2021. Disponível em: www.gov.br/pt-br/orgaos/ministerio-da-ciencia-tecnologia-e-inovacoes. Acesso em: 31 maio 2022.
- CARDOSO, Marcelo. **Indústria 4.0**: a quarta revolução industrial. RIUT, Curitiba, 2016.
- CHENG, Guo-jian et al. **Industry 4.0 Development and Application of Intelligent Manufacturing**. 2016 International Conference on Information System and Artificial Intelligence (isai), Hong Kong, p.407-410, jun. 2016.
- CNI. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Sondagem especial**: indústria 4.0, Brasília, v. 17, n. 2, abr. 2016.

_____. **Oportunidades para a indústria 4.0:** aspectos da demanda e oferta no Brasil. Brasília: CNI, 2017.

_____. **Investimentos na Indústria.** Ano 9. Número 1. Brasília: CNI, 2018.

_____. **A Indústria 4.0 e a pandemia.** Brasília: CNI, 2020.

COELHO, P. M. N. N. **Rumo à Indústria 4.0.** Coimbra, Portugal: Universidade de Coimbra: 2016.

CONCEIÇÃO, C. S. **Da revolução industrial à revolução da informação:** uma análise evolucionária da industrialização da América Latina. Lume Rep. Dig., 2012.

DA SILVA, D, G. **Indústria 4.0:** conceito, tendências e desafios, RIUT, 2017.

EMF. **How 5G Works.** [s.d]. Disponível em: <http://www.emfexplained.info/?ID=25916>. Acesso em 11 abr. 2022.

FONTANA, C. **Gerenciamento de projetos I:** estudo de caso em projeto de swap em empresa de telecomunicações, Eu Curso, 2014.

FARIAS, G, F. **5G – Redes de comunicações móveis de quinta geração:** evolução, tecnologia, aplicações e mercado, 2019.

FIRJAN. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Indústria 4.0:** internet das coisas. Rio de Janeiro: Cadernos SENAI de inovação, 2016. Disponível em: <
<https://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A555B47FF01557E033FAC372E&inline=1>> Acesso em: 16 mar. 2022.

_____. **Indústria 4.0 no Brasil:** oportunidades, perspectivas e desafios, 2019. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A6895B4030168EC48A78E023D>> Acesso em: 16 mar. 2022.

FONTANA, Claudison. **Gerenciamento de projetos I:** estudo de caso em projeto de swap em empresa de telecomunicações, 2014.

GOMES, J. O. et al. **Desafios Para a Indústria 4.0 no Brasil.** Brasília: Confederação Nacional da Indústria. 2016.

GUEDES, L. C. dos S.; VASCONCELOS, R. R. de. **Umts, hspa e lte.** In: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

HARFORD, T. **A pré-história da internet e a palavra bíblica que deu seu pontapé inicial.** Terra. 2019. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/a-pre-historia-da-internet-e-a-palavra-biblica-que-deu-seu-pontape-inicial,c30483aeac6889aa7b774c2fe0186091pfs031fm>. Acesso em: 28 maio 2022.

IED. Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **A indústria do futuro no Brasil e no mundo**, 2019. Disponível em: https://iedi.org.br/media/site/artigos/20190311_industria_do_futuro_no_brasil_e_no_mundo.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2022.

_____. **Desaceleração da exportação industrial de maior intensidade tecnológica**, 2021. Disponível em: < https://iedi.org.br/artigos/top/estudos_industria/20211029_balcom_2021T3.html>. Acesso em 16 mar. 2022.

JORDÃO, F. História: **A evolução do celular**. Tecmundo. 2009. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/celular/2140-historia-a-evolucao-do-celular.htm>. Acesso em: 26 maio 2022.

LIMA, A. G; PINTO, G, S. **Indústria 4.0: um novo paradigma para a indústria**, 2019.

LIMA, Faíque; GOMES, Rogério. **Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica**, 2020.

LOH, S. **Volume, velocidade, variedade, veracidade e valor: como os 5Vs do big data estão impactando as organizações e a sociedade**, 2019.

NIKOLOFSKI, D. R. F. **A quarta geração das redes sem fio: benefícios e evolução**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento de Informática, Curitiba, 2011. NIST. Big Data Interoperability Framework: Volume 1, 2015.

OLIVEIRA, M. **Nasce a internet: os passos científicos e tecnológicos que fizeram a grande rede mundial de computadores**. Rev. Fapesp. 2011. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/nasce-a-internet/> Acesso em: 27 maio 2022.

PEDROSA, L.; FERREIRA, L. C. **Como era a internet no Brasil antes da comercialização**. Agência Brasil. EBC. 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-04/como-era-internet-no-brasil-antes-da-comercializacao> Acesso em: 28 maio 2022.

PORTO NETO, Valdemar De Oliveira. **Indústria 4.0 - os desafios e oportunidades no Brasil em meio à pandemia de Covid-19**. 2021. 58 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

ROLIM, G. **3G, 4G e 5G: entenda a tecnologia por trás da conexão do seu celular**. Economia Digital, 2019.

SABEDORIA POLÍTICA. **Aplicações do Big Data**. [s.d] Disponível em: www.sabedoriapolitica.com.br Acesso em: 11 abr. 2022.

SAP. Systemanalysis Programmentwicklung. **O que é Internet das Coisas**. [s.d]. Disponível em: <https://www.sap.com/brazil/insights/what-is-iiot-internet-of-things.html>. Acesso em 09 de mar de 2022.

_____. **Como Funciona Um sistema ERP.** Disponível em:

<https://www.sap.com/brazil/insights/what-is-erp.html>. Acesso em: 09 mar 2022.

SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution.** Geneva: World Economic Forum, 2016.

SIEMENS, A. **Conceito de Indústria 4.0.** Portugal: Siemens SA, 2017.

SILVA, F. H. R. **Um estudo sobre os benefícios e os riscos de segurança na utilização de Cloud Computing.** Docplayer, 2010.

SILVA, Ítala. **Do 1G ao 5G: Evolução das redes de telefonia móvel.** Cent. Cienc. Exat. Technol. 2016.

SINGER, P. **Desemprego e exclusão social.** São Paulo em perspectiva, São Paulo, v. 10, p. 1, 1996.

_____. **Desenvolvimento capitalista e desenvolvimento solidário.** Estudos avançados, v. 18, n. 51, p. 7-22, 2004.

SIQUEIRA, E. **O celular entre a 2G e a 3G.** Estadão. Econ. E Negócios. 2010. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/blogs/ethevaldo-siqueira/o-celular-entre-a-2g-e-a-3g/> Acesso em: 28 maio 2022.

SOUZA, P. H. M. de; JUNIOR, S. J. C.; NETO, G. G. D. **Indústria 4.0: Contribuições para setor produtivo moderno.** Joinville: Enegep, 2017.

SPADINGER, R. **Implementação da tecnologia 5G no contexto da transformação digital e indústria 4.0.** Ipea, 2021.

TECHTUDO. **O que é cloud computing?.** 2012. Disponível em:

<https://www.techtudo.com.br/noticias/2012/03/o-que-e-cloud-computing>. Acesso em: 11 abr. 2022.

_____. **Primeiro Telefone Celular foi vendido há 30 anos por cerca de US\$ 4 mil.**

Notícias. 2014. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2014/03/primeiro-telefone-celular-foi-vendido-ha-30-anos-por-preco-astronomico.ghtml>. Acesso em: 11 abril de 2022.

RÜßMANN, Michael et al. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries.** BCG. 2015.

TAKEMOTO, I. **Aplicação da tecnologia 5g em projetos de telefonia.** Rep. Instit. Unesp, 2017.

TECHDIFFERENCES. **Difference Between TDMA and CDMA.** Disponível em:

techdifferences.com. Acesso em: 11 abr. 2022.

TELEBRASIL. **Transformando a Sociedade, Fórum 5G no Brasil.** 2020. Disponível em: [Redes5G_Transformando-a-sociedade_Forum5GBrasil.pdf](#) (iepecdg.com.br) Acesso em: 11 abr. 2022.

TELECO. **5G tecnologias de celular**, 2020. Disponível em:
https://www.teleco.com.br/5g_tecnologia.asp. Acesso em 05 maio 2022.

_____. **Evolução das Redes Móveis**, 2020. Disponível em:
https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialintlte/pagina_2.asp. Acesso em: 05 maio 2022.

VINHAL, M. **Evolução da telefonia móvel celular, cumprimento de leis e análise de modelos de propagação**. Univ. Fed. Uberl. 2020.

WKRH. **5G no Brasil**: Quando é, afinal, o lançamento e por que ela supera a 4G? [s.d]. Disponível em: <https://wkrh.com.br/5g>. Acesso em: 11 abr. 2022

YAMADA, V, Y; MARTINS, L, M. **Indústria 4.0**: um comparativo da indústria brasileira perante o mundo. Ver. Terra & Cultura, 2018.