

IMPACTOS ECONÔMICOS DA IMPLANTAÇÃO DO ECOSSISTEMA 5G NO SETOR DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO DO BRASIL

ECONOMIC IMPACTS OF THE IMPLEMENTATION OF THE 5G ECOSYSTEM IN BRAZIL'S INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY SECTOR

David Ribeiro Guilherme ^a

Álvaro Alves de Moura Junior ^b

Vitória Batista Santos Silva ^c

Resumo: Este artigo tem como objetivo avaliar alguns impactos econômicos da implementação da rede 5G no setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) brasileiro, em decorrência das novas demandas por soluções digitais inovadoras. O artigo baseia-se nas perspectivas teóricas da economia da inovação desenvolvidas por Schumpeter e nos conceitos de paradigmas e trajetórias tecnológicas desenvolvidos pela escola Neoschumpeteriana. A metodologia adotada inclui uma revisão da literatura sobre teorias da inovação e autores que aplicam esses conceitos ao desenvolvimento do setor de TIC. Além disso, foram realizadas entrevistas com profissionais da área de TIC para avaliar suas percepções sobre os alguns dos possíveis impactos econômicos da implantação do 5G no Brasil. Os resultados obtidos por meio da literatura permitem situar os efeitos da evolução da tecnologia 5G como uma trajetória tecnológica presente nos paradigmas tecnológicos das áreas de comunicação e informação, e as a análise das entrevistas mostra que mais de 80% dos participantes acreditam que haverá um aumento na demanda por soluções digitais

^a Mestre em Economia pela Universidade Presbiteriana Mackenzie e OMMA Business School - Madrid, Espanha. E-mail: drguilherme2011@gmail.com

^b Economista pela Universidade Presbiteriana Mackenzie, Mestre em Economia e Doutor em Ciências Sociais (Área de Concentração: Política) pela PUC-SP. E-mail: alvaro.moura@mackenzie.br

^c Professora da Graduação em Ciências Econômicas do Centro de Ciências Sociais e Aplicadas (CCSA) da Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mail: vitoriabatista.silva@mackenzie.br

TIC, sendo que o setor do agronegócio será o maior impulsionador dessas demandas, com investimentos em infraestrutura de TI e adaptações de soluções já existentes em *IoT*, *Big Data*, Inteligência Artificial e *softwares* sob demanda.

Palavras-chave: 5G. Rede de Quinta Geração. Soluções Digitais Inovadoras.

Abstract: This article aims to evaluate some economic impacts of the implementation of the 5G network in the Brazilian Information and Communication Technology (ICT) sector, resulting from the new demands for innovative digital solutions. The article is based on the theoretical perspectives of the economics of innovation developed by Schumpeter and on the concepts of paradigms and technological trajectories developed by the Neoshumpeterian school. The methodology adopted includes a review of the literature on innovation theories and authors who apply these concepts to the development of the ICT sector. In addition, interviews were conducted with ICT professionals to assess their perceptions of some of the possible economic impacts of 5G deployment in Brazil. The results obtained through the literature allow us to position the effects of the evolution of 5G technology as a technological trajectory present in the technological paradigms of the areas of communication and information, and the analysis of the interviews shows that more than 80% of the participants believe that there will be an increase in the demand for digital ICT solutions, with the agribusiness sector being the main driver of these demands, involving investments in IT infrastructure and adaptations of existing solutions in IoT, Big Data, Artificial Intelligence and on-demand software.

Keywords: 5G. Fifth Generation Network. Innovative Digital Solutions. Classificação JEL: O03, O31, L86.

1. INTRODUÇÃO

A rede 5G é uma tecnologia de ponta que oferece conectividade aprimorada, velocidades mais rápidas e vantagens competitivas para empresas e sociedade. Com altas taxas de transmissão de dados e baixa latência (tempo de resposta), o 5G abre um mundo de novas possibilidades. Algumas dessas possibilidades já estão sendo exploradas, enquanto outras ainda estão por vir à medida que as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) se tornam cada vez mais diversificadas e amplamente utilizadas.

As TICs aceleram a comunicação e o processamento de informações em diversos setores e objetivos. Elas integram recursos de *hardware*, *software* e telecomunicações para permitir a automação de processos, otimização da aprendizagem, redução de custos, gerenciamento remoto e acesso a informações em tempo real.

Essas tecnologias disruptivas estão mudando a maneira como a sociedade e a economia se organizam. A combinação do 5G com as TICs está elevando os padrões de organização da produção com a integração de tecnologias avançadas como Internet das Coisas (*IoT*), *Big Data* e computação em nuvem. Em resumo, essa nova realidade, vista pela perspectiva teórica de Schumpeter sobre inovação tecnológica, implica em novas formas de organização, processos e produtos radicalmente diferentes.

É nesse contexto que o presente artigo procura avaliar alguns dos possíveis resultados do ecossistema 5G no setor de Tecnologia da Informação e Comunicação no Brasil, considerando a seguinte pergunta: Quais são os efeitos da tecnologia trazida pelo uso do 5G para o setor de Tecnologias da Informação e Comunicação no Brasil, à luz da análise da teoria neoschumpeteriana das trajetórias tecnológicas e dos paradigmas tecnológicos? O ponto de originalidade deste trabalho é, portanto, basear-se nas teorias da inovação de Schumpeter e de autores Neoschumpeterianos. Essas teorias enfatizam a importância da relação entre o processo inovador, os paradigmas tecnológicos e as trajetórias tecnológicas, que são essenciais para compreender os avanços resultantes da combinação das tecnologias de informação e comunicação com o ecossistema 5G. Parte-se do pressuposto de que haverá demanda crescente da tecnologia 5G no setor, de forma a intensificar o uso dessa tecnologia.

Uma boa interpretação dessas perspectivas teóricas é o próprio 5G. Esse padrão de tecnologia de quinta geração para redes móveis e de banda larga é baseado em três pilares: velocidade, latência e conectividade. Ele promove uma nova forma de conectividade entre pessoas e dispositivos, criando um conceito de convergência digital. Essa convergência só foi possível graças à trajetória tecnológica das redes móveis, desde o 1G até a tecnologia atual da quinta geração. Foi um caminho de preparação, evolução, pesquisa, conhecimento e investimento para viabilizar todas as vantagens competitivas que o 5G pode oferecer.

A metodologia adotada neste trabalho envolveu uma revisão da literatura econômica sobre inovação e uma revisão da literatura empírica, na qual foram analisadas as trajetórias tecnológicas do segmento de TIC. Além disso, foram realizadas entrevistas estruturadas com profissionais da área de TIC para complementar a pesquisa.

Este artigo foi dividido em quatro seções, além desta introdução e das considerações finais, para atingir os objetivos da pesquisa. A primeira seção aborda os conceitos de inovação de Schumpeter e de paradigmas e trajetórias tecnológicas relacionados ao referencial teórico Neoschumpeteriano. Também inclui uma revisão da literatura empírica sobre inovações no segmento de Tecnologia da Informação (TIC). A segunda seção apresenta uma sistematização do ecossistema 5G, suas tendências tecnológicas e os países líderes na implementação dessa nova tecnologia. A terceira seção analisa o mercado nacional e mostra como o Brasil vem se preparando para o 5G. Por fim, a última seção apresenta entrevistas estruturadas com profissionais de empresas do setor de TIC sediadas na região Noroeste Paulista, com o objetivo de compreender as novas tendências na visão dos ofertantes e demandantes de serviços de tecnologias de informação e comunicação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para compreender as novas condições de produção que demandam cada vez mais inovações, é importante entender o conceito de economia da inovação. Esse conceito tem suas raízes em Joseph Schumpeter e seus seguidores, os Neoschumpeterianos. Schumpeter foi pioneiro ao demonstrar a importância da inovação como principal fonte da dinâmica do

desenvolvimento capitalista. Segundo ele, o desenvolvimento econômico é impulsionado por “novas combinações” ou inovações que substituem tecnologias mais antigas, um processo que ele chamou de “destruição criativa”. Na visão Neoschumpeteriana, a inovação é o ponto central do desenvolvimento tecnológico e seu papel no desenvolvimento econômico é identificar as causas e impactos da inovação no sistema produtivo. Nas próximas subseções, esses temas serão discutidos brevemente.

2.1 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: UMA ABORDAGEM A PARTIR DOS NEOSCHUMPETERIANOS

De acordo com Schumpeter (1982), a inovação é a introdução comercial de um novo produto ou uma nova combinação de algo que já existe. A inovação pode ser dividida em total ou incremental. A primeira refere-se à introdução de algo totalmente novo, enquanto a segunda se refere a qualquer melhoria sobre algo existente.

Joseph Alois Schumpeter é conhecido por seus estudos sobre o papel da tecnologia na sociedade. Ele considerava a difusão tecnológica como o principal motor competitivo do desenvolvimento econômico de uma nação. Diferentemente dos economistas clássicos, Schumpeter não via o aumento da população, da produção ou do acúmulo de recursos como fatores primordiais para o desenvolvimento econômico. Em vez disso, ele enfatizava a importância da tecnologia e da inovação como as principais variáveis (DA COSTA, 2006).

Schumpeter atribuiu ao “empresário” o papel de combinar novos fatores e implementar inovações tecnológicas. Segundo Schumpeter (1982), o empresário é diferente do “capitalista” e não pertence a uma classe específica. Ele não é necessariamente proprietário ou acionista de algo e sua posição não é duradoura. O empresário é um agente com capacidade empreendedora que opera negócios em busca de novas combinações e possui capacidade de previsão e iniciativa.

No entanto, ser um empresário é uma condição difícil e complexa devido à necessidade de tomar decisões muitas vezes baseadas em experiência e intuição, sem dados concretos. Inovar e promover algo novo é um processo de investimento que exige grandes gastos antes do surgimento de qualquer renda. Portanto, o empresário precisa de crédito e capital. Com o crédito, ele transforma dinheiro ocioso em atividades de desenvolvimento para gerar inovações com o objetivo de obter lucro. O lucro decorrente das inovações é usado para pagar o empréstimo original e a sociedade se beneficia com a geração de riqueza proporcionada pelas inovações (SCHUMPETER, 1982).

Cário e Pereira (2002) destacam que, apesar de Schumpeter ter sido pioneiro ao demonstrar a importância da inovação como principal fonte da dinâmica do desenvolvimento capitalista, suas contribuições são insuficientes para analisar e explicar o processo de mudança técnica do capitalismo atual. Nas últimas décadas, os Neoschumpeterianos propuseram atualizar suas interpretações e complementar algumas questões não abordadas por Schumpeter. Essas questões incluem o tempo das inovações, a

descontinuidade de seus padrões e porque certos desenvolvimentos tecnológicos acontecem em vez de outros.

De acordo com La Rovere (2006), para compreender questões relacionadas a paradigmas e trajetórias tecnológicas, é necessário abordar os conceitos desenvolvidos por diversos autores a partir da década de 1970. Entre os mais importantes estão Richard Nelson, Sidney Winter, Christopher Freeman, Carlota Perez e Giovanni Dosi.

Dosi (2006) descreve a atividade inovadora como um conjunto de processos que inclui a busca pela descoberta, a possibilidade de experimentação, o desenvolvimento constante, a imitação e adoção de novos produtos, processos e técnicas organizacionais. Essas atividades envolvem incertezas, pois dependem do conhecimento e experiência adquiridos por pessoas e empresas, além das teorias que envolvem pesquisas e desenvolvimentos. Além disso, o autor considera que a tecnologia é um conjunto de fundamentos práticos e teóricos.

Os problemas práticos estão relacionados à produção e aos usuários, enquanto os problemas teóricos estão ligados ao conhecimento e à infraestrutura (DOSI, 2006). Nesse sentido, os Neoschumpeterianos contribuem para a teoria da firma contemporânea ao mostrar que as empresas acumulam capacidades organizacionais e suas escolhas não são baseadas apenas na racionalidade maximizadora. O conhecimento é a grande variável para a competitividade das organizações e o processo competitivo exige o desenvolvimento de paradigmas tecnológicos e trajetórias tecnológicas.

Dosi (2006) define paradigma tecnológico como um modelo de soluções para problemas técnicos selecionado a partir de princípios derivados do conhecimento científico e das práticas produtivas. Por outro lado, a trajetória tecnológica é a direção tomada pelo desenvolvimento tecnológico, condicionada pelas decisões do passado e expressando um padrão usual das atividades que envolvem a resolução de problemas usando as possibilidades preestabelecidas pelo paradigma. Assim, o paradigma tecnológico estabelece as novas regras que devem guiar a trajetória e define um novo padrão tecnológico com características distintas do padrão anterior (DOSI; NELSON, 2018; 2020).

Freeman e Perez (1988) sugerem que a inovação deveria se basear no conceito de paradigma tecnoeconômico em vez do conceito de paradigma tecnológico. Isso porque o segundo não considera variáveis importantes como custos de produção e distribuição, restringindo-se apenas à mudança em produtos e processos produtivos. Os autores definem paradigma tecnoeconômico como uma combinação de inovações de produto, processo, técnicas organizacionais e administrativas que geram oportunidades de investimento e lucro. Por isso, um paradigma tecnoeconômico tem seu processo muitas vezes com forte participação do Estado, não surgindo apenas das interações entre as forças de mercado (MAZZUCATO, 2016).

La Rovere (2006) caracteriza o paradigma tecnoeconômico como um processo de expansão e acúmulo de investimentos por meio de quatro períodos sucessivos: difusão inicial, quando há inovações radicais em processos, produtos ou serviços que proporcionam o surgimento de novas indústrias e investimentos; crescimento rápido, quando as novas potências se consolidam e continuam explorando novas inovações; crescimento mais lento, quando as novas indústrias começam a desacelerar e suas inovações passam a ser acessíveis para outros setores; e fase de maturação, quando os produtos e processos se padronizam e as inovações incrementais trazem pouco ou nenhum aumento de produtividade.

De acordo com La Rovere (2006), as tecnologias de informação e comunicação estão no centro do atual paradigma tecnoeconômico. Sua difusão tem um impacto variável nas empresas. Essas tecnologias aumentam a capacidade inovadora das empresas e reduzem os riscos associados ao processo de escolha tecnológica. A infraestrutura necessária para o desenvolvimento de inovações no novo paradigma tecnoeconômico permite que as empresas mantenham uma posição competitiva. As tecnologias da informação e comunicação representam trajetórias tecnológicas cada vez mais presentes nas diversas cadeias produtivas de bens e serviços na economia global.

De acordo com Tigre (2019), o rápido desenvolvimento tecnológico fez com que as empresas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) se tornassem líderes na economia global. Atualmente, as empresas mais lucrativas e de crescimento mais rápido não são mais aquelas que seguiam o modelo fordista, mas sim empresas que nem existiam há trinta anos.

O valor de mercado e o crescimento de empresas como Google, Apple, Microsoft, SAP, Alibaba e Uber mostram que existe uma nova dinâmica na economia mundial baseada em plataformas e ativos intangíveis. O declínio da manufatura fordista pode ser exemplificado por inovações que impactam na estrutura industrial no sentido de descentralizar, flexibilizar e tornar mais rápidas as atividades de montagem de objetos. (TIGRE, 2019, p. 236)

Além das mudanças apontadas anteriormente por Tigre (2019), as TICs também têm contribuído para um crescimento significativo do conteúdo informacional não apenas em serviços de software e comunicações, mas também nos produtos físicos, o que tem acelerado o ciclo de vida dos produtos e aumentado a importância dos custos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Com as TICs, os negócios também estão conseguindo reduzir custos por meio das chamadas economias de velocidade. Um bom exemplo disso é a importância da internet na aceleração dos fluxos comerciais e financeiros, permitindo aos agentes otimizar a integração produtiva e logística das cadeias produtivas em tempo real (*lead time*). Além disso, as TICs também permitem ganhos de escala a partir das economias de rede e de escopo, com a ampliação do portfólio de produtos e serviços oferecidos ao mercado e redução de custos de transação, entre outros elementos.

Por fim, vale ressaltar que o desenvolvimento das TICs é algo complexo de ser analisado, até mesmo levando em conta o cenário de rápida evolução no qual a avaliação dessas tecnologias está inserida e as inovações que estão por vir e que podem moldar de

forma completamente diferente o contexto de análise das TICS, de forma que o estudo do paradigma tecnológico relacionado às TICs está longe de ser esgotado (ECKARDT, 2021).

Algumas dessas questões serão discutidas mais detalhadamente a seguir, por meio da análise de pesquisas que aplicam os conceitos de paradigma e trajetórias tecnológicas a determinados setores da economia.

2.2 REVISÃO DA LITERATURA EMPÍRICA

Diegues e Roselino (2012) abordam a aplicação dos conceitos de paradigmas e trajetória tecnológica na indústria de equipamentos de informática e semicondutores. Eles mostram que, em meados da década de 1940, esses setores já apresentavam alto desempenho tecnológico por meio de duas tendências: a introdução de novas funcionalidades e a expansão e melhoria das funcionalidades já existentes. No entanto, a inserção da TIC, especificamente *softwares* nos produtos eletrônicos, modifica totalmente a característica técnica desses equipamentos. Por outro lado, a expansão e melhoria da capacidade de processamento e miniaturização de componentes eletrônicos possibilita a fabricação de produtos com alto grau de mobilidade, como *smartphones*, *tablets* e *notebooks*.

A evolução do setor de equipamentos de informática e semicondutores pode ser dividida em duas configurações. A primeira foi a criação dos mainframes com a hegemonia da IBM até o final da década de 1980. Durante esse período, a informática se tornou independente de suas origens e influenciou o uso e desenvolvimento de aplicações empresariais (ERNST, 2006). A segunda configuração teve início na década de 1990 com a entrada de computadores menores no segmento de mainframes e o declínio da hegemonia da IBM. Surgiu um novo padrão tecnológico baseado na estrutura cliente/servidor e avançou a modularização (BRESNAHAN; MALERBA, 1998).

Segundo Diegues e Roselino (2012), foram essas transformações que impulsionaram o processo de reestruturação do setor de TIC por meio de três efeitos: (i) desintegração vertical; (ii) inovação em software; e (iii) redes estruturadas no padrão cliente/servidor. Foi através da conjunção desses efeitos que toda a estrutura do setor foi modificada, o que teve importantes reflexos sobre a dinâmica concorrencial do mercado e sobre as próprias inovações, que tiveram que ser exploradas de uma nova forma no novo paradigma tecnológico. Com isso, o setor se expandiu e novas empresas surgiram com diferentes plataformas tecnológicas, mantendo o dinamismo.

Neiris Jr., Fucidji e Gomes (2014) destacam a trajetória da mudança tecnológica do setor de equipamentos de telefonia móvel e das tecnologias da informação e comunicação e como proporcionaram significativos aumentos de produtividade para todos os setores da economia. Entidades mundiais de grande relevância, como a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), atestam a importância das TICs em diferentes atividades como um componente essencial de melhoria produtiva e tecnológica. Ao mesmo

tempo, setores relacionados às tecnologias ligadas a computadores, *software* e telefonia de modo geral, estabelecem um importante processo de ampliação tecnológica com a expansão e popularização das tecnologias móveis e da internet.

No setor de telefonia, segundo Neris Jr., Fucidji e Gomes (2014), as mudanças e inovações são constantes, e os fabricantes de telefones celulares são prova disso. Antes, os aparelhos telefônicos contavam com um número reduzido de tecnologias, sendo sua função restrita à comunicação por voz entre aparelhos. Atualmente, os celulares têm funções que vão além de uma simples ligação. A *Apple* propagou inovações no mercado de celulares, transformando os aparelhos em *smartphones*, principalmente com o *iPhone* e o *iPad*. Desse ponto de vista, a mudança pode ser explicada com base no conceito de “destruição criadora” de Schumpeter, o qual enfatiza as descontinuidades das mudanças tecnológicas. Porém, com a difusão tecnológica dessas inovações da *Apple*, alguns fabricantes, como LG e Samsung, passaram a fabricar smartphones com funcionalidades semelhantes aos da primeira empresa.

Ainda segundo Neris Jr. Fucidji e Gomes (2014), novas tecnologias mudam o ambiente competitivo entre as empresas. No setor de smartphones, esse processo é ainda mais rápido devido à defasagem tecnológica intrínseca desses produtos. Quando uma nova tecnologia é padronizada, todas as operadoras e fabricantes de celulares têm que se adequar. A inovação e evolução do setor está atrelada à interação entre bases tecnológicas diferentes e à difusão do uso e potencial de melhoria em diferentes soluções pelas TICs. A inovação do setor é caracterizada pela interação entre empresas, universidades e organizações não comerciais, gerando um ‘ecossistema’ de inovação, pesquisa e desenvolvimento. Esse ecossistema possibilitou o desenvolvimento e difusão de tecnologias, tais como: (i) transmissão digital sem fio¹; (ii) protocolo IPv6²; (iii) protocolo 802.11n³; e (iv) NFC (comunicação de campo próximo)⁴.

É nesse contexto que Neris Jr. (2013) apresenta o percurso tecnológico da indústria de telecomunicações, que passou do padrão analógico (1G) para o digital (2G), chegando ao padrão atual e mais utilizado mundialmente, a quarta geração (4G). A primeira geração (1G) iniciou comercialmente na Escandinávia em 1981, chegando aos Estados Unidos em 1983. Ambos os países utilizavam um sistema de telefonia móvel analógica: na Escandinávia chamado de *Nordic Mobile Telephone* (NMT) e nos EUA, de *Advanced Mobile Phone System* (AMPS).

¹ *Wireless* é uma tecnologia de comunicação que não faz uso de cabos, se enquadra como transmissão digital sem fio.

² Versão atual do protocolo de internet, responsável por abrigar os endereços dos dispositivos conectados a uma rede mundial (internet), como se fossem a identidade da máquina que está trafegando na rede.

³ É o protocolo que define uma rede local sem fio, utilizado na tecnologia wi-fi ou *wireless*.

⁴ Tecnologia que permite troca de informações sem fio e de forma segura entre dispositivos compatíveis e próximos uns dos outros.

Em 1988, os europeus desempenharam um papel importante na definição de padrões para a segunda geração (2G) de telefonia móvel. Foi durante a segunda geração que a transição do padrão analógico para o digital ocorreu, com a introdução do cartão SIM (Subscriber Identity Module). Os sistemas digitais começaram a usar uma sequência de pulsos descontínuos, que correspondiam aos bits digitais usados em computadores. Esses bits eram divididos em pacotes e transmitidos simultaneamente com outras conversas (NERIS JR., 2013).

No final dos anos 90, um novo padrão atualizado foi considerado para os diferentes participantes da indústria. Enquanto a segunda geração (2G) foi projetada para transmissão de voz, o novo padrão (3G) teria que transmitir dados. As redes 3G mudaram e revolucionaram toda a indústria, transformando telefones em dispositivos capazes de reproduzir voz, gravar vídeos, se conectar à TV e acessar a internet. Para essa evolução, não bastava apenas tecnologia; novos avanços oferecidos pelos fabricantes eram necessários: (i) novas estações base para transmissão de sinal 3G e (ii) aplicações de conteúdo móvel como aplicativos, jogos, sites etc. A tecnologia 3G começou a ser implementada em 2007, levando mais de uma década para superar barreiras tecnológicas e disseminar a fabricação e serviços. A rede 3G foi o motor para revolucionar todo o setor de telefonia móvel e a perspectiva da quarta geração (4G) já era um passo lógico nessa progressão. Em 2010, um centro de inovação para tecnologia 4G foi estabelecido em Massachusetts, nos EUA. Os principais diferenciais do 4G são a convergência de uma ampla variedade de serviços, reduzindo custos e investimentos para expandir o uso de banda larga. Entre as tecnologias convergentes, podemos citar a disseminação de tecnologias como: (a) transmissão digital sem fio; (b) protocolo IPv6; (c) protocolo 802.11n; (d) NFC (*Near Field Communication*) e várias outras inovações.

A quarta geração é o padrão atual usado globalmente que está gradualmente dando lugar à quinta geração 5G, que as empresas de telefonia celular começaram a implantar em todo o mundo em 2019. Isso forma o chamado Ecossistema 5G, que é um sistema complexo em que muitos participantes têm distintas funções e faz parte da atual trajetória tecnológica apontada pelos Neoschumpeterianos. Com um mundo cada vez mais globalizado, a demanda por soluções tecnológicas inovadoras está em constante crescimento, e esse Ecossistema está ajudando a expandir as soluções e inovações oriundas da tecnologia 5G, conforme será discutido na próxima seção.

3. ECOSSISTEMA 5G

As redes tecnológicas acompanharam o desenvolvimento das necessidades humanas de comunicação. Essa seção contempla todo o Ecossistema 5G e seus benefícios, e como as três principais potências mundiais se comportaram diante do surgimento dessa nova fase da comunicação.

O caminho para o desenvolvimento da rede 5G foi desafiador, com os objetivos sendo alcançados gradualmente. A primeira geração de redes móveis foi caracterizada pela limitação no serviço de ligação por voz. A segunda geração introduziu a tecnologia digital e novas integrações. A terceira geração possibilitou a realização de videochamadas, a comunicação via VoIP, o acesso à TV no celular, além do refinamento do acesso e envio de e-mails e SMS. Já a quarta geração trouxe avanços em diversos aspectos relacionados às conexões, permitindo a associação com a indústria de jogos, serviços de streaming e cloud computing.

As quatro primeiras gerações de redes móveis ofereceram comunicação de voz e dados eficientes para conectar pessoas. Já a rede 5G tem a proposta de ir além, não apenas conectando pessoas e coisas, mas também criando uma nova dinâmica de imersão digital. Segundo Farias (2019), duas tendências significativas vêm impulsionando a indústria *mobile* a desenvolver uma quinta geração de tecnologia de rede, são elas:

[...] o aumento explosivo na demanda por serviços de banda larga sem fio, que precisam de redes mais rápidas e de maior capacidade, capazes de fornecer vídeo e outros serviços ricos em conteúdo; e a *Internet of Things* (IoT), que está alimentando a necessidade de conectividade massiva de dispositivos, e também a necessidade de conectividade ultra confiável e de latência ultrabaixa sobre o Protocolo de Internet (IP). (FARIAS, 2019, p.27)

O 5G tem como propósito a expansão da rede de conexão móvel para o maior número de dispositivos. Sendo assim, ele não atua somente na rede móvel, mas também nos automóveis, utensílios do lar, telemedicina, agricultura, educação e na Internet das Coisas (*IoT - Internet of Things*), como um modelo que agrega o que tem de melhor a oferecer: alta velocidade e baixa latência. Essa realidade traz consigo a padronização diante do uso da tecnologia 5G, que está definida em três grandes grupos de aplicações, segundo Hibberd (2019, p.11):

1) Banda larga móvel extra veloz (Embb = *enhanced mobile broadband*). Este grupo

de aplicações ganha com a melhoria do tráfego de dados, propiciado pelo ganho da eficiência espectral. São aplicações que pedem cobertura adequada de sinais e tipicamente móveis.

2) Comunicação massiva em escala (Mmtc = *Machine type communications*). Este grupo de aplicações trata da adoção massiva da IoT em quaisquer verticais de mercado. Exige recepção dentro dos ambientes (*indoorG*), grande cobertura de sinais e alta densidade de aparelhos.

3) Comunicação ultra confiável de baixa latência (URLLC = *ultra-reliable low-latency communications*). As aplicações típicas aqui são de missão crítica, que requerem latências muito baixas e alta confiabilidade e segurança na comunicação.

Para que o sistema 5G alcance todo o seu potencial, é necessário que diversos componentes do ecossistema trabalhem em conjunto. Isso inclui o governo, agências reguladoras de transmissão de dados, investidores privados e públicos, empresas diretamente e indiretamente ligadas ao processo, *startups*, incubadoras e instituições acadêmicas. Dependendo do planejamento de cada país, diferentes componentes se destacam no desenvolvimento de infraestrutura e aplicações do 5G, incluindo *hardware* e *software*. Além disso, à medida que novos padrões são introduzidos no mercado, novas funcionalidades são incorporadas e novos serviços surgem para diversas atividades econômicas. Para avaliar algumas dessas diferenças, a subseção a seguir vai apresentar brevemente os casos da Coreia do Sul, da Alemanha e dos Estados Unidos.

3.1 A INTERNET E O SETOR DE TIC NA COREIA DO SUL, NA ALEMANHA E NOS ESTADOS UNIDOS: UMA BREVE AVALIAÇÃO

De acordo com a Deloitte (2021), a Coreia do Sul é líder na implementação da rede 5G. Até 2021, o país já operava com cobertura 5G superior a 90% dos lares, com 160 mil estações rádio base, representando um quinto do número de estações 4G. No entanto, a população ainda não conseguia, à época, sentir a verdadeira qualidade do serviço. Para ampliar os resultados, o governo coreano implementou políticas públicas para criar condições favoráveis ao desenvolvimento do ecossistema 5G no país. Essas políticas incluem a eficiente avaliação e realização de leilões, criação de um ambiente propício para a melhoria da oferta através de testes e incentivos tributários, bem como divulgação e comunicação para aumentar a demanda pelo 5G. Logo, tem-se que o governo coreano tornou-se um grande incentivador dos serviços 5G, utilizando seu poder de compra para impulsionar a demanda do mercado. Ele adotou algumas dessas aplicações no setor público, gerando antecipadamente o impacto desejado.

Segundo Yoon (2021), uma das consequências dessa realidade é o crescimento da indústria de TIC na Coreia do Sul, que está gerando oportunidades, com fabricantes desenvolvendo novas tecnologias de *software* criativas para aumentar sua competitividade. O país ainda precisava, à época da pesquisa, de soluções de *software* industrial para impactar diretamente os processos de fabricação em setores como aeroespacial, automotivo, construção naval, eletrônico e máquinas. De todo modo, a Coreia do Sul está liderando o desenvolvimento de uma sociedade baseada em TIC, com a indústria como grande aliada nesse processo.

Pode-se afirmar que o país é um dos mais avançados do mundo no desenvolvimento geral das TIC e líder mundial em banda larga e redes móveis. Em 2019, os serviços relacionados às TICs foram responsáveis por US\$6,2 bilhões em exportações, representando 6% de todos os serviços exportados pelo país. Dentro desse valor, os serviços computacionais (relacionados ou não a *softwares*) representaram 3% de todos os serviços exportados, totalizando 2,9 bilhões de dólares (DELOITTE, 2021).

Apesar do balanço comercial positivo, a indústria de *software* coreana está preocupada com a crescente transição para o modelo SaaS (*software* como serviço), liderado por empresas estrangeiras como as norte-americanas Salesforce, Workday e ServiceNow. Com a pandemia, o trabalho remoto e sem contato aumentou, acelerando o uso de SaaS. Para enfrentar essa preocupação, a Associação da Indústria de *Software* da Coreia do Sul (KOSA) assinou um acordo em maio de 2021 para promover o crescimento da indústria de *software* nacional (DELOITTE, 2021).

A Alemanha é líder no uso do 5G e na implementação da Indústria 4.0. A tecnologia 5G é considerada um pilar da Indústria 4.0, cujo termo teve origem em um projeto estratégico de alta tecnologia do Governo Alemão. A Indústria 4.0 tem permitido um salto em direção a fábricas predominantemente autônomas, onde os sensores são responsáveis pelo registro e análise de dados e a Inteligência Artificial faz ajustes contínuos para manter a produção de acordo com a demanda. Isso possibilita uma maior conectividade, impulsionando o uso de máquinas inteligentes, conexão entre equipamentos e armazenamento de dados. Nesse contexto, a tecnologia 5G está acelerando inovações e viabilizando tecnologias ainda desconhecidas que irão conectar pessoas às máquinas⁵.

Em 2019, a Alemanha realizou um leilão de 5G que gerou uma arrecadação total de 5,8 bilhões de dólares (DELOITTE, 2021), atuação que compõe o chamado ecossistema 5G do país, que é composto por quatro grandes polos: o governo, a agência de redes Bundesnetzagentur, as operadoras de telecomunicações e as empresas do setor privado.

O governo atua como facilitador e promotor da inovação que o 5G pode oferecer. A Bundesnetzagentur é responsável por organizar os leilões dos espectros de frequência e liberar as licenças para o uso de redes privadas de 5G. As operadoras de telecomunicações lideram iniciativas de laboratórios e incubadoras específicas para 5G. As empresas do setor privado têm participação essencial na inovação alemã, com destaque para as médias e grandes empresas tradicionais. O ambiente alemão de startups também é forte e tem potencial para possibilitar avanços no 5G (WHITE STAR CAPITAL, 2020).

Em relação aos equipamentos utilizados para criação da infraestrutura 5G, a Alemanha trabalhou para permitir a participação de todos os fornecedores existentes no mercado. A chinesa Huawei não foi banida dessa concorrência, mesmo com a pressão geopolítica dos EUA. Para garantir a proteção, a Alemanha atualizou sua lei de segurança digital e aumentou os requisitos das funcionalidades ligadas à segurança digital para fornecedores de tecnologia. Isso foi uma forma de compensar a habilitação de um fornecedor com supostas vulnerabilidades de segurança (DER BUNDESVERBAND MUSIKINDUSTRIE, 2022).

A Alemanha possui o maior mercado de *software* da Europa, avaliado em US\$26,7 bilhões em 2020. Apesar de uma queda durante a pandemia, a expectativa é de crescimento

⁵ Ver a Importância do 5G para a Indústria 4.0, disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/18821-a-importancia-do-5g-na-industria-40>.

de 8,9% entre 2020 e 2025. Em 2019, os serviços relacionados às TICs foram responsáveis por US\$32,3 bilhões em exportações. No entanto, as importações desses serviços somaram US\$42,7 bilhões, indicando um resultado comercial negativo e dependência em relação aos fornecedores externos (WHITE STAR CAPITAL, 2020; IBISWORLD, 2022).

Os Estados Unidos são líderes globais na implementação da infraestrutura 5G, com mais de 40.000 antenas em 2.500 cidades. Os leilões americanos já movimentaram US\$91 bilhões (CSIS, 2021). O ecossistema 5G do país é composto pelo governo, operadoras de telecomunicação, grandes empresas de tecnologia e institutos de pesquisa e universidades. O governo promove tecnologias abertas como o *Open RAN* e as operadoras de telecomunicação atuam como promotores e desenvolvedores de aplicações da tecnologia (DELOITTE, 2021).

Ao analisar o cenário pós-pandêmico, o governo americano aprovou um pacote de infraestrutura, no valor total de US\$1,2 trilhão. Este ainda não contempla os valores referentes à infraestrutura de 5G. No entanto, US\$65 bilhões estão sendo destinados para melhorar a infraestrutura de internet banda larga no país (CSIS, 2021).

Os principais desafios para a expansão do 5G nos EUA incluem o lucro reduzido dos espectros pelas operadoras e a liberação de espectro atualmente utilizado para fins militares (DELOITTE, 2021). O valor das licenças das bandas de 5G ficou superior ao previsto pelas operadoras, diminuindo o capital restante para investimento na infraestrutura necessária (5G OI LAB, 2022). Em 2019, os serviços relacionados às TICs representavam um valor de US\$54,8 bilhões em exportação (6% do total), com os serviços computacionais relacionados a softwares representando 3% do total (US\$23,9 bilhões) (CSIS, 2021).

A indústria de software e serviços de TI nos EUA representa 10% do PIB do país e emprega 11,8 milhões de pessoas. Existem mais de 525.000 empresas de software e serviços de TI no país. Um dos fatores que contribui para o sucesso dessas empresas é a qualidade da mão de obra, que é altamente qualificada nos EUA (DELOITTE, 2021).

Após essa breve descrição do ecossistema 5G dos três e sua relação com o setor de TIC nos três países, a próxima seção avaliará o setor de TIC e sua relação com a Internet no Brasil.

4. A INTERNET E O SETOR TIC NO BRASIL

O Brasil começou a despertar para o setor das telecomunicações na década de cinquenta, com ações de diferentes governos estaduais. O Plano de Metas do governo de Juscelino Kubitschek destacou a necessidade de criação de um sistema nacional de telecomunicações para difundir informações (CARVALHO, 2006).

Mas, as chamadas iniciativas em redes não comerciais tiveram início em 1988, com a instalação de três conexões exclusivas para os Estados Unidos a partir da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Laboratório Nacional de

Computação Científica (LNCC) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Essas conexões permitiam a comunicação entre profissionais da educação e pesquisadores no Brasil com seus pares no exterior (MOURA, 1995).

Em 1995, a Embratel era responsável pelo fornecimento de serviços de comunicação de dados no Brasil. Em 1998, foi iniciado um plano de privatização de vários setores da economia, inclusive o de telecomunicações. O controle da empresa foi adquirido em leilão pela iniciativa privada e, ao final da concessão, apenas os bens necessários à continuidade dos serviços de telefonia fixa tiveram sua posse transferida à União (VIEIRA, 2003).

Para massificar a utilização dos serviços de telecomunicações em banda larga no Brasil, seria necessário reduzir a carga tributária, garantir o cumprimento da Lei de Antenas pelos municípios e fazer leilões que atendessem demandas efetivas da sociedade. Além disso, seria importante estimular a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias. A instalação e popularização da internet no Brasil tem sido um processo longo e complexo, sobretudo diante do contexto de competição global, que exige que o país e as empresas estejam cada vez mais conectados. A evolução histórica da Internet no Brasil encontra-se no quadro a seguir.

Quadro 1 - Marcos Históricos da Internet no Brasil

1976	Embratel instala em caráter experimental entre Rio e São Paulo, as primeiras linhas específicas para transmissão digital, com circuitos operando a velocidades de até 4800 bps.
1980	Início da TRANSDATA - Serviço Digital de Transmissão de Dados via terrestre, servindo inicialmente a trinta cidades.
1981	Embratel lança o Serviço Internacional de Comunicação de Dados Aeroviários (AIRDATA).
1982	Embratel lança o Serviço Internacional de Comunicação de Dados (INTERDATA).
1983	Embratel lança o Serviço Internacional de Acesso a Informações Financeiras (FINDATA).
1992	Governo brasileiro adere a ideia da Internet com a criação da Rede Nacional de Pesquisas (RNP) com o <i>Backbone</i> ⁶ .
1992/1993	Implantação de uma estrutura de comunicação, cobrindo a grande parte do país, a velocidades mínimas de 9.600 bits por segundo (bps).
1994	Lançamento da Embratel trazendo o Serviço Internet Comercial, em caráter experimental e com conexão internacional de 256 kilobit por segundo (Kbps), onde cerca de cinco mil usuários foram escolhidos para testar o serviço.

⁶ Função básica do Backbone: prover conectividade e transporte de tráfego entre estruturas análogas que existem/existirão em diversas regiões do país. Desta forma, a RNP é a congregação dos esforços regionais, via estrutura nacional ("Backbone") e a fomentadora da implantação de novas redes regionais.

1995	A RNP presente já em todas as capitais do país, ligação entre as capitais geradoras de maior tráfego a velocidades.
1995	O Ministério das Comunicações decide pela exploração comercial, tornando a Internet tendência no país e a popularizando cada vez mais.
1996	Primeiros provedores de internet em operações.
2003	A Internet contempla uma base de 22,4 milhões de computadores instalados no país, cerca de 18 milhões de internautas residenciais.
2007	No avanço tecnológico 40 milhões de computadores instalados no país, cerca de 32 milhões de internautas residenciais.
2015	O Brasil conta com mais de 102 milhões de domicílios conectados, o que representa 58% da população brasileira.
2022	5G no Brasil.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com os avanços tecnológicos já apontados, o Brasil precisa se conectar com o mundo e participar do mercado de TIC para se integrar nessa nova realidade que afeta todas as atividades econômicas. Na próxima subseção, será discutida a importância do mercado de TIC no Brasil, suas dimensões e valores econômicos.

4.1 O SETOR TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC) NO BRASIL

O setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) é amplo e dinâmico, envolvendo diversas áreas do conhecimento. Com o avanço da ciência e da transformação digital, o setor se torna cada vez mais complexo. De acordo com o Observatório Softex, o setor TIC é definido como produtos e serviços que possibilitam o processamento, a transmissão e a divulgação ou uso de informação e de comunicação por meios eletrônicos (SOFTEX, 2012).

As atividades econômicas associadas ao setor TIC estão listadas no quadro a seguir, que compõem a sua cadeia produtiva.

Quadro 2 - Cadeia produtiva do setor TIC

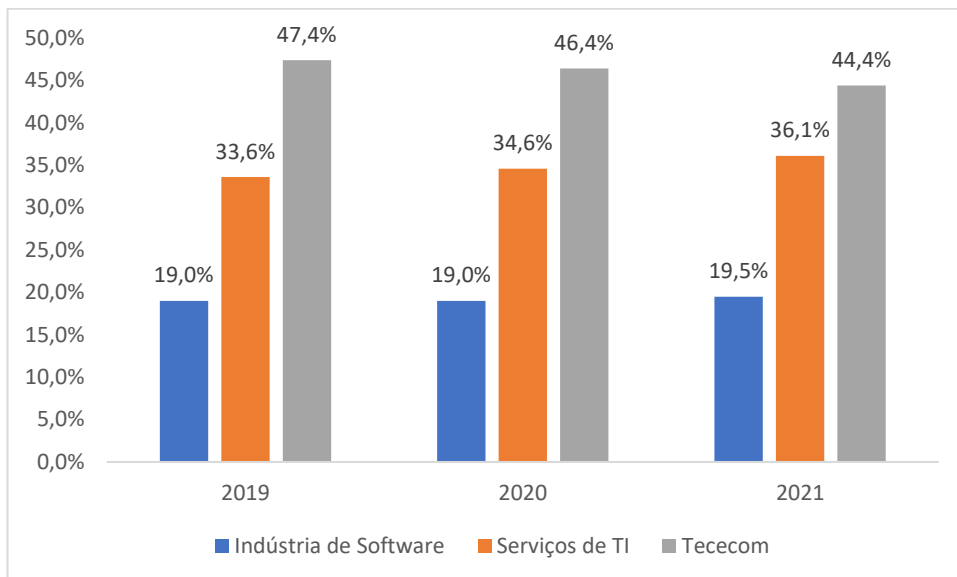
TICS	Atividades	CNAE
<i>Hardware</i>	Componentes Eletrônicos	2610
	Equipamentos de Informática	2621
	Periféricos para Equipamentos de Informática	2622
	Equipamentos Transmissores de Comunicação	2631
	Aparelhos Telefônicos e Comunicações	2632
	Aparelhos de Recepção Áudio e Vídeo	2640

Software	Desenvolvimento de Programas sob Demanda	6201
	Licenciamento de Programas de Computador não Customizáveis	6202
	Desenvolvimento e Licenciamento de Programas de Computador não customizáveis	6203
Consultoria	Consultoria em Tecnologia da Informação	6204
	Suporte Técnico, Manutenção e outros	6209
	Manutenção de Computadores e Periféricos	9511
Telecom	Telecomunicação por fio	6110
	Telecomunicação sem fio	6120
	Telecomunicação por satélite	6130
	Outras atividades de telecomunicações	6190
	Tratamento de dados, provedores de serviços de aplicação e serviços de hospedagem na internet	6311
	Portais, provedores de conteúdo e outros serviços de informação na internet	6319
	Manutenção de equipamentos de comunicação	9512
	TV por assinatura a cabo	6141
	TV por satélite	6143
Comércio varejo atacado	Atacado de computadores, periféricos e suprimentos de informática	4651
	Atacado de componentes eletrônicos e equipamentos de telefonia e comunicação	4652
	Varejo de equipamentos e suprimentos de informática	4751
Infraestrutura	Obras para geração e distribuição de energia elétrica e para telecomunicações	4221

Fonte: As Tecnologias (2021)

O Brasil é o nono maior mercado global de TIC e a 11ª economia mundial (ITA, 2022; FMI, 2022). Em 2020, o país movimentou US\$ 8,5 bilhões em exportações e importações de serviços de TIC, sendo o 24º país no mundo em comércio exterior neste setor, sendo que o volume comercializado entre o Brasil e o exterior no setor de TI cresceu 7,7% em 2020 em relação ao ano anterior (OMC, 2022).

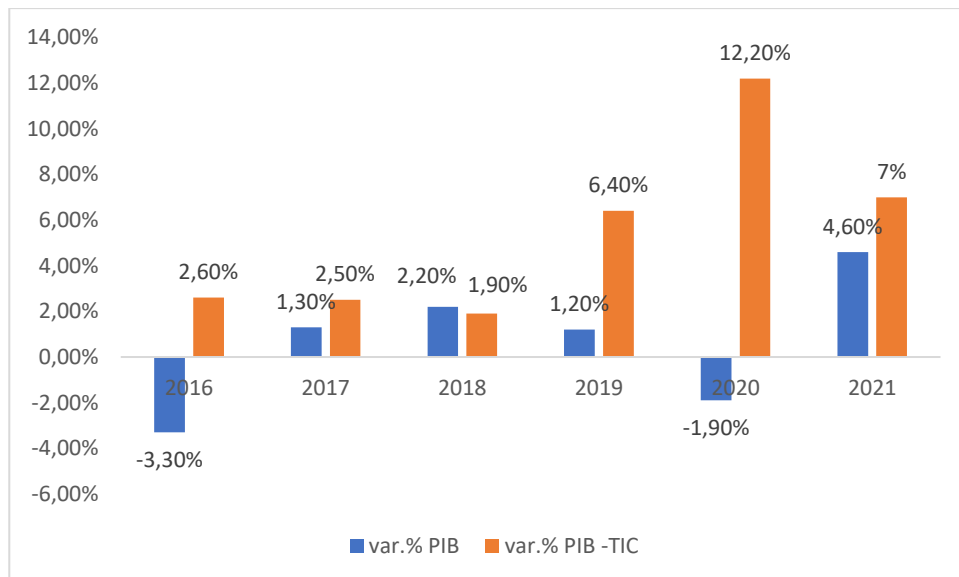
A maior participação dos gastos da Indústria de Software e Serviços de TIC (ISSTIC) em 2021 foi no setor de Telecom (44,4%), seguido pelos serviços de TI (36,1%) e indústria de produção e desenvolvimento de software (19,5%) (STATISTA, 2022). O Comportamento dos dois anos anteriores encontra-se na figura a seguir.

Figura 1 - Participação dos gastos da ISSTIC, por segmento, de 2019 a 2021

Fonte: STATISTA (2022).

Os últimos anos foram marcados pela pandemia da Covid-19. Apesar da forte contração da atividade econômica brasileira em 2020 (-4,1%), o setor de TIC do país se manteve praticamente estável, com uma queda de apenas 0,3%. Em 2021, o mercado global de TIC cresceu 5,4%, enquanto o mercado brasileiro de TIC apresentou um crescimento ainda maior, de 7%, superando o crescimento do PIB do Brasil (4,6%) (FMI, 2022; IDC, 2022). Isso mostra que o mercado de TIC brasileiro e o PIB têm seguido caminhos divergentes nos últimos seis anos. Enquanto a produção brasileira teve uma redução de 3,9% em 2020 e um aumento de 4,6% em 2021, o setor nacional de TIC apresentou um crescimento impressionante de 12,2% e 7%, respectivamente. A figura a seguir ilustra essa tendência.

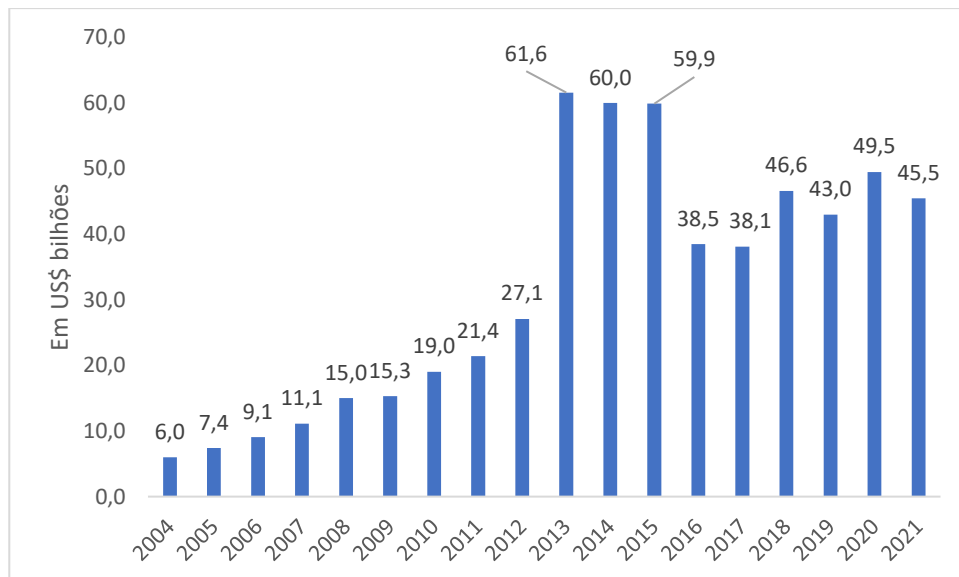
Figura 2 - Taxa de crescimento dos gastos em serviços de TIC e do PIB brasileiro, de 2016 a 2021



Fonte: STATISTA (2022) e IBGE (2022)

Em 2021, o setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) no Brasil alcançou um faturamento de US\$ 45,5 bilhões, incluindo tanto tecnologias novas quanto tradicionais. Isso representa pouco mais de 1% do mercado global de TIC (IDC, 2022). Embora essa contribuição internacional seja pequena, o setor tem crescido cada vez mais no Brasil e atualmente representa cerca de 4% do PIB nacional. Esse valor é significativo para a geração e manutenção de empregos e para o crescimento econômico do país (STATISTA, 2021; IBGE, 2022). A figura a seguir mostra o faturamento do setor nos últimos anos.

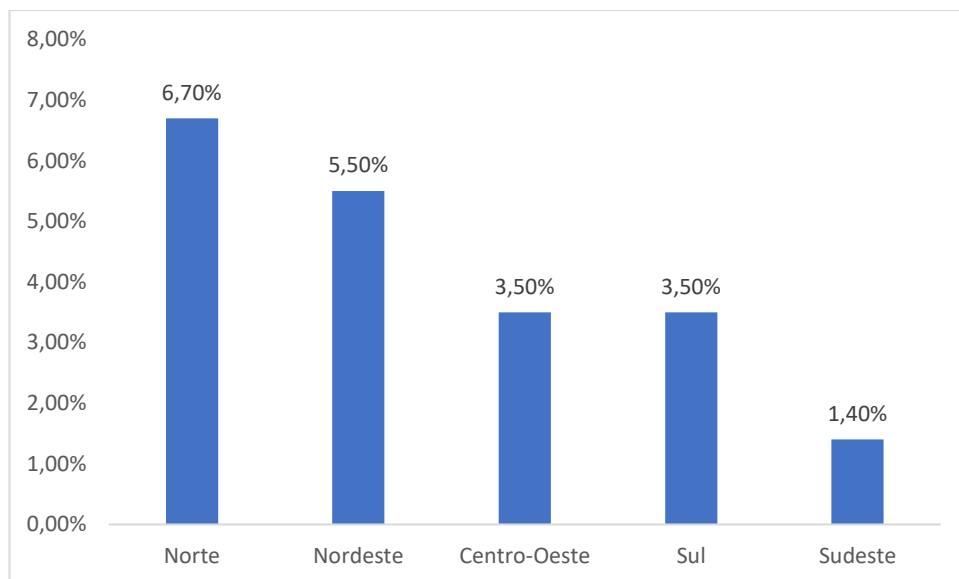
Figura 3 - Faturamento em bilhões de dólares do Setor TIC Brasileiro



Fonte: IDC (2022).

Segundo o Observatório Softex (2022), em 2019 a região Sudeste concentrava 64,1% das empresas do setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) no Brasil. No entanto, com a melhoria da infraestrutura e a disponibilidade de mão de obra qualificada em outras regiões do país, houve um aumento no número de empresas TIC nessas áreas. O gráfico abaixo ilustra essa tendência.

Figura 4 - Percentual de crescimento médio anual do número de empresas de ISSTIC por região do Brasil, entre 2006 e 2019

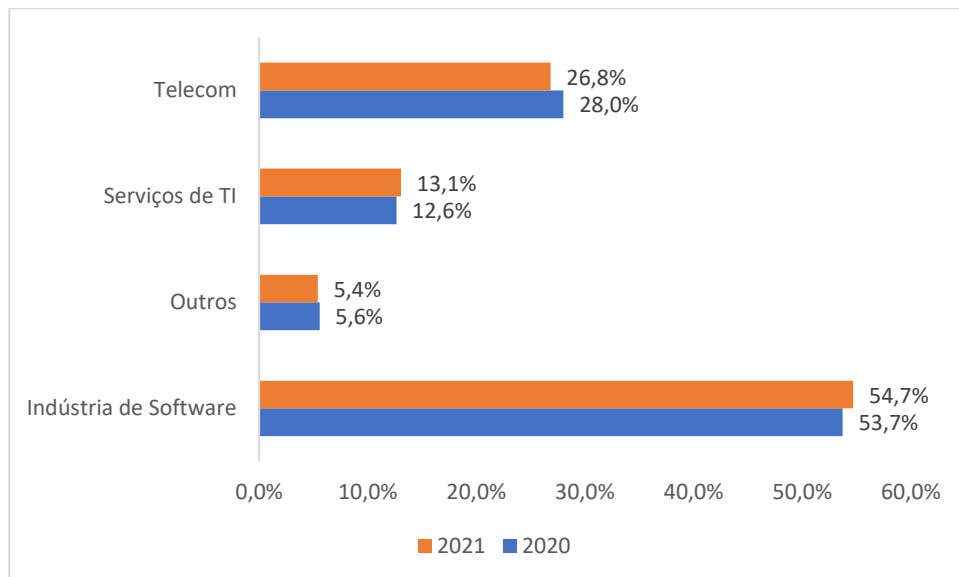


Fonte: IBGE (2022) e SOFTEX (2022).

De acordo com o relatório Indústria de Software e Serviços de TIC no Brasil: caracterização e trajetória recente do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (2022), em 2019 havia 135,3 mil empresas no setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) no Brasil.

Em relação ao mercado de trabalho do setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), houve um aumento de 15% no número de profissionais contratados em 2021 em comparação com o ano anterior, sendo que apenas a indústria de software foi responsável por empregar 55% dos colaboradores do setor (SOUZA, 2022). A figura a seguir apresenta mais detalhes sobre essas informações para os anos de 2020 e 2021.

Figura 5 - Percentual de colaboradores por segmento ISSTIC em 2020 e 2021



Fonte: CAGED (2022).

Segundo o International Data Corporation (IDC), as perspectivas para o setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) no Brasil em 2022 são bastante positivas. A previsão é de um crescimento superior a 10%, impulsionado pelos segmentos de software e dados móveis, bem como pelos impactos do 5G. Isso ocorre mesmo com um crescimento econômico moderado na América Latina e um período conturbado de eleições (IDC, 2022).

De acordo com o Statista (2022), o otimismo em relação ao setor de TIC no Brasil está relacionado ao crescimento do mercado de software. Isso é impulsionado pelo aumento da economia digital em resposta à pandemia do coronavírus, que exige investimentos e mão de obra qualificada em segurança de dados. Além disso, a tecnologia 5G tem acelerado a migração para a nuvem.

E, segundo o IDC (2022), nos próximos cinco anos, todo o crescimento nos gastos com tecnologia tradicional será impulsionado por apenas quatro plataformas: nuvem, móvel, social e Analytics. O software tradicional continuará a representar uma grande contribuição para a produtividade e possivelmente conduzirá grande parte dos gastos com TIC. No entanto, softwares inovadores com inteligência artificial, robótica e blockchain serão as principais tendências de investimento e demanda para o setor nos próximos anos, impulsionados pela evolução da implementação da tecnologia 5G.

Para se preparar para as mudanças no setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), o Brasil deve estar atento às tendências globais e contar com um ecossistema mais ativo e altivo, especialmente com a disseminação do 5G pelo mundo e pelo país. Nesse sentido, a presente pesquisa buscou analisar a percepção de profissionais do setor de TIC no Brasil por meio de entrevistas com executivos de empresas sediadas na

Região Noroeste do Estado de São Paulo. Os resultados dessas entrevistas estão na seção a seguir.

5. RESULTADOS DAS ENTREVISTAS COM OS PROFISSIONAIS DO SETOR DE TIC

Esta seção tem como objetivo verificar, por meio de entrevistas com profissionais da área de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), quais são as principais percepções em relação às tendências tecnológicas que impulsionarão a demanda por *softwares* com a implementação da tecnologia 5G no Brasil.

A amostra para essa pesquisa foi composta por executivos e empresários do setor de TIC e contratantes de soluções TIC da região Noroeste do estado de São Paulo. As entrevistas foram realizadas entre setembro e outubro de 2022.

Para a coleta de dados, foram elaboradas oito perguntas objetivas de múltipla escolha, sem tempo limite de resposta. As entrevistas foram realizadas por meio do *Google Forms*. O contato com os entrevistados foi feito através das associações Associação dos profissionais e Empresas de Tecnologia da Informação (APETI) e Associação Catanduvense dos Profissionais e Empresas de Tecnologia da Informação (ACAPETI), que reúnem diversos empresários associados. Quanto aos demandantes de soluções TIC, as entrevistas foram realizadas com grupos empresariais dos municípios de São José do Rio Preto e Catanduva. A região escolhida para a coleta de dados foi estrategicamente selecionada devido à proximidade e parceria com ambas as instituições.

O questionário foi composto de 8 perguntas, sendo elas:

- I. Porte da Sua Empresa⁷.
- II. A sua empresa demanda ou oferta soluções de Tecnologia da Informação e Comunicação?
- III. A Tecnologia 5G aumentará a demanda por soluções de Tecnologia da Informação e Comunicação da sua empresa?
- IV. Quais áreas da TIC serão mais impactadas com a demanda que o 5G proporcionará?
- V. Como serão as soluções para as novas demandas impulsionadas pelo 5G?
- VI. Quais empresas TICs oferecerão ou consumirão as soluções demandadas por sua empresa?

⁷ Porte das empresas por faturamento: pequena empresa: maior que R\$ 360 mil e menor ou igual a R\$ 4,8 milhões; média empresa: maior que R\$ 4,8 milhões e menor ou igual a R\$ 300 milhões; e grande empresa: maior que R\$ 300 milhões.

VII. Para os seus negócios, quais os setores que serão mais impactados com a tecnologia 5G?

VIII. Quais serão as principais dificuldades das empresas TICs brasileiras para atender as novas demandas impulsionadas pela tecnologia 5G?

Um total de 123 empresas responderam à pesquisa. Dessas, 43,09% são de pequeno porte, 22,76% são de médio porte e 34,15% são de grande porte. Além disso, 62,6% demandam soluções de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), 11,38% ofertam soluções TIC e 26,02% tanto ofertam quanto demandam soluções TIC.

Do total de empresários entrevistados, 83,74% acreditam que a tecnologia 5G aumentará a demanda por soluções de tecnologia da informação em suas empresas. Já 16,26% acreditam que não terão esse aumento de demanda.

Em relação às áreas e soluções de TIC que mais aumentarão a demanda por soluções tecnológicas, os resultados foram: 26,12% para Infraestrutura e Sustentação TIC; 20,9% para Internet das Coisas; 19,3% para soluções customizadas sob demanda; 16,42% para inteligência artificial; e 17,54% para análise e ciência de dados.

Quanto às soluções demandadas nas áreas mencionadas anteriormente: 56,1% são de soluções adaptadas ou melhoradas das já existentes em outros países que trabalham com a tecnologia 5G; 26,02% são de soluções totalmente novas ou inovadoras; 15,45% são de soluções já existentes criadas pelas BigTechs; e 2,44% não responderam.

Em relação ao porte das empresas que demandarão e ofertarão soluções tecnológicas oriundas da tecnologia 5G: 34,96% serão empresas de médio porte; 25,2% serão empresas de grande porte; 25,2% serão microempresas; e 14,63% serão empresas de pequeno porte. Também foi perguntado quais atividades econômicas serão mais impactadas pelas soluções que a tecnologia 5G demandará. As respostas obtidas foram: 29,27% para o agronegócio; 23,58% para a indústria de transformação; 21,95% para o setor de serviços; 10,57% para o varejo; 8,94% para o setor público; e 5,69% para o setor de saúde.

No que tange às principais dificuldades que as empresas de TIC brasileiras enfrentarão para atender às novas demandas impulsionadas pelo 5G: 46,34% citaram a dificuldade de contratação de mão de obra especializada; 27,64% mencionaram a falta de políticas governamentais e incentivos fiscais; 15,45% apontaram o baixo investimento; 6,5% mencionaram a concorrência internacional; e 4,07% citaram os juros elevados.

A seguir as análises das 123 empresas é dividida em dois grupos, das empresas ofertantes e das empresas demandantes. Cabe destacar que algumas das empresas atuam tanto do lado da oferta quanto da demanda.

CENÁRIO OFERTANTES

A avaliação das entrevistas voltadas apenas aos ofertantes de soluções de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) contou com 46 respostas. Dessas, 82,61% acreditam

que haverá um aumento na demanda por soluções digitais oriundas da implementação do 5G. No cenário de ofertantes, 39,13% acreditam que o agronegócio será o setor mais impactado por soluções e softwares para a tecnologia 5G, seguido pela indústria (26,09%), pelos serviços (21,74%) e pelas áreas de Saúde, Setor Público e varejo (4,35% cada).

Quanto aos tipos de tecnologias que serão ofertados com a disseminação do uso da tecnologia 5G: 56,25% acreditam que serão soluções adaptadas e melhoradas em relação às já existentes; 21,74% acreditam que as soluções serão totalmente novas ou inovadoras; e apenas 17,39% acreditam que as empresas adotarão soluções e tecnologias já existentes. 4,35% deixaram a resposta em branco.

Em relação às dificuldades que as empresas ofertantes encontrarão para atender à demanda por soluções 5G: 58,7% dos ofertantes acreditam que a principal dificuldade será a contratação de mão de obra qualificada; 19,57% mencionaram a falta de uma política governamental de estímulo à área; 13,04% apontaram a concorrência internacional; 4,35% mencionaram baixos investimentos; e 4,35% citaram juros altos.

Em relação às três principais áreas e soluções de TIC que mais aumentarão a demanda por soluções tecnológicas: os ofertantes responderam: 23,08% para Infraestrutura e Sustentação TIC; 22,22% para IOT (Internet das Coisas); 20,51% para Ciência de Dados e Analytics; e 17,95% para software sob demanda.

CENÁRIO DEMANDANTES TIC

Para o cenário de empresas demandantes de TIC foram realizadas 109 entrevistas, das quais 84,4% acreditam que aumentará a demanda por soluções digitais oriundas da implementação do 5G.

No cenário de demandantes de TIC, 26,61% dos demandantes de soluções e serviços TIC acreditam que o agronegócio será o setor mais impactado com soluções e softwares para a tecnologia 5G, seguido pela indústria (22,94%), serviços (22,94%), varejo (11,93%), setor público (9,15%) e saúde (6,42%).

Com base nos tipos de tecnologias que serão demandadas com a implementação da tecnologia 5G: 57,88% das soluções serão adaptadas e melhoradas em relação às já existentes; 24,77% acreditam que as soluções serão totalmente novas ou inovadoras; e apenas 15,60% acreditam que as empresas adotarão soluções e tecnologias já existentes.

Em relação às dificuldades que as empresas demandantes enfrentarão para atender à demanda por soluções 5G: 44,04% acreditam que a principal dificuldade será a contratação de mão de obra qualificada. Outras dificuldades incluem a falta de política governamental (28,44%), baixo investimento (16,51%), concorrência internacional (6,42%) e juros altos (4,95%).

Em relação às principais áreas e soluções de TIC que tiveram um aumento na demanda por soluções tecnológicas: os demandantes responderam que 26,89% foram em

Infraestrutura e Sustentação de TIC; 20,17% em IOT (Internet das Coisas); 19,33% em software sob demanda; 17,23% em Ciência de Dados e Analytics; e 16,39% em Inteligência Artificial. Em ambos os cenários, observa-se um aumento na demanda por soluções digitais de TIC.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo tem o objetivo de avaliar alguns dos possíveis resultados econômicos da implantação do ecossistema 5G no setor de TIC brasileiro. A análise foi realizada a partir da perspectiva teórica de paradigmas e trajetórias tecnológicas desenvolvida pelos autores Neoschumpeterianos. Para eles, a atividade inovadora é o grande diferencial competitivo que impulsiona a economia.

Um novo paradigma tecnológico pode produzir grandes impactos macroeconômicos em termos de oferta e demanda agregada, além de contribuir para elevar a eficiência e gerar ganhos de produtividade nas mais diversas atividades econômicas. Nesse contexto, a rede 5G representa uma trajetória tecnológica baseada nos paradigmas relacionados às áreas de comunicação e informação que estão transformando diversas atividades e setores da economia.

Com alta velocidade, ampla cobertura, conectividade e baixa latência compatíveis com a fibra óptica, mas com cobertura sem fio amplamente maior e preços significativamente menores, a rede 5G tem o potencial de gerar grandes impactos econômicos.

A disseminação da rede 5G no mundo, e particularmente no Brasil, tem intensificado as demandas por novas tecnologias. Essas tecnologias visam resolver problemas produtivos em diferentes segmentos através de soluções digitais de alta performance e execução em tempo real.

Na Coreia do Sul, na Alemanha e nos Estados Unidos, o 5G já está em fase avançada de execução, o que aponta para um aumento significativo na demanda por soluções digitais. No Brasil, onde a implantação da rede 5G ainda não foi disseminada em todo o país, a percepção é semelhante. Tanto os ofertantes quanto os demandantes entrevistados acreditam que haverá um aumento significativo na demanda por soluções TICs por diversos setores de atividade.

O setor de TIC brasileiro mostrou-se robusto durante o processo de implementação do 5G, com um leilão de R\$47,2 bilhões em investimentos em infraestrutura. Apesar das dificuldades de um país em desenvolvimento, como falta de mão de obra qualificada, inflação e alta taxa de juros, o Brasil é a 9ª economia TIC global. Com mais de 135 mil empresas que representam cerca de 4% do PIB nacional, o setor deve atender parte das novas demandas do mercado brasileiro por novas soluções digitais.

Foram realizadas entrevistas com profissionais da área de TIC no Brasil para avaliar a percepção sobre a disseminação da rede 5G no setor. O objetivo foi compreender como o setor está se movimentando diante das mudanças ocasionadas pela implantação do 5G no Brasil. Os resultados mostram que mais de 80% dos profissionais entrevistados acreditam que haverá um aumento na demanda por soluções digitais TIC. Dessa demanda, 43,3% será atendida por empresas de pequeno porte. O setor do agronegócio será o maior impulsionador dessa demanda, com investimentos em infraestrutura de TI e adaptações de soluções já existentes em IoT, Big Data, Inteligência Artificial e softwares sob demanda.

Em relação às dificuldades que o setor de TIC brasileiro enfrentará na busca por inovações e construção de produtos disruptivos, quase 50% dos entrevistados apontaram que a mão de obra qualificada será o maior desafio para as empresas. Outras dificuldades incluem a falta de política e incentivo governamental, como leis de incentivo e redução tributária, política de créditos para inovação e oferta de educação técnica e acadêmica voltada ao setor. Aprofundar a pesquisa acerca de como o setor irá lidar com essas questões são sugestões de pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5G OI LAB. 5G Open Innovation Lab. **Bleeding edge to leading edge: join our new model of innovation for startups, enterprises, industries.** 2022. Disponível em: <https://www.5goilab.com/>. Acesso em: 10 fevereiro de 2023.

ANATEL. *Audiência pública sobre leilão de 5G da Anatel ocorre amanhã (12/3).* 2020. Disponível em: <<https://www.anatel.gov.br/institucional/mais-noticias/2520-audienciapublica-sobre-leilao-de-5g-anatel-ocorre-amanha-12-3>>. Acesso em: 23 de março de 2023.

BRESNAHAN, Timothy; MALERBA, Franco. Industrial Dynamics and the Evolution of Firms' and Nations' Competitive Capabilities in the World Computer Industry. In: MOWERY, D.; NELSON, R. (Eds.). *The Sources of Industrial Leadership.* Cambridge: Cambridge University Press, 1998

CÁRIO, S. A. F. ; PEREIRA, F. F. C. Inovação e desenvolvimento capitalista: referências histórica e conceitual de Schumpeter e dos neo-Schumpeterianos para uma teoria econômica dinâmica. In: VII Encontro Nacional De Economia Política, 2002, Curitiba. *Anais do VII Encontro Nacional De Economia Política - SEP.* Curitiba - PR : Universidade Federal do Paraná, 2002.

CARVALHO, M. S. R. **A trajetória da internet no Brasil: do surgimento das redes de computadores à instituição dos mecanismos de governança.** Dissertação (Mestre em Ciências de Engenharia de Sistemas e Computação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2006

CSIS. Center For Strategic and International Studies. **Accelerating 5G in the United States**. Washington: CSIS, mar. 2021. 14 p. Disponível em: <https://www.csis.org/analysis/accelerating-5g-united-states>. Acesso em: 10 abril de 2023.

DA COSTA, Achyles Barcelos. O desenvolvimento econômico na visão de Joseph Schumpeter. **Cadernos IHU Idéias**, São Leopoldo, v. 4, ed. 47, 2006. SSN: 1679-0316 Disponível em: <https://www.ihu.unisinos.br/imagens/stories/cadernos/ideias/047cadernosihuideias.pdf>. Acesso em: 21 março de 2023.

DA COSTA, Achyles Barcelos. Teoria econômica e política de inovação. **Revista de Economia Contemporânea**., Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, p. 281-307, 2016. ISSN 1980-5527 Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rec/article/view/23181/12969> Acesso em: 21 janeiro de 2023.

DELOITTE. **Relatório do Ecossistema 5G Brasil**: produto 1 - benchmarking internacional. São Paulo: Deloitte, out. 2021. 131 p. Deloitte Touche Tohmatsu Limited; Ministério da Economia; Governo Federal; Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Disponível em: <https://www2.deloitte.com/br/pt/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/5G-no-brasil.html>. Acesso em: 10 abril de 2023.

DER BUNDESVERBAND MUSIKINDUSTRIE (Alemanha). **Informações sobre o leilão de 5G na Alemanha e operadoras ganhadoras**. Disponível em: <https://www.musikindustrie.de/>. Acesso em: 13 fevereiro de 2023.

DIEGUES, Antonio Carlos e ROSELINO, José Eduardo. Dinâmica concorrencial e inovação em atividades de alta tecnologia: uma análise das indústrias de equipamentos de informática e semicondutores. **Gestão & Produção**, São Carlos, [online]. 2012, v. 19, n. 3, pp. 481-492, 2012.. ISSN 1806-9649. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000300004> Acesso em: 20 fevereiro de 2023.

DOSI, G.; NELSON, R. R. Technological paradigms and technological trajectories. *In*: AUGIER, M.; TEECE, D. J. (Eds.). **The Palgrave encyclopedia of strategic management**. Londres: Palgrave Macmillan London, 2020. p. 1-12.

DOSI, Giovanni. **Mudança técnica e transformação industrial**: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores. São Paulo: Ed. UNICAMP, 2006. 460 p. (Clássicos da Inovação).

ECKARDT, M. The Impact of ICT on Policies, Politics, and Politics – An Evolutionary Economics Approach to Information and Communication Technologies (ICT). *In*: HERBERGER, T.A., DÖTSCH, J.J. (eds). **Digitalization, Digital Transformation and Sustainability in the Global Economy**. Cham: Springer, 2021. p. 37-52.

ERNST, D. **Innovation Offshoring – Asia’s emerging role in Global Innovation Networks**. Honolulu: East-West Center, 2006. (Especial Reports, n. 10).

FARIAS, Gilberto, Francisco. **5G – Redes de comunicações móveis de quinta geração: evolução, tecnologia, aplicações e mercado.**, 2019. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4176/1/TCC_5G_GuilhermeFarias%2002.07.2019%20-%20FINAL.pdf>. Acesso em: 07 março de 2023.

FREEMAN, C; PEREZ, C. Structural crisis of adjustment: business cycles and investment behavior. In: DOSI, G. et al. (Editors). **Technical change and economic theory**. LondonLondres: Pinter Publisher, 1988.

HIBBERD, M. **5G: Evolution and revolution**. TM Forum, Abr. 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atividades Econômicas**. Comissão Nacional de Classificação. Brasília: IBGE, 2022. Disponível em: <<https://cnae.ibge.gov.br/classificacoes/correspondencias/atividades-economicas.html>>. Acesso em: 08 de abril 2023.

IBISWORLD. **Software Development in Germany: market research report**. Los Angeles: IBISWORLD, 2022. Disponível em: <https://www.ibisworld.com/germany/industry/software-development/931/>. Acesso em: 10 out. 2022.

IDC - INTERNATIONAL DATA CORPORATION. **Previsões da IDC para 2022 apontam crescimento de 8,2% para o mercado de TIC no Brasil**. IDC: Needham, 2022. Disponível em: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prLA49041022>. Acesso em: 10 março de 2023.

MAZZUCATO, Mariana. From market fixing to market-creating: a new framework for innovation policy. **Industry and Innovation**, Londres, v. 23, n. 2, p. 140-156, 2016.

NELSON, R. R.; DOSI, G. Technological Advance as an Evolutionary Process. In: Richard R. NELSON, R. R.; DOSI, G. (orgs). **Modern Evolutionary Economics: An Overview**. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. p. 35-73.

NERIS JUNIOR., Celso Pereira. *A evolução recente do setor de telefonia móvel: oportunidades e restrições para o desenvolvimento endógeno no Brasil*. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Letras, Campus de Araraquara, 2013.

NERIS, Celso; FUCIDJI, José Ricardo; GOMES, Rogério. Trajetórias tecnológicas da indústria de telefonia móvel: um exame prospectivo de tecnologias emergentes. **Economia e Sociedade**, Campinas, . 2014, v. 23, n. 2, p. 395-431, 2014., 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-06182014000200005> Acesso em: 04 de abril de 2023.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juros e o ciclo econômico**. São Paulo: Nova cultural, 1982.

SOFTEX - Associação para promoção da excelência do software brasileiro. *Indústria de software e serviços de TIC no Brasil: Caracterização e trajetória recente*. Disponível em: <https://softex.br/estudoindustriatics/> Acesso em: 31 de março de 2023.

SOUZA, Ludmilla. Indústria de Software e Serviços de TIC cresceu 6,5% em 2021: Produção brasileira foi de US\$ 53,3 bilhões. São Paulo: **Agência Brasil**, São Paulo, 19 jul. 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2022-07/industria-de-software-e-servicos-de-tic-cresceram-65-em-2021>. Acesso em: 30 março de 2023.

STATISTA. **Data Center**. 2022. Disponível em: <https://www.statista.com/outlook/tmo/data-center/worldwide?currency=usd>. Acesso em: 04 abr 2022.

SZMRECSÁNYI, Tamás (org). Economia da Inovação Tecnológica. *In: LA ROVERE, Renata Lèbre. Paradigmas e Trajetórias Tecnológicas*. São Paulo: HUCITEC/Ordem dos Economistas do Brasil, 2006.

TIGRE, Paulo Bastos. **Gestão da Inovação: Uma abordagem estratégica, organizacional e de gestão do conhecimento**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019

VIEIRA, Eduardo. **Os Bastidores da Internet no Brasil**. São Paulo:, Manole, 2003

WHITE STAR CAPITAL. **Germany Venture Capital Landscape 2020: from the eyes of an international investor**. from the eyes of an international investor. 2020. Disponível em: <https://medium.com/venture-beyond/diving-into-germanys-venture-capital-landscape-in-2020-291cf4b86f2>. Acesso em: 13 março 2023.

YOON, John. **Korean Startup Ecosystem and Blockchain in Korea**. 2021. Seoulz. Disponível em: <https://www.seoulz.com/korean-startup-ecosystem-and-blockchain-in-korea/>. Acesso em: 13 fevereiro de 2023.