



Avaliação do valor econômico
do uso não licenciado na
faixa de
6 GHz no Brasil

agosto 2020



Autores

Raúl Katz – PhD em Ciência da Administração e Ciências Políticas, e mestre em Tecnologia e Política das Comunicações – Massachusetts Institute of Technology, Maîtrise e Licenciatura – Ciência das Comunicações, Universidade de Paris, Maîtrise, Ciências Políticas – Universidade de Paris - Sorbonne. O Dr. Katz é, atualmente, Diretor de Pesquisas de Estratégia de Negócios no Columbia Institute for Tele-Information, Professor Visitante na Universidad de San Andrés (Argentina) e Presidente da Telecom Advisory Services, LLC (URL: www.teleadvs.com) Antes de fundar a Telecom Advisory Services, trabalhou por vinte anos na Booz Allen Hamilton, onde foi Diretor da Prática de Telecomunicações na América do Norte e América Latina e membro da Equipe de Liderança.

Fernando Callorda – Mestrado e Bacharelado em Economia, Universidad de San Andrés (Argentina). O Sr. Callorda é Gerente de Projetos na Telecom Advisory Services. Com formação em econometria, o Sr. Callorda realizou vários estudos sobre o impacto econômico das tecnologias digitais nos Estados Unidos, Europa, Ásia, Oriente Médio e África, os quais foram publicados pela União Internacional de Telecomunicações e em jornais acadêmicos. O Sr. Callorda é Research Fellow na Rede Nacional de Universidades Públicas (Argentina).

Telecom Advisory Services LLC (URL: www.teleadvs.com) é uma empresa de consultoria internacional registrada no estado de Nova York e presente em Nova York, Madri, Bogotá e Buenos Aires. Fundada em 2006, é especializada no desenvolvimento de estratégias de negócios e de políticas públicas para empresas digitais e de telecomunicações, governos e organizações internacionais. Entre seus clientes estão empresas líderes nos setores digital e de telecomunicações, bem como organizações internacionais como a União Internacional de Telecomunicações, o Banco Mundial, o Banco Interamericano de Desenvolvimento, o Fórum Econômico Mundial, a Comissão Econômica da ONU para a América Latina e o Caribe, CAF Banco de Desenvolvimento da América Latina, a GSMA Association, CTIA, NCTA, Cable Europe, a Wi-Fi Alliance e o FTTH Council (Europa), bem como os governos da Argentina, Colômbia, Equador, Costa Rica, México e Peru.



AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o suporte recebido de Richard Bernhardt, Conselheiro do Espectro Nacional (WISPA); Michael Calabrese, Programa para um Futuro Wireless e Research Fellow Sênior OTI (New America Foundation); Michael Daum, Diretor, Política de Tecnologia (Microsoft Corporation); Fred Goldstein, Conselheiro de Tecnologia (WISPA); Alex Jucius, Diretor Geral (Associação NEO); Chuck Lukaszewki, Vice-presidente – Estratégia e Padrão de Wireless (HP Enterprise); Giuseppe Marrara, Diretor de Relações Governamentais e Políticas Públicas – Brasil (Cisco Systems); Burhan Masood, Desenvolvimento de Negócios e Gestão de Produtos – WCC (Broadcom); Louis Peraretz, Vice-presidente, Políticas (WISPA); Chris Szymanski, Diretor – Marketing de Produtos e Relações Governamentais (Broadcom), e Ana Luiza Valadares, Diretora de Política Pública, Conectividade e Acesso – Brasil (Facebook).

Agradecemos também a ABI Research por nos ter permitido utilizar seus dados neste relatório.

Sumário Executivo



Em 6 de maio de 2020, o Conselho Diretor da ANATEL, agência reguladora brasileira, aprovou mudanças no Regulamento sobre Equipamentos de Radiocomunicação de Radiação Restrita (“RRR”), passando a permitir as chamadas operações “não licenciadas” na faixa de frequência 5.925-7.125 GHz. A área técnica da ANATEL foi ainda orientada a apresentar ao Conselho, propostas de regras técnicas para equipamentos de RRR que operem nesse intervalo de frequência¹.

O objetivo deste trabalho é determinar o valor econômico que poderá resultar de uma liberação da referida faixa para o uso não licenciado no Brasil, avaliando o impacto sobre a qualidade dos serviços, cobertura, acessibilidade, e focando em aplicações específicas e casos de uso com probabilidade de ser introduzidos na empresa e nos mercados consumidores por meio das três classes de dispositivos 6 GHz² e de normas técnicas favoráveis³.

1 Ver: <https://2pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=06/05/2020&jornal=515&pagina=13>.

2 Os Equipamentos de Radiocomunicação de Radiação Restrita são divididos em três classes: dispositivos de baixa potência usados em ambientes internos, dispositivos de potência padrão e dispositivos de potência muito baixa.

3 Normas técnicas, como quantidade de espectro permitida para uso compartilhado, limite de potência radiada, limite de densidade espectral da potência radiada e limite de emissões fora da faixa para cada classe de dispositivos, determinarão se o potencial econômico do espectro de 6 GHz poderá ser aproveitado ao máximo.

A metodologia utilizada identificou e estimou de forma independente as diferentes fontes de valor econômico, agregando-as então em um único valor (ver tabela A).

Tabela A.

Fontes de Valor da Faixa de 6 GHz no Brasil

Fonte do Valor	Contribuição para o PIB	Excedente do produtor	Excedente do consumidor
Aumento da cobertura e maior acessibilidade	Maior acessibilidade associada com a disponibilidade de banda larga e aumento no compartilhamento de acesso no setor de provedores de serviço de acesso à internet wireless (WISP)		Velocidade de acesso mais alta para assinantes de provedores de serviços de acesso à internet wireless (WISP)
Aumento da velocidade por meio da redução do congestionamento na rede Wi-Fi	Vantagens de, ao aumentar o Wi-Fi interno, eliminar-se o gargalo do roteador nas conexões de alta velocidade.		Excedente do consumidor decorrente de maior velocidade
Ampla utilização da Internet das Coisas (IoT)	Repercussões do emprego da Internet das Coisas (IoT) sobre a produtividade de setores-chave da economia brasileira (ex.: automotivo, processamento de alimentos, logística etc.)	Margens das empresas do ecossistema (Hardware, software, serviços) envolvidas no emprego de Internet das Coisas (IoT)	
Redução dos custos da empresa com tecnologia wireless		Redução dos custos do uso empresarial de comunicação wireless.	
Emprego de soluções RA/RV	Reflexos do emprego de RA/RV na economia brasileira	Margens das empresas do ecossistema envolvidas no emprego de RA/RV	
Aumento da capacidade do Wi-Fi municipal	Crescimento do PIB devido a uma maior adoção da banda larga		Excedente do consumidor resultante de taxa de download de dados mais alta, possibilitada por uma banda larga mais rápida
Implantação de Hot Spots com Wi-Fi Gratuito	Crescimento do PIB devido a uma maior adoção da banda larga		Excedente do consumidor resultante de taxa de download de dados mais alta, possibilitada por uma banda larga mais rápida
Alinhamento das decisões sobre o espectro com outras economias avançadas	Potenciais oportunidades de criar um setor de fabricação de equipamento Wi-Fi	Benefícios de economia de escala ao se alinhar o Brasil com os EUA (equipamentos mais baratos)	
Aumento da capacidade de descarregamento (off-loading) de tráfego móvel		Redução do CAPEX como resultado do descarregamento (off-loading) do tráfego de banda larga móvel wireless em hot spots de Wi-Fi de alta confiabilidade (carrier grade).	

Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

O valor econômico acumulado entre 2020 e 2030, associado com a alocação dos 1.200 MHz na faixa de 6 GHz, totaliza US\$ 112,14 bilhões em contribuição para o PIB, US\$ 30,03 bilhões em excedente do produtor para as empresas brasileiras e US\$ 21,19 bilhões em excedente do consumidor para a população brasileira (ver tabela B).

Tabela B.

Brasil: Valor econômico da alocação de 1.200 MHz na faixa de 6 GHz

(2020-2030) (em US\$ bilhões)

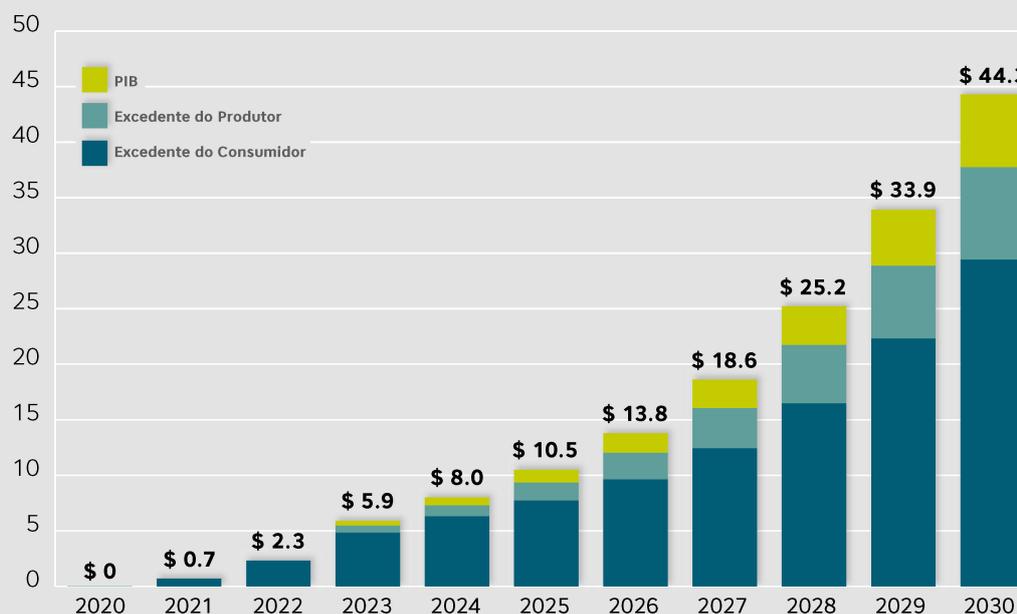
Fonte do Valor	Contribuição para o PIB	Excedente do produtor	Excedente do consumidor
Aumento da cobertura e maior acessibilidade	\$ 24.91		\$ 1.21
Aumento da velocidade por meio da redução do congestionamento na rede Wi-Fi	\$ 27.60		\$ 16.79
Ampla utilização da Internet das Coisas (IoT)	\$ 23.59	\$ 10.96	
Redução dos custos da empresa com tecnologia wireless		\$ 8.41	
Emprego de soluções RA/RV	\$ 29.84	\$ 10.22	
Aumento da capacidade do Wi-Fi municipal	\$ 4.77		\$ 0.41
Implantação de Hot Spots com Wi-Fi Gratuito	\$ 1.42		\$ 2.78
Alinhamento das decisões sobre o espectro com outras economias avançadas	Potenciais oportunidades de criar um setor de fabricação de equipamento Wi-Fi	\$ 0.44	
Aumento da capacidade de descarregamento (off-loading) de tráfego móvel		\$ 8.64 (excluído do total para evitar contagem em duplicidade)	
TOTAL	\$ 112.14	\$ 30.03	\$ 21.19

Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

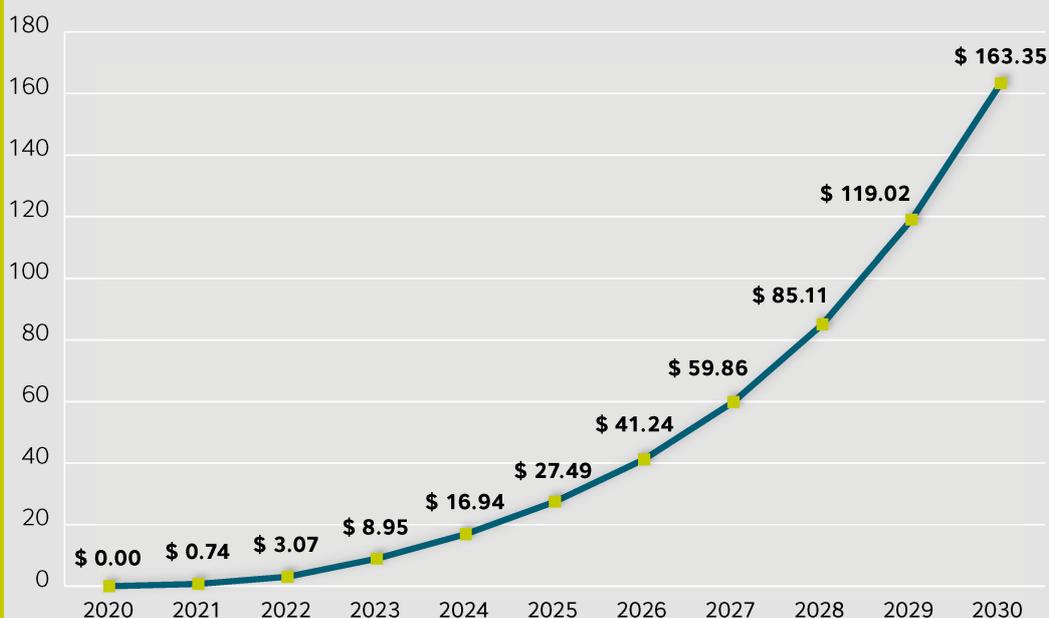
O valor econômico aumenta no decorrer do tempo acelerando significativamente ao final do período devido à capacidade da faixa de 6 GHz de alavancar o valor (ver gráfico C).

Gráfico C.
Brasil: Valor econômico da alocação de 1.200 MHz na faixa de 6 GHz
 (em US\$ bilhões)

Valor econômico anual



Valor econômico cumulativo



Fonte: Análise da Telecom Advisory Services



ÍNDICE

AGRADECIMENTOS

SUMÁRIO EXECUTIVO

1. INTRODUÇÃO

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONTEXTO

2.1. Valor intrínseco do espectro não licenciado

2.2. Decisão de designar espectro para uso não licenciado no Brasil

3. METODOLOGIA PARA A DETERMINAÇÃO DO VALOR DA AUTORIZAÇÃO DE USO NÃO LICENCIADO NA FAIXA DE 6 GHz NO BRASIL

3.1. Aumento da cobertura da banda larga e maior acessibilidade

3.2. Aumento da velocidade mediante redução do congestionamento das redes Wi-Fi

3.3. Ampla utilização da Internet das Coisas (IoT)

3.4. Redução dos custos da empresa com tecnologia wireless

3.5. Emprego de soluções RA/RV

3.6. Aumento da capacidade do Wi-Fi municipal

3.7. Implantação de pontos de Wi-Fi gratuito

3.8. Alinhamento das decisões sobre o espectro com outras economias avançadas

3.9. Aumento da capacidade de descarregamento (off-loading) de tráfego móvel

3.10. Compilação do valor econômico

4. AUMENTO DA COBERTURA DA BANDA LARGA E MAIOR ACESSIBILIDADE

4.1. Situação atual no Brasil

4.2. Aumento do excedente do consumidor para clientes de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP)

4.3. Impacto no PIB causado pelo aumento da acessibilidade financeira e da penetração da banda larga de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP)

5. AUMENTO DA VELOCIDADE MEDIANTE REDUÇÃO DO CONGESTIONAMENTO DAS REDES WI-FI

5.1. Velocidade atual da banda larga no Brasil e a importância do congestionamento da rede Wi-Fi

5.2. Contribuição da redução do congestionamento da rede Wi-Fi para o PIB

5.3. Contribuição da redução do congestionamento da rede Wi-Fi para o excedente do consumidor

- 6. AMPLA UTILIZAÇÃO DA INTERNET DAS COISAS (IOT)**
 - 6.1. A importância crítica da Internet das Coisas (IoT) no Brasil
 - 6.2. Excedente do produtor em empresas do ecossistema Internet das Coisas (IoT)
 - 6.3. Repercussão da implantação de Internet das Coisas (IoT) impulsionada pela atribuição da faixa de 6 GHz no Brasil
- 7. REDUÇÃO DOS CUSTOS DA EMPRESA COM TECNOLOGIA WIRELESS**
- 8. EMPREGO DE SOLUÇÕES RA/RV**
 - 8.1. Excedente do produtor resultante da venda de soluções relacionadas à Realidade Virtual e à Realidade Aumentada
 - 8.2. Repercussões da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada
- 9. AUMENTO DA CAPACIDADE DO WI-FI MUNICIPAL (WI-FI GRATUITO DISPONIBILIZADO PELO MUNICÍPIO)**
 - 9.1. Impacto das melhorias no Wi-Fi Municipal sobre o PIB
 - 9.2. Contribuição das melhorias no Wi-Fi Municipal para o excedente do consumidor
- 10. IMPLANTAÇÃO DE HOT SPOTS COM WI-FI GRATUITO**
 - 10.1. Impacto das melhorias em hot spots com Wi-Fi gratuito sobre o PIB
 - 10.2. Impacto das melhorias em hot spots com Wi-Fi gratuito sobre o excedente do consumidor
- 11. ALINHAMENTO DAS DECISÕES SOBRE O ESPECTRO COM OUTRAS ECONOMIAS AVANÇADAS**
- 12. AUMENTO DA CAPACIDADE DE DESCARREGAMENTO (OFF-LOADING) DE TRÁFEGO MÓVEL**
- 13. CONCLUSÕES**

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

1. INTRODUÇÃO

Em 6 de maio de 2020, o Conselho Diretor da ANATEL, agência reguladora brasileira, aprovou mudanças no Regulamento sobre Equipamentos de Radiocomunicação de Radiação Restrita ("RRR"), passando a permitir as chamadas operações "não licenciadas" na faixa de frequência 5.925-7.125 GHz. A área técnica da ANATEL foi ainda orientada a apresentar ao Conselho propostas de regras técnicas para equipamentos de RRR que operem nesse intervalo de frequência.¹ O regulador terá 90 dias para elaborar normas para a implementação da decisão, incluindo disposições sobre limites de potência aplicáveis e formas de proteger atuais titulares de espectro contra interferências prejudiciais, para as classes de dispositivos 6 GHz autorizados. A ANATEL decidiu também estender os limites de potência aplicáveis a dispositivos de curto alcance que operam na faixa de 5.150-5.350 MHz, incluindo roteadores de Wi-Fi. As normas revistas concernentes aos equipamentos de RRR entrarão em vigor a partir de setembro de 2020.

O objetivo deste trabalho é determinar o valor econômico que poderá resultar da liberação da faixa de 6 GHz para o denominado uso não licenciado no Brasil, através da avaliação do impacto sobre a qualidade dos serviços, cobertura, acessibilidade, bem como focando em aplicações específicas e em casos de uso com probabilidade de serem introduzidos na empresa e nos mercados empresariais e do consumidor.

No conjunto, a metodologia utilizada neste trabalho é semelhante à usada em nossa pesquisa feita para embasar a decisão sobre o 6 GHz nos Estados Unidos², na qual as diferentes fontes de valor econômico foram estimadas de forma independente e depois agregadas em um único valor (o que possibilitou a cumulação do impacto no PIB com os excedentes do consumidor e do produtor). Nessa mesma linha, identificamos as fontes de valor econômico, estimamos seus impactos e os agregamos.

O Capítulo 2 apresenta o contexto a fundamentação teórica nos quais se baseou a análise. O Capítulo 3 apresenta as metodologias implementadas para quantificar o valor econômico a ser gerado pela proposta sob consideração. Em seguida, os Capítulos 4 a 12 detalham a análise e os resultados de cada fonte de valor. O Capítulo 13 conclui demonstrando uma estimativa agregada do valor econômico.

¹ Ver <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=06/05/2020&jornal=515&pagina=13>.

² Ver Katz, R. (2020) *Assessing the economic value of unlicensed use in the 5.9 GHz and 6 GHz bands*. Washington, DC: Wi-Fi Forward.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONTEXTO

2.1. Valor intrínseco do espectro não licenciado

Espectros não licenciados (ou seja, não detidos por um titular de licença) existem desde a década de 1930 mas, em 1985, a Comissão Federal de Comunicações dos Estados Unidos (FCC) liberou um novo espectro para o uso não licenciado nas faixas de 902-928 MHz, 2.400-2.483.5 MHz e 5.725-5.850 MHz, levando à introdução de protocolos como dispositivos Bluetooth e Wi-Fi. Em 2003, a Conferência Mundial de Radiocomunicações da União Internacional de Telecomunicações, reconhecendo o crescente valor da tecnologia, decidiu liberar mais faixas para o uso de Wi-Fi no mundo todo. Desde então, a tecnologia Wi-Fi tem ocupado uma posição de destaque no ecossistema wireless. O sucesso de ambos os padrões levou à designação de outras faixas para o uso não licenciado nos Estados Unidos: no fim de 2008, aproximadamente 955 MHz foram alocados ao uso não licenciado abaixo de 6 GHz (as faixas mais comumente utilizadas incluíam 900 MHz, 2.4 GHz, 5.2/5.3/5.8 GHz, e acima de 60 GHz). Em 2014, o FCC designou a faixa de 5.8 GHz para aplicações não licenciadas e hoje considera complementar essa faixa, disponibilizando para o uso não licenciado os 45 MHz inferiores da faixa de 5.9 GHz. Finalmente, em 2020, o FCC alocou 1.200 MHz na faixa de 6 GHz para o uso não licenciado.

O Brasil atualmente aloca a faixa de 2.4 GHz e partes da faixa de 5 GHz, num total aproximado de 400 MHz, para o uso não licenciado, seguindo normas técnicas específicas para cada faixa. Em 6 de maio de 2020, a ANATEL aprovou o uso não licenciado do espectro na faixa de 6 GHz (5.925–7.125 MHz). Ao decidir alocar a faixa de 6 GHz para o uso não licenciado, a ANATEL está avaliando duas opções: (i) usar a faixa de 6 GHz integralmente (ou seja, alocar 1.200 MHz) para o uso não licenciado (modelo seguido pelos Estados Unidos e, potencialmente, pela Coreia), ou (ii) alocar inicialmente 500 MHz (modelo a princípio considerado pelos reguladores europeus³).

O debate sobre a forma mais eficaz de alocação de espectro de frequência tem se alongado pelos últimos cinquenta anos, principalmente desde a publicação do estudo pioneiro de Coase (1959) a respeito de gestão de espectro. Uma nova questão no debate político é a gestão de espectro não licenciado, que abarca as faixas de frequência para as quais não foram concedidas licenças exclusivas. Questões políticas essenciais vão desde se a concessão de licenças exclusivas impediriam inovações até se a determinação de espectros para o uso não licenciado reduziria a receita pública decorrente de leilões de frequências. Nesse sentido, os estudos feitos até o momento geraram contribuições muito importantes a favor do uso não licenciado (Milgrom et al, 2011; Carter, 2003; Cooper, 2011; Marcus et al, 2013; Crawford, 2011; Benkler, 2012; Calabrese, 2013). Assim, enquanto o debate tem ressaltado os diversos efeitos positivos do espectro não licenciado - como o estímulo à inovação tecnológica, o complemento das redes de telefonia celular, entre outros - só recentemente as pesquisas focaram na determinação de seu valor econômico, em particular os excedentes do produto e

³ Como os países europeus operam os serviços considerados críticos na parte superior da faixa de 6 GHz, o objetivo é mostrar o valor do Wi-Fi na parte inferior e depois avaliar a parte superior.

do consumidor obtidos ao não se alocar parte do espectro, e sua contribuição para o PIB⁴. Parte da dificuldade em determinar o valor do espectro não licenciado reside no fato de que, ao contrário do espectro licenciado utilizado por poucos serviços homogêneos, as faixas não licenciadas proporcionam um ambiente para uso de vários serviços e dispositivos heterogêneos. Ainda, tendo em vista a complementaridade entre as aplicações que utilizam espectro licenciado e as que utilizam o espectro não licenciado, a estimativa do valor da parte não licenciada é de grande importância. Não obstante, um debate político fundamentado requer a quantificação criteriosa do valor econômico do espectro não licenciado.

Em 2009, Richard Thanki produziu o primeiro estudo determinando o valor econômico do espectro não licenciado, estimando que as três principais aplicações nos Estados Unidos (Wi-Fi residencial, Wi-Fi em hospitais e sistema RFID em lojas de roupas) geravam valores entre \$16 bilhões e \$36,8 bilhões. À época, o autor admitiu que essas estimativas consideravam apenas uma fração do valor econômico⁵ sendo, portanto, muito conservadoras. Dois anos depois, Milgrom et al. (2011) confirmaram os números de Thanki, mas forneceram estimativas adicionais referentes a outras aplicações. Por exemplo, os autores estimaram o valor econômico do iPad da Apple, dispositivo muito associado ao uso de Wi-Fi, em \$15 bilhões. Também quantificaram, apenas para os Estados Unidos, outros benefícios, tais como o descarregamento (off-loading) de tráfego do celular (móvel) por Wi-Fi (\$25 bilhões) e o valor de taxas mais altas de transferência de dados de celulares com o uso de Wi-Fi (\$12 bilhões). Finalmente, citaram outros benefícios não quantificados, tais como o uso de dispositivos que só operam com Wi-Fi e futuras aplicações como o Super Wi-Fi e a Infraestrutura Avançada de Medição. Após um ano, Thanki realizou um novo estudo, refinando sua estimativa para o Wi-Fi residencial e quantificando outros benefícios do espectro não licenciado. Ele avaliou o excedente do consumidor do Wi-Fi residencial entre \$118 e \$225 anuais para cada residência (um total de \$15,5 bilhões para os Estados Unidos). Além disso, aumentando a abrangência inicial dos benefícios, avaliou o excedente do produtor decorrente da economia da operadora devida ao descarregamento (off-loading) de tráfego de Wi-Fi (\$8,5 bilhões nos Estados Unidos). Finalmente, estimou o valor gerado pela maior acessibilidade (estimativa que focou principalmente em mercados emergentes) e mencionou potenciais benefícios relacionados a inovações e ao uso de Provedores de Serviços de Internet Wireless. No mesmo ano, Cooper (2012) calculou o valor econômico, estimando o número de estações rádio base nas quais a indústria de wireless evitaria investir, devido ao descarregamento (off-loading) do tráfego nos hot spots de Wi-Fi de alta confiabilidade (carrier grade) (130.000), o que resultaria em uma economia anual de \$26 bilhões. Na mesma linha, o autor do presente trabalho tem desenvolvido vários estudos examinando o valor econômico do espectro não licenciado para diferentes faixas de frequência nos Estados Unidos (Katz, 2014a, 2014b, 2018, 2020) e em outras economias avançadas (Katz et al., 2018).

⁴ O acima exposto vai no sentido contrário do estudo sobre a avaliação do bem-estar do consumidor decorrente do uso de espectro licenciado, o qual tem sido comumente realizado, dada a disponibilidade de dados de leilões e de séries de consumo (ver Hazlett (2005): Hausman, 1997).

⁵ Thanki estimou que as três aplicações representavam 15% dos chipsets wireless operando em frequências não licenciadas, a serem embarcados nos EUA em 2014.

No geral, são convincentes as evidências da capacidade de o espectro não licenciado possibilitar o uso de inúmeras aplicações, serviços e dispositivos (ver tabela 2-1):

Tabela 2-1. Espectro Não Licenciado: Padrões e tecnologias complementares habilitadas

Padrões	Faixas de frequência	Alcance Geográfico	Taxa de transferência de dados	Dispositivos e aplicações
Wi-Fi (802.11b, 802.11ax)	<ul style="list-style-type: none"> • 2.4 GHz • 3.6 GHz • 5 GHz • 6 GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • ambiente interno: 38 metros • ambiente externo: 125 metros 	<ul style="list-style-type: none"> • Até 1.200 Mbps 	<ul style="list-style-type: none"> • Computadores, Impressoras, scanners, tablets • Celulares, scanners • Dispositivos de RA/RV
Bluetooth (802.15.1)	<ul style="list-style-type: none"> • 2.4 GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • De curto alcance em ambientes internos 	<ul style="list-style-type: none"> • 1-3 Mbps 	<ul style="list-style-type: none"> • Fones de ouvido, redes de PC • Leitores de códigos de barra • Máquinas de cartão de crédito
ZigBee (802.15.4)	<ul style="list-style-type: none"> • 915 MHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 75 metros 	<ul style="list-style-type: none"> • 250 Kbps 	<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores de luz wireless • Medidores elétricos domésticos inteligentes • Sistemas de gestão de tráfego
Wireless HART (802.15.4)	<ul style="list-style-type: none"> • 2.4 GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • ambiente interno: 60 -100 metros • ambiente externo: 250 metros 	<ul style="list-style-type: none"> • 250 Kbps 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamento e monitoramento do processo • Monitoramento ambiental, gestão de energia • Gestão de ativos, manutenção preditiva, diagnósticos avançados
HD wireless	<ul style="list-style-type: none"> • 60 GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 30 pés 	<ul style="list-style-type: none"> • 28 Gbps 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos eletrônicos de consumo de Alta Definição
WiGig (802.11ad)	<ul style="list-style-type: none"> • 60 GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 5 -10 metros 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 Gbps 	<ul style="list-style-type: none"> • Smartphones, Tablets, Docking stations • PCs & Periféricos, TV & Periféricos • Câmeras Digitais, Filmadoras
RFID	<ul style="list-style-type: none"> • 50-500 KHz • 13.56 MHz • 0.9 a 2.5 GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • Até 29 polegadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Somente leitura: 8.75 kbps • Leitura ativa e gravação: 3 kbps 	<ul style="list-style-type: none"> • Rastreamento de ativos • Rastreamento na pecuária, pagamentos com cartão de crédito • Pagamentos de pedágio • Gestão da cadeia de fornecimento

Fonte: Compilado por Telecom Advisory Services

O valor econômico gerado pelo uso do espectro não licenciado pode ser categorizado em quatro dimensões:

- **Tecnologias de celular e telefone fixo complementares:** Uma tecnologia complementar é um recurso que, devido a seus pontos fortes intrínsecos, compensa as limitações de outra tecnologia. No caso da gestão de espectro, faixas de frequência não licenciadas podem aumentar a eficácia de dispositivos que operam em espectros licenciados. Por exemplo, estações base de Wi-Fi que operem em faixas não licenciadas podem aumentar o valor das redes de telefonia celular ao permitir que dispositivos wireless façam a transição para pontos de acesso de Wi-Fi, reduzindo assim o custo do acesso por banda larga e aumentando a taxa de velocidade de acesso. Consumidores que acessem a Internet dentro de uma zona de Wi-Fi podem reduzir seus custos de acesso desabilitando seu serviço de banda larga móvel. Também podem ter mais velocidade de acesso, uma vez que a taxa de transferência em zonas

de Wi-Fi é geralmente mais alta que a disponibilizada pela tecnologia de celular (embora o 5G venha diminuindo essa diferença).

Operadoras móveis também podem reduzir suas despesas de capital ao complementar suas redes de telefonia celular com pontos de acesso de Wi-Fi de alta confiabilidade (carrier grade), os quais, tendo capacidade similar, são consideravelmente menos caros que os equipamentos de telefonia celular. Além de reduzir as despesas, podem oferecer serviço de acesso rápido sem ter que lidar com o desafio de um congestionamento na estação de base. Finalmente, as operadoras de telefonia celular desfrutam de benefícios ao evitar CAPEX, pois uma parte do tráfego é descarregado (off-loaded) por Wi-Fi residencial ou redes corporativas.

- **Desenvolvimento de tecnologias alternativas, ampliando as opções do consumidor:** Além de complementar as redes de telefonia celular, o espectro não licenciado pode fornecer o ambiente necessário para operar tecnologias que substituam o uso licenciado, disponibilizando assim aos consumidores uma maior gama de opções. Ao limitar a potência e se basear em espectros com baixa propagação, as faixas não licenciadas evitam interferências, o que torna irrelevante a questão de direitos de propriedade. De fato, algumas das inovações mais importantes na comunicação wireless estão vinculadas ao Wi-Fi para obtenção de acesso, o que é particularmente significativo na faixa de 6 GHz para o desenvolvimento de dispositivos de Potência Muito Baixa.
- **Suporte a modelos de negócios inovadores:** Ao disponibilizar opções de serviços adicionais para os consumidores, o espectro não licenciado também favorece o desenvolvimento de modelos de negócios inovadores. A relação de causalidade entre o espectro não licenciado e a inovação ocorre em vários níveis. Primeiro, empresas desenvolvedoras de novas aplicações para um ambiente de espectro não licenciado, não precisam da aprovação das operadoras de telefonia celular. Por outro lado, uma empresa que tente desenvolver um produto que opere em um espectro licenciado a alguns titulares exclusivos, depara-se com questões de "falha de coordenação" (Milgrom et al., 2011). Nesse sentido, se o produto requer a aceitação e coordenação de vários titulares de licença (ou seja, várias operadoras de telefonia celular), a empresa inovadora precisa negociar com cada um (a menos que prefira restringir o seu alcance no mercado).
- **Ampliação do acesso aos serviços de comunicação:** Além das aplicações acima mencionadas, as tecnologias que operam no espectro não licenciado podem transpor o abismo digital da cobertura de banda larga. Maiores desenvolvimentos nas áreas de sensoriamento de espectro, acesso dinâmico ao espectro e técnicas de geolocalização (Stevenson et al., 2009) melhoraram a qualidade de serviços wireless baseados em tecnologias de espectro não licenciado, estendendo significativamente o alcance geográfico do padrão convencional 802.11 e disponibilizando o acesso econômico em zonas rurais. Essa última dimensão será particularmente crítica para o Brasil.

2.2. Decisão de designar espectro para uso não licenciado no Brasil

Conforme mencionado, em 6 de maio de 2020 a ANATEL aprovou o uso não licenciado de espectro na faixa de 6 GHz (5.925-7.125 MHz). Ao decidir alocar a faixa de 6 GHz para o uso não licenciado, a ANATEL avalia duas opções: (i) usar a faixa de 6 GHz integralmente (ou seja, alocar 1.200 MHz) para o uso não licenciado (modelo seguido pelos Estados Unidos e, potencialmente, pela Coreia), ou (ii) alocar inicialmente 500 MHz (modelo europeu).

O modelo dos Estados Unidos

Em outubro de 2018, o FCC apresentou uma Notificação de Projeto de Regulamentação (NPRM) recomendando a liberação da faixa de 6 GHz para operações não licenciadas. Em particular, a Comissão buscava comentários⁶ à sua proposta de liberar a totalidade dos 1.200 MHz da faixa (5.925-7.125 GHz) para dispositivos não licenciados. O FCC considerou duas classes de dispositivos:

- Pontos de acesso de potência padrão: Nas sub-faixas de 5.925-6.425 GHz e 6.525-6.875 GHz, pontos de acesso não licenciados poderiam fazer transmissão tanto em ambientes internos como externos, controlados por um sistema automatizado de coordenação de frequências, aos níveis de potência atualmente permitidos na faixa de 5 GHz.
- Dispositivos de Baixa Potência para Uso em Ambientes Internos (LPI) (restritos a uso interno), que operem com potência aproximadamente quatro vezes menor que o Wi-Fi padrão, não devem ser à prova de exposição ao clima, devem ter a tomada conectada à parede e ser autorizados a usar somente 1/4 da potência do Wi-Fi de potência padrão (ou seja, 250 miliwatts de potência conduzida), o que os desobriga de ter a frequência coordenada. Essa é a descrição mais próxima do Wi-Fi atual.

Em abril de 2020, a Comissão Federal de Comunicações dos Estados Unidos aprovou por unanimidade que as duas classes de dispositivos não licenciados pudessem operar na faixa de 6 GHz. Dispositivos de baixa potência para uso em ambiente interno foram autorizados a operar nos 1.200 MHz, e pontos de acesso de potência padrão a operar nos 850 MHz das sub-faixas descritas acima. Como resultado, a capacidade disponível para Wi-Fi quadruplicou. A maior capacidade disponível nos 6 GHz sugere que a velocidade efetiva dos sinais será maior do que a atual nas faixas de 2.4 e 5 GHz. Um smartphone compatível com Wi-Fi 6E poderia alcançar um ou dois Gbps ao utilizar o canal 160 MHz. Nessa configuração roteadores têm acesso a sete novos canais 160 MHz.

A Comissão Federal de Comunicações, ao decidir pela permissão de dispositivos de potência baixa e potência padrão para uso em ambiente interno, propôs também uma terceira categoria de equipamento de RRR para 6 GHz - dispositivo de Potência Muito Baixa (VLP). Esse equipamento foi autorizado para níveis de potência 160 vezes menores que o Wi-Fi de potência padrão, podendo ser usado em ambientes internos ou externos, em determinadas sub-faixas, sem necessidade de coordenação de frequência, uma vez que operarão com

⁶ 6 GHz Notificação de Projeto de Regulamentação (NPRM).

potência 60 vezes menor que o Wi-Fi de potência padrão. Esses dispositivos VLP são capazes de operar usando vários canais extremamente largos (160 MHz) com latência de sub-milissegundos. A categoria inclui fones de RA/RV, Streaming de Vídeos de Ultra-Alta Definição, compartilhamento de conexão móvel⁷ (tethering) de alta velocidade (relógios, ear pods) ou dispositivos de entretenimento em automóveis.

O modelo coreano

Em junho de 2020, o Ministro da Ciência e ICT (MSICT) da Coreia do Sul emitiu para consulta pública uma proposta de "aditivo aos padrões técnicos"⁸. Espera-se uma decisão ainda este ano sobre a liberação de toda a faixa de 6 GHz - ou seja, de 5.925-7.125 MHz - para operações em ambiente interno, a partir de setembro de 2020, e para ambiente externo, em 2022⁹. Para a Coreia, esse será o primeiro upgrade nas frequências de Wi-Fi em dezesseis anos.¹⁰

O modelo europeu

Enquanto consultas similares referentes à alocação da faixa de 6 GHz estão em curso nos Países da Europa Central, a OFCOM já tomou uma decisão para a Grã Bretanha. No entanto, em vez de liberar toda a faixa, a abordagem da Europa considera apenas os 500 MHz inferiores. A OFCOM alocou a parte inferior da faixa de 6 GHz (5.925-6.425 MHz) para o uso não licenciado, o qual suporta conexão Wi-Fi, em ambiente interno, e cobertura e hand-off de tráfego limitados, em ambiente externo¹¹. A faixa inferior, adjacente à faixa 5 GHz hoje utilizada, tem características semelhantes quanto à propagação de meio alcance e oferece canais largos e não sobrepostos. A OFCOM estima que essa faixa, combinada com a frequência atualmente utilizada de 2.4 GHz e 5 GHz, pode suportar entre 200 e 400 dispositivos de clientes por ponto de acesso e, teoricamente, uma taxa máxima de transferência de dados de 6.6 Gbps. Em 24 de julho de 2020 a OFCOM tomou a decisão final de, a princípio, disponibilizar 500 MHz pra o uso não licenciado de potência baixa em ambiente interno, e de potência muito baixa em ambiente externo¹². O propósito de limitar a alocação a 500 MHz é de mostrar, inicialmente, que o Wi-Fi pode se beneficiar da parte inferior da faixa, para então examinar a parte superior¹³. Nas palavras da OFCOM, "continuaremos a analisar a utilização da parte superior da faixa de 6 GHz para determinar o seu uso de forma otimizada."¹⁴

⁷ Notificação FCC *ex parte* por parte de Apple Inc., Broadcom Inc., Facebook Inc., Google LLC, Hewlett Packard Enterprise, Intel Corp., Marvell Semiconductor Inc., Microsoft Corporation, Qualcomm Incorporated (2 de julho de 2019).

⁸ Hetting, C. (2020). "South Korea could become Asia's first 6 GHz nation". *Wi-Fi News* (27 de junho).

⁹ Yonhap (2020). "Unlicensed frequency band to boost Wi-Fi speed, smart factory penetration: ministry", *The Korea Herald*, (27 de junho).

¹⁰ Hetting, C. (2020). "South Korea could become Asia's first 6 GHz Wi-Fi nation". *Wi-Fi Now* (27 de junho).

¹¹ Blackman, J. (2020). "UK to release 6 GHz and 100 GHz spectrum for Wi-Fi in smart homes, offices, factories". *Enterprise IoT insights* (27 de janeiro).

¹² OFCOM (2020). *Declaração: melhoria no acesso a espectro para wi-fi - uso de espectro nas faixas de 5 e 6 GHz* (24 de julho).

¹³ Ebbecke, Ph. (2019). *Road to 6 GHz in Europe*. Apresentação para o WLPC Praga 2019.

¹⁴ OFCOM (2020). *Improving spectrum access for Wi-Fi*. Londres, p.21.

Ainda, em resposta a uma requisição da Comissão Europeia para o exame do espectro entre 5.925 e 6.425 MHz, o CEPT (*Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications*) emitiu relatório técnico referente à viabilidade de Wi-Fi na faixa de 6 GHz¹⁵. A finalidade é desenvolver uma abordagem harmonizada para os 48 países da CEPT que inclui, além dos 28 países da UE, Suíça, Turquia e Rússia, entre outros. Nesse caso, os roteadores terão acesso a três canais 160 Mbps. As razões subjacentes para o exame apenas da faixa de 5.925 a 6.425 (500MHz) é que os países europeus têm serviços críticos na parte superior da faixa de 6 GHz (ex.: grande número de serviços fixos ponto a ponto, comunicações Terra-espaço, sistemas inteligentes de tráfego rodoviário e controle de trem por comunicação, além de algumas zonas de radioastronomia).

¹⁵ Hetting, C. (2019). "Europe's process to release 6 GHz spectrum to Wi-Fi on track, expert says", *Wi-Fi Now* (2 de junho).

3. METODOLOGIA PARA A DETERMINAÇÃO DO VALOR DA AUTORIZAÇÃO DE USO NÃO LICENCIADO NA FAIXA DE 6 GHz NO BRASIL

O objetivo deste trabalho é determinar o valor econômico que poderia resultar da autorização do uso não licenciado da faixa de 6 GHz no Brasil. Nossa abordagem para medir o valor econômico do espectro não licenciado foca primeiramente no novo crescimento econômico, possibilitado pelos canais adicionais no espectro não licenciado da faixa de 6 GHz. Ao incluir a avaliação da contribuição para o PIB, acompanhamos Greenstein et al. (2010) e estudos anteriores, os quais mediram o ganho econômico decorrente de novos produtos. Para medir a contribuição direta ao PIB, consideramos estritamente as receitas adicionais que ultrapassam as receitas que seriam obtidas caso o espectro não alocado tivesse sido licenciado.

Além da contribuição para o PIB, também incluímos nesta análise a medida do excedente econômico desencadeado pela adoção das tecnologias operando nas faixas de rede não licenciada. Essa abordagem se baseia no pressuposto de que o recurso de espectro não licenciado gera uma mudança tanto nas curvas de demanda e oferta, resultante de alterações na função de produção dos serviços, como na correspondente disposição de pagar. Quanto à oferta, a abordagem mede as mudanças no valor dos insumos, na produção de equipamentos de comunicação wireless. O exemplo mais óbvio é se o Wi-Fi, habilitado por espectro não licenciado, representa um contribuição positiva no CAPEX e OPEX das operadoras de wireless, na medida em que podem controlar seus gastos enquanto atendem às demandas do tráfego wireless intensificado. Do ponto de vista da teoria econômica, a indústria de wireless pode aumentar sua produção, obtendo um ganho marginal que excede o custo marginal. Isso resulta em uma mudança na curva de oferta mediante alteração dos custos de produção. Para quantificar o excedente incremental decorrente da adoção de tecnologias que operam na faixa de 6 GHz, especificamos o número de tecnologias e aplicações intrinsecamente vinculadas a esse ambiente. Complementamos o conceito de excedente do produtor com uma análise do excedente do consumidor. O valor econômico foi estimado para os anos de 2020 a 2030.

No conjunto, a metodologia utilizada neste trabalho é semelhante à usada pelo autor em estudos anteriores¹⁶, nos quais as diferentes fontes de valor econômico foram estimadas de forma independente e depois agregadas em um único valor (o que possibilitou a cumulação do impacto no PIB com os excedentes do consumidor e do produtor¹⁷). Nessa mesma linha,

¹⁶ Katz, R. (2014a). Avaliação do valor econômico do espectro não licenciado nos Estados Unidos. Nova York: Telecom Advisory Services. Katz, R. (2014b). Avaliação do valor econômico futuro do espectro não licenciado no Estados Unidos. Nova York: Telecom Advisory Services. Katz, R. (2018). Avaliação feita em 2017 quanto ao valor econômico atual e futuro do espectro não licenciado. Washington, DC: Wi-Fi Forward. Katz, R. (2018). O valor econômico global do Wi-Fi 2018-2023 Nova York: Telecom Advisory Services. Katz, R. (2020). Avaliação do valor econômico do uso não licenciado nas faixas de 5.9 GHz e 6 GHz. Washington, DC: Wi-Fi Forward.

¹⁷ Consideramos que cumular o efeito do PIB e o excedente do produtor nas vendas de equipamentos é razoável, tendo em vista que, em nossos modelos baseados em dados históricos, o impacto no PIB é fundamentalmente atribuído ao aumento da velocidade e não ao excedente do produtor, e decorrente das vendas de equipamentos impulsionadas por nova alocação de espectro não licenciado. Por outro lado, as operadoras de wireless tem obtido, faz algum tempo, economia no CAPEX por meio do descarregamento (off-loading) de tráfego por Wi-Fi, que poderia ser incluída nos modelos das estimativas de PIB. Portanto, neste

identificamos as fontes de valor econômico, estimamos seus impactos e os combinamos no agregado. A área de impacto de cada fonte de valor é variável (ver tabela 3-1).

Tabela 3-1. Fontes de Valor da Faixa de 6 GHz no Brasil

Fonte do Valor	Contribuição para o PIB	Excedente do Produtor	Excedente do Consumidor
Aumento da cobertura e maior acessibilidade	Maior acessibilidade associada com a disponibilização de banda larga e o aumento de acesso compartilhado no setor por provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP)		Velocidade de acesso mais alta para assinantes de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP)
Aumento da velocidade por meio da redução do congestionamento na rede Wi-Fi	Vantagens de, ao aumentar o Wi-Fi interno, eliminar-se o gargalo do roteador nas conexões de alta velocidade.		Excedente do consumidor decorrente de maior velocidade
Ampla utilização da Internet das Coisas (IoT)	Repercussões do emprego da Internet das Coisas (IoT) sobre a produtividade de setores-chave da economia brasileira (ex.: automotivo, processamento de alimentos, logística, etc.)	Margens das empresas do ecossistema (Hardware, software, serviços) envolvidas no emprego de Internet das Coisas (IoT)	
Redução dos custos da empresa com tecnologia wireless		Redução dos custos do uso empresarial de comunicação wireless.	
Emprego de soluções RA/RV	Reflexos do emprego de RA/RV na economia brasileira	Margens das empresas do ecossistema envolvidas no emprego de RA/RV	
Aumento da capacidade do Wi-Fi municipal	Crescimento do PIB devido a uma maior adoção da banda larga		Excedente do consumidor resultante de taxa de download de dados mais alta, possibilitada por uma banda larga mais rápida
Implantação de Hot Spots com Wi-Fi Gratuito	Crescimento do PIB devido a uma maior adoção da banda larga		Excedente do consumidor resultante de taxa de download de dados mais alta, possibilitada por uma banda larga mais rápida
Alinhamento das decisões sobre o espectro com outras economias avançadas	Potenciais oportunidades de criar um setor de fabricação de equipamento Wi-Fi	Benefícios de economia de escala ao se alinhar o Brasil com os EUA (equipamentos mais baratos)	
Aumento da capacidade de descarregamento (off-loading) de tráfego móvel		Redução do CAPEX como resultado do descarregamento (off-loading) do tráfego de banda larga móvel em hot spots de Wi-Fi de alta confiabilidade (carrier grade).	

Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

caso em particular, o efeito decorrente da economia no CAPEX serão excluídos do total para evitar contagem em duplicidade.

3.1. Aumento da cobertura da banda larga e maior acessibilidade

Esta análise pretende estimar o impacto da decisão sobre o 6 GHz na indústria de tecnologia wireless ISP (WISP) no Brasil. Respondendo por 1,9 milhões de linhas, os provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) representam uma contribuição crítica no enfrentamento do persistente abismo digital do país. Estima-se que, no Brasil, a adoção de internet tenha alcançado 75%¹⁸, a porcentagem de assinantes exclusivamente de banda larga móvel tenha atingido 61,60%¹⁹ e a adoção de banda larga fixa corresponda a 46,35% das residências²⁰. Pessoas que não adotaram a banda larga fazem parte, conforme esperado, da população de baixa renda de áreas urbanas e rurais. Como mostrado no capítulo 4, provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) tendem a focar primeiramente na população vulnerável e parte de seus serviços são prestados nas municipalidades rurais. Nesse sentido, torna-se crítico entender como essas empresas poderiam se beneficiar da alocação do 6 GHz. Contextualizando, a associação dos provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) nos Estados Unidos foi parte relevante, ao apoiar a FCC na sua decisão de alocar o espectro de 6 GHz²¹. Esse fato foi reconhecido pela ANATEL²², embora as especificidades do contexto brasileiro tornem ainda mais importantes os benefícios da faixa de 6 GHz para os provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) do país.

Para referência, a arquitetura de rede de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) é composta pelo backhaul (baseado em fibra ótica ou em microondas) que liga o ponto de presença de internet aos pontos de acesso local. Cada ponto de acesso depende de tecnologia Wi-Fi para fornecer serviço de banda larga aos consumidores (ver figura 3-1).

¹⁸ Estimativa para 2020 a partir de dados do ITU.

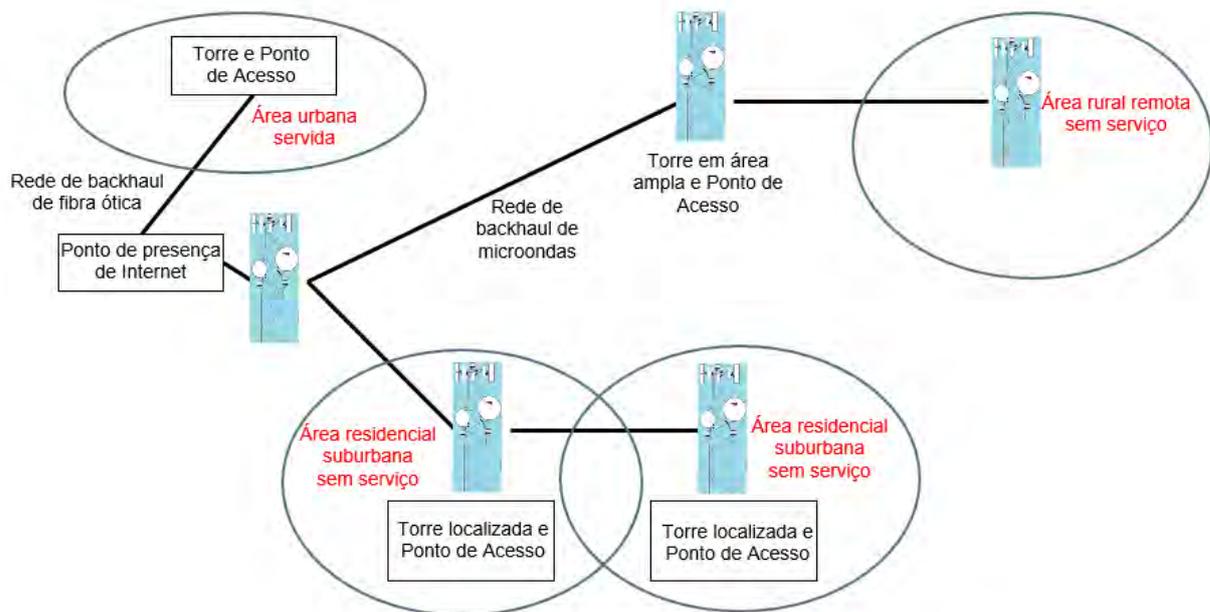
¹⁹ GSMA Intelligence (2020).

²⁰ CGI.br/NIC.br, Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros - TIC Domicílios 2019.

²¹ WISPA (2020). *Carta aos Comissários da FCC* (5 de março).

²² Ver ANATEL. ANALISE 29/2020/CB. Art. 4.45: “a disponibilização da faixa de 6 GHz para uso não licenciado por aplicações de Wi-Fi 6 parte da expectativa do órgão regulador norte-americano de que o Wi-Fi: (i) permita a realização de políticas públicas de expansão de cobertura de banda larga, especialmente em áreas rurais; e, (ii) seja indutor do surgimento de tecnologias e serviços inovadores, que demandarão alternativas de conectividade de baixo custo, com redução dos níveis de latência e incremento das velocidades de conexão.”

Figura 3-1. Arquitetura de Redes Wireless

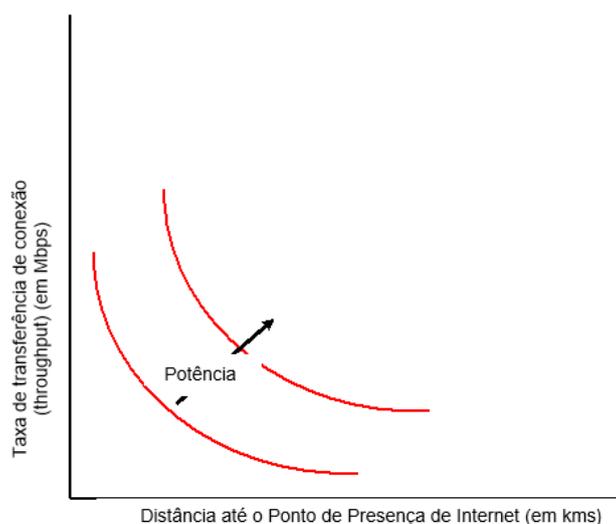


Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

Acesso ao espectro de banda 6 GHz poderia ter impacto nos negócios de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) em quatro níveis:

- **Ampliação da capacidade de backhaul ponto a ponto baseada em micro-ondas, que permite aos provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) aumentar a cobertura:** o link entre pontos de acesso é geralmente feito através de micro-ondas que, nas atuais condições de uso do espectro, deixam as faixas muito congestionadas, com maior interferência. Atualmente, a maior parte dos provedores (WISP) depende de espectro não licenciado nas faixas de 2.4 e 5.8 GHz para fins de backhaul. No Brasil, o espectro entre 5.925-7.075 MHz está atualmente alocado apenas a serviço fixo (links) e serviço fixo por satélite, o que significa que, sob alocação 6 GHz, os provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) poderiam operar em toda a faixa, gerando assim maior potência para links ponto a ponto. Mudando os links de backhaul para 6 GHz sem limitação de potência irradiada, os provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) poderiam estender o backhaul a áreas ainda mais remotas. Um benefício crucial desta mudança é permitir que os WISPs penetrem mais áreas rurais, atendendo, assim, a parte do abismo digital. Em 2020, a cobertura de 4G alcança 95% da população brasileira, deixando 10.568.000 brasileiros sem serviço de banda larga celular. Conforme estimado, a distância em que os provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) poderiam estender seu backhaul é função da perda no caminho (path loss) e tem impacto na velocidade a ser entregue ao consumidor. Nessa linha, quanto maior a potência a ser disponibilizada, menor a perda no caminho (path loss) (ver gráfico conceitual 3-1).

Gráfico 3-1. Distância de backhaul ponto a ponto



Nota: esta relação assume espaço livre de perda no caminho (path loss) sem obstruções.

Fonte: *Análise da Telecom Advisory Services*

Além de estender seus links de backhaul ponto a ponto, tendo o amplo espectro 6 GHz disponível, diferentes provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) poderiam operar em áreas similares com pequeno risco de interferência, ou atender a comunidades específicas.

- **Aumento na velocidade para atuais assinantes:** espera-se um benefício para o bem-estar dos consumidores dos provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) com a alocação 6 GHz e o consequente aumento de desempenho dos pontos de acesso, o que gerará serviço mais rápido. Isso será materializado em termos de aumento de velocidade. Além do benefício para a atual base de assinantes, o aumento na taxa de transmissão (throughput) proporciona uso mais eficiente da infraestrutura para compartilhamento de linhas entre consumidores, uma característica muito popular entre os assinantes dos provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) no Brasil (ver abaixo).
- **Aumento de cobertura por ponto de acesso:** sob uso do espectro 2.4 GHz e 5.8 GHz, as áreas servidas pelos provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) variam entre 3,5km em áreas urbanas a 12km em áreas rurais. A cobertura é função da frequência e potência do espectro (quanto maior a frequência, maior a perda no caminho (path loss), que é compensada por um aumento na potência). É possível ganhar um aumento de cobertura sob o subsídio de potência padrão através de canais de ligação (bonding channels) (uma tecnologia ainda não usada com frequência pelos provedores (WISPs)) disponível pela alocação 6 GHz.
- **Maior capacidade por ponto de acesso:** Conforme citado em entrevistas, provedores de serviços de acesso à internet (ISPs) brasileiros no geral atendem atualmente a 50 assinantes por canal de 20 Mbps. O uso da parte inferior do canal 6 GHz permitiria que os provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) aumentassem o

número de assinantes atendidos por ponto de acesso, particularmente em áreas próximas. A OFCOM estima que a cumulação de 2.4, 5.8 e 6 GHz poderia aumentar o número de assinantes por ponto de acesso para, no mínimo, 200.

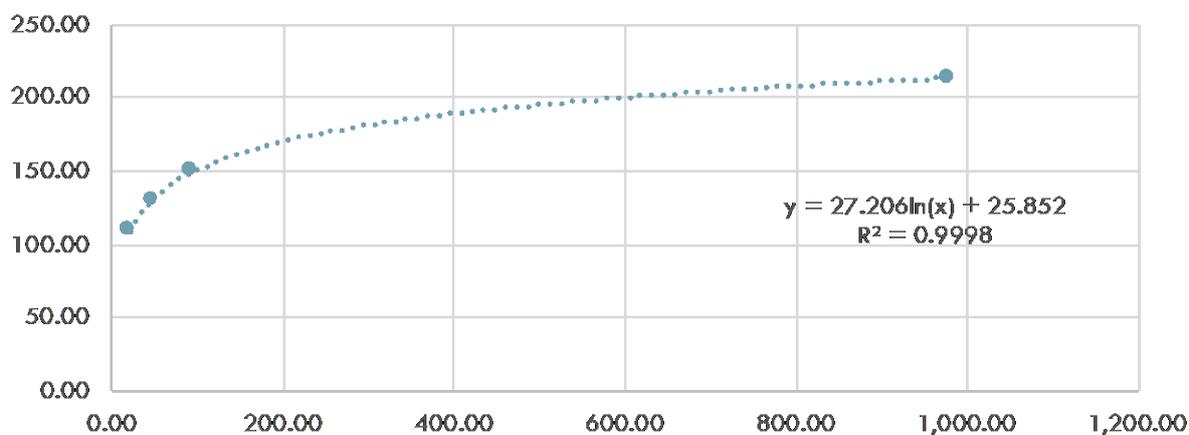
Contribuição para o excedente do consumidor como resultado do aumento na velocidade de banda larga

Excedente do consumidor é definido como o valor que os consumidores recebem pela compra de um produto por preço menor do que eles estariam dispostos a pagar. Anteriormente, Rosston et. al. (2010) notaram que, além dos benefícios que os consumidores recebem pela adoção de banda larga (acesso rápido a maior volume de informações para serviços de aprendizagem e saúde, acesso ao maior portal mundial de serviços sociais e de entretenimento e potencial de economizar em compras online), deve-se também considerar as preferências do consumidor e os benefícios recebidos pela natureza do serviço, o que inclui velocidade de acesso e confiabilidade.

A maioria dos estudos de excedente do consumidor derivado de maior velocidade de banda larga baseia-se em pesquisa primária, na qual usuários estipulam o valor que estariam dispostos a pagar pelo serviço de banda larga (Savage et al. (2004); Greenstein and McDewitt (2011); Liu et al. (2017)). Todos os estudos sobre excedente do consumidor focam na avaliação de como os consumidores dos Estados Unidos reagem a variações de preços conforme seus usos de dados. Por exemplo, Nevo et al. (2015) estudou o uso da Internet hora a hora por 55.000 assinantes dos Estados Unidos diante de diferentes cronogramas de preços. Eles concluíram que o excedente do consumidor por velocidade é heterogêneo. Os consumidores pagarão entre U\$ 0 e U\$ 5 por mês por um aumento de 1 Mbps na velocidade de conexão, pagando, em média, U\$ 2.²³ Ainda, eles estipularam que, com a disponibilidade de mais conteúdo e aplicativos, os consumidores provavelmente aumentarão seu uso, implicando numa maior economia de tempo e maior disposição a pagar pela velocidade. Na época do estudo, o aumento na disposição de pagar nas altas velocidades caiu aproximadamente U\$ 0,11 por Mbps. Isso foi confirmado por um estudo mais recente. Liu et al. (2017) conduziram duas pesquisas nacionais de escolha discreta com consumidores dos Estados Unidos, para mensurar a disposição das residências em pagar por mudanças de preço, limites de dados e velocidade. Os autores concluíram que a valorização da largura de banda é altamente côncava, tendo menor valor agregado acima de 100 Mbps (ver Gráfico 3-1).

²³ A heterogeneidade da disposição em pagar pela banda larga também foi ressaltada por Rosston et. al. (2010).

Gráfico 3-1. Curva logarítmica da relação entre velocidade de banda larga e excedente do consumidor (baseado em Nevo et al., 2016)



Fonte: Liu et. al. (2018); análise da Telecom Advisory Services

Conforme reportado nesse estudo, as residências estão dispostas a pagar cerca de U\$ 2,34 por Mbps (total de U\$ 14) por mês para aumentar a largura de banda de 4 para 10 Mbps, U\$ 1,57 por Mbps (U\$ 24) para aumentar de 10 para 25 Mbps e U\$ 0,02 por Mbps (U\$ 19) para aumentar de 100 para 1000 Mbps. Para adaptar a curva no gráfico 3-1 ao Brasil, comparamos o plano de 35 Mbps (Claro) e 50 Mbps (Vivo) por R\$ 119,99 (U\$ 24,12) com o preço médio de um plano de 60 Mbps nos Estados Unidos (U\$ 29,99). A razão entre os dois pontos de preço foi de 80,43%. Esse valor foi usado para modificar os resultados da curva acima. Sob a perspectiva de qualidade do serviço, estima-se que a alocação de 6 GHz permitiria a entrega de uma capacidade interna de 1 GB de velocidade de download e 6 Ms. de latência.

Uma maior cobertura por ponto de acesso permitiria a estabilização dos preços reais e aumentaria a acessibilidade

A alocação da faixa de 6 GHz para uso não licenciado permitiria que provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) brasileiros potencialmente aumentassem sua base de assinantes com a mesma área de cobertura²⁴. Conforme mencionado acima, a alocação da faixa 6 GHz para uso não licenciado permitiria aos provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) cadastrar novos dispositivos e aumentar a velocidade de download, o que desencadearia vários efeitos positivos simultâneos. Como exemplo, a cessão temporária de espectro pelo FCC para lidar com a pandemia de COVID-19 permitiu que provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) nos Estados Unidos imediatamente aumentassem sua base de assinantes entre 20 e 30%.

Reconhecendo as economias de escala em serviços de telecomunicações, um aumento na base de assinantes permitiria aos prestadores de serviços que reduzissem seus custos

²⁴ Baseado na premissa de que as regras técnicas para pontos de acesso de potência padrão operados por provedores de acesso à serviços de internet sem fio (WISPs) em 6 GHz são semelhantes às regras técnicas (ex. limite de potência irradiada, densidade espectral de potência irradiada, etc.) estabelecidas para pontos de acesso operados por provedores de acesso à serviços de internet sem fio (WISPs) nas faixas de 2.4 GHz e 5 GHz.

operacionais. Num cenário conservador assumindo por nosso estudo, os preços permanecerão estáveis no contexto de um aumento do PIB per capita. Como consequência, a acessibilidade aumentaria para os potenciais assinantes que indicarem que não compram o serviço de banda larga devido ao seu custo. Uma pesquisa feita pela Cetic.br em 2019 indica que 7,46% das residências no Brasil (5.295.904 residências) não compram banda larga devido ao seu custo (este percentual aumenta para 13,32% em áreas rurais)²⁵. Com um aumento na acessibilidade, a penetração da banda larga crescerá.

Maior capacidade por ponto de acesso

Conforme acima mencionado, um efeito de segunda ordem sobre a adoção de banda larga de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) relaciona-se ao aumento da proporção de compartilhamento residencial resultante do aumento de performance dos pontos de acesso. Como resultado da concentração de população de menor renda, as linhas Wi-Fi de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) são geralmente compartilhadas entre vizinhos. De acordo com uma pesquisa da CeTic.Br²⁶, em 2019, 12,83% das residências brasileiras acessaram banda larga compartilhando uma conexão fixa com um vizinho.

O aumento na acessibilidade, combinado com uma ampliação da capacidade de compartilhar linhas, resultará no crescimento das conexões de banda larga. De acordo com modelos econométricos desenvolvidos pelos autores para a União Internacional de Telecomunicações, um aumento de 10 por cento na banda larga fixa na América Latina e Caribe gera um crescimento de 1,5745 por cento no PIB²⁷.

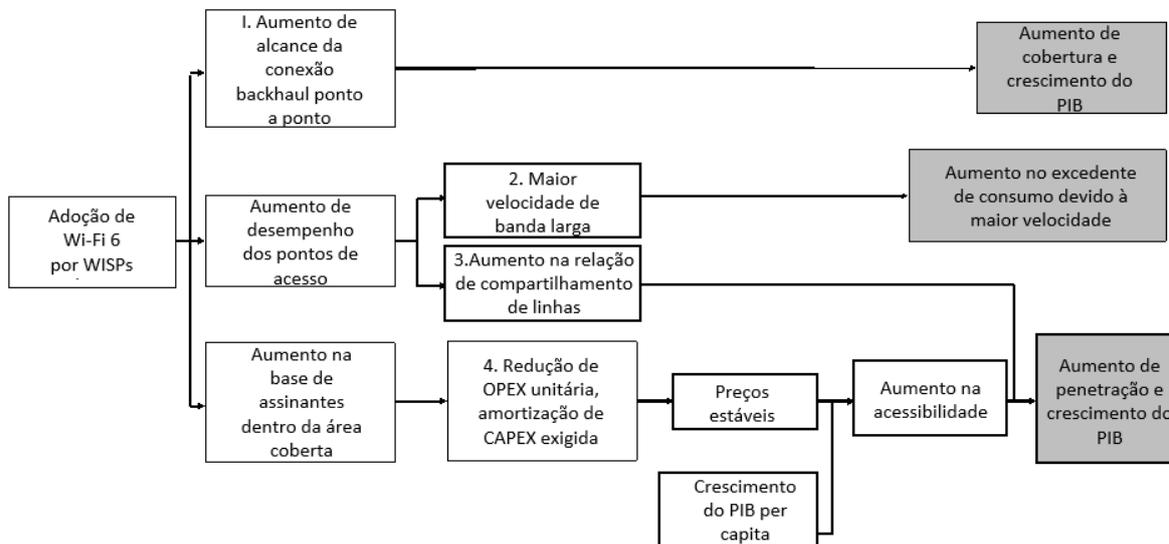
A soma de todos esses efeitos convergentes sobre o desempenho dos provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) está demonstrada na figura 3-1.

²⁵ CGI.br/NIC.br, Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros - TIC Domicílios 2019*.

²⁶ CGI.br/NIC.br, Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros - TIC Domicílios 2019/2018/2017/2016/2015*.

²⁷ Katz, R. e Callorda, F. (2018). *The economic contribution of broadband, digitization and ICT regulation: Econometric modelling for the Americas*. Genebra: União Internacional de Telecomunicações, p. 10.

Figura 3-1. Impacto econômico do 6 GHz no desempenho de provedores de serviço de acesso à internet wireless (WISP)



Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

No nível teórico, a soma do impacto econômico sobre a alocação de 6 GHz no desempenho dos provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) poderia ser especificada conforme segue:

$$\text{Efeito econômico do GHz em provedores de serviço de acesso à internet wireless (WISPs)} = a_1 + a_2 + a_3 + a_4$$

Onde,

- a_1 Cobertura estendida devido a backhaul P2P mais longo (impacto sobre o PIB)
- a_2 Excedente do consumidor adicional devido à maior velocidade (impacto sobre o excedente do consumidor)
- a_3 Melhor cobertura por ponto de acesso (impacto sobre o PIB)
- a_4 Maior relação de compartilhamento por ponto de acesso (impacto sobre o PIB)

3.2. AUMENTO DA VELOCIDADE MEDIANTE REDUÇÃO DO CONGESTIONAMENTO DAS REDES WI-FI

O valor econômico da alocação da faixa de 6 GHz para uso não licenciado reduz o congestionamento de roteadores, aumenta a taxa de transmissão Wi-Fi (throughput) e tem um resultado líquido de acelerar a velocidade de banda larga. Este resultado não afeta todas as conexões de banda larga fixas, embora seu impacto entre os usuários de banda larga de alta velocidade tenha o resultado líquido de aumentar a velocidade média de banda larga no recinto do consumidor e no nível do dispositivo. O aumento na velocidade média tem dois tipos de contribuição econômica: um aumento no PIB (também chamado de "retorno à

velocidade") e um aumento no excedente do consumidor. Esta cadeia transitiva de causas pode ser dividida em três efeitos:

- A remoção do congestionamento de Wi-Fi tem impacto na velocidade de banda larga no nível do dispositivo no recinto do consumidor;
- Um aumento na velocidade de banda larga para usuários de alta velocidade, por sua vez, gera uma contribuição para o PIB brasileiro;
- Um aumento na velocidade de banda larga aumenta a disposição dos usuários de pagar pelo acesso à banda larga de alta velocidade.

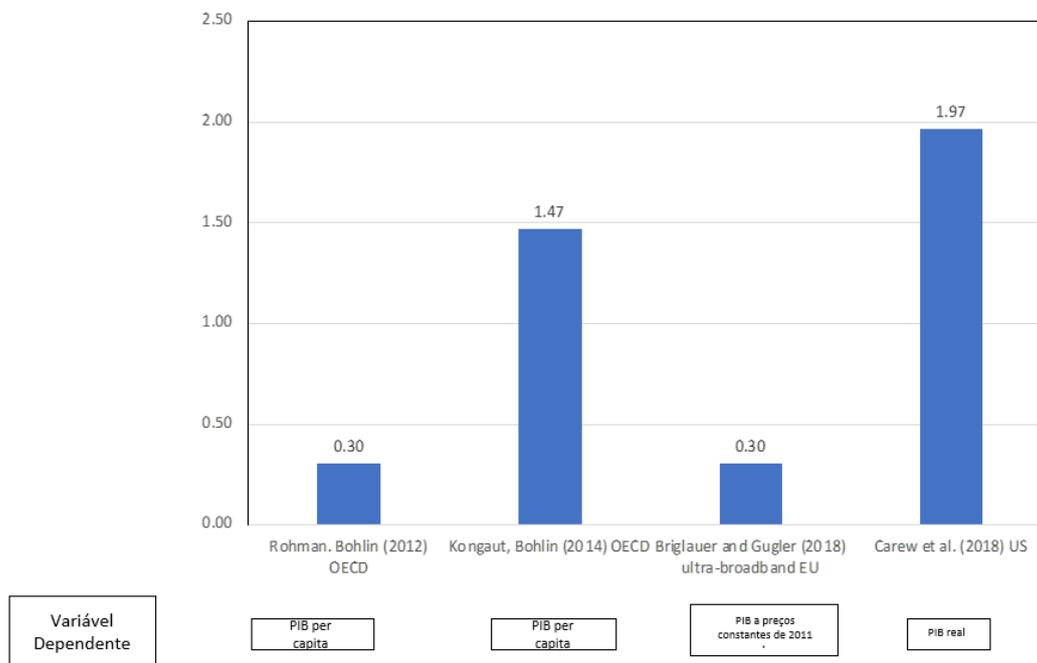
Quando um consumidor acessa a Internet, a velocidade de acesso no nível do dispositivo é uma função do desempenho da rede fixa e/ou wireless e da taxa de transmissão (throughput) do roteador. O resultado líquido difere da velocidade de conexão da banda larga. Por exemplo, se um usuário compra uma linha fixa de banda larga de 20 Mbps, é bastante improvável que o roteador se torne um gargalo de desempenho. Um roteador de banda dupla pode entregar velocidades de pico de 1.2 Gbps em 2.4 GHz, 4.8 Gbps em um rádio 5 GHz e 4.8 Gbps no outro rádio 5 GHz radio. Baseado na atual alocação de 2.4 GHz e 5 GHz, o desempenho do roteador de banda dupla é estimado em 266.50 Mbps (que resulta de assumir uma divisão igualitária de tráfego entre a banda 2.4 GHz (em 173 Mbps) e a banda 5 GHz (em 360 Mbps)). Isso não significa, entretanto, que cada usuário está recebendo a velocidade total. Através do uso de múltiplas bandas e fluxos espaciais, hoje em dia os roteadores normalmente têm capacidades de taxa de transmissão (throughput) bastante excedentes às velocidades que eles podem habilitar para dispositivos individuais. Por exemplo, um dispositivo de ponta 802.11ax pode, em tese, suportar uma taxa de transmissão (throughput) total de 4.8 Gbps, mas cada usuário receberá uma taxa de transmissão (throughput) abaixo de 200 Mbps.²⁸ Nessa circunstância, se o usuário adquire uma linha de banda larga fixa de 150 Mbps, o roteador torna-se um ponto de "estrangulamento" ("choke point") na rede e a velocidade experimentada pelo consumidor não será equivalente àquela entregue pela rede fixa. O argumento torna-se ainda mais relevante num cenário de futura implantação de redes 5G capazes de entregar até 150 Mbps.

Pesquisas sobre a contribuição de velocidades de banda larga concluem, uniformemente, que acesso mais rápido à Internet tem um impacto positivo sobre o crescimento do PIB. Três tipos de efeitos explicam este relacionamento. Primeiro, banda larga mais rápida contribui para melhoria da produtividade de trabalho resultante da adoção de processos de negócio mais eficientes. Comercialização de excedentes de estoque e otimização da cadeia de fornecimento são dois dos efeitos que podem ser gerados. Segundo, conectividade mais rápida leva a uma aceleração da taxa de introdução de novos produtos, serviços e do lançamento de modelos de negócio inovadores. Terceiro, a aceleração de velocidades de banda larga orienta um conjunto de externalidades de rede resultantes na reestruturação das cadeias de valores da indústria (em outras palavras, comunicação mais rápida permite que as empresas ou terceirizem operações sem risco de disrupção ou realoquem funcionários para áreas com custos de insumos mais vantajosos). A compilação dos resultados das pesquisas

²⁸ Estimativa fornecida por Broadcom. Isso se refere à taxa de transmissão (throughput) recebida por cada usuário em seu dispositivo (PC, tablet etc.) dentro do recinto do usuário.

gerados até o momento em quatro estudos econométricos²⁹ confirma a existência desses efeitos (ver Gráfico 3-2).

Gráfico 3-2. Estudos mensurando o impacto da Velocidade de Banda Larga no PIB (impacto de 100% aumento de velocidade no PIB) (%)



Fonte: Compilado por Telecom Advisory Services

Conforme indicado no Gráfico 3-2, enquanto todos os quatro estudos concluem que a velocidade de banda larga tem um impacto no PIB, a faixa de contribuição varia: 100% (ou o dobro) no aumento da velocidade de banda larga gera uma contribuição no PIB entre 0,30% e 1,97%. Algumas das diferenças são explicadas pelas metodologias e variáveis usadas. Por exemplo, Carew et. al. (2018) não incluíram adoção de banda larga como uma variável independente, o que significa que o efeito da velocidade sobre o PIB se subsume à penetração da banda larga. Em outros casos, a diferença pode ser explicada pelo momento dos dados usados. Por exemplo, Kongaut, Bohlin (2014) baseiam-se em um conjunto de dados de 2008 a 2012, enquanto que a série temporal de Rohman, Bohlin (2012) se encerra em 2010, ambos momentos em que a velocidade média de banda larga era de 8.3 Mbps o que, por sua vez, resultou em maior impacto. Dito isso, os indícios de efeitos positivos da velocidade de banda larga sobre o crescimento do PIB mantêm-se consistentes.

3.3. Ampla utilização da Internet das Coisas (IoT)

A relevância econômica da Internet das Coisas (IoT) já foi bem estabelecida por vários analistas. IDC estimou que, em 2020 o mercado mundial de IoT e soluções globais para IoT

²⁹ Selecionamos apenas quatro estudos para revisar, embora a pesquisa tenha reportado muitos outros trabalhos (ver, por exemplo, Ford, G. (2018). *Is Faster Better? Quantifying the Relationship between Broadband Speed and Economic Growth*. Phoenix Center Policy Bulletin n. 44. Grimes, A., Ren, C., e Stevens, P. (2009). *The need for speed: Impacts of Internet Connectivity on Firm Productivity*. MOTU Working Paper 09-15. Mack-Smith, D. (2006). *Next Generation Broadband in Scotland*. Edinburgh: SQW Limited).

era de aproximadamente U\$ 1,7 trilhões, e de U\$ 3,29 bilhões apenas no Brasil para 2021. A importância econômica da IoT para o Brasil foi claramente estabelecida em seu plano nacional de IoT³⁰. Simultaneamente, participantes da indústria foram claros em explicitar que essa importância somente pode ser materializada se for discutida uma variedade de barreiras, que vão desde o redesenho de processos comerciais aos padrões tecnológicos³¹. A disponibilidade de espectro é uma das barreiras ao desenvolvimento da IoT. Embora o lançamento da IoT no Brasil já esteja ocorrendo há alguns anos, seu desenvolvimento em larga escala sofreu o risco de congestionamento. A cessão de 1.200 MHz na faixa de 6 GHz resultará na implantação da IoT em maior escala. Nessa linha, o espectro não licenciado adicional recomendado pela ANATEL irá mitigar o congestionamento e, desta forma, impulsionar o crescimento da IoT.

O valor econômico ligado à mais ampla implantação da IoT está baseado em duas fontes: (i) o desenvolvimento de empresas no ecossistema da IoT, o que gera excedente do produtor (i.e., margem) pela venda de sua produção no Brasil, e (ii) repercussões da IoT sobre a economia, focada naqueles setores em que a IoT é intensiva (ex. logística, planos de saúde, recursos naturais).

Com relação à primeira fonte de valor, é importante distinguir os diferentes componentes do ecossistema, que inclui hardware, software e serviços. Como está claro, essa distinção é fundada em componentes tradicionais de TI, embora sua combinação no âmbito da proposta de valor da IoT represente um formato diferente. O ecossistema que contribui para a entrega do valor econômico da IoT compreende vários tipos de sociedades (ver tabela 3-2).

Tabela 3-2. Ecossistema de IoT

Categorias	Componentes	Tipos de empresas
Hardware	Sensores/chips	Fabricantes de sensores e componentes de computador
	Dispositivos em miniatura	Fornecedores especializados de sensores de pequena escala
	Conectividade	Fabricantes de equipamentos de rede
Software	Aplicativos	Software de Conectividade
	Provedores de serviços de nuvem	Software fornecido por fornecedores públicos de nuvem
	Fornecedores de plataformas	Novos sistemas operacionais
	Operadoras	Prestadores de telecomunicações fornecendo soluções baseadas em nuvem
Serviços	Integração de sistemas	Integração de dispositivos e componentes em uma única plataforma
	Analíticos	Fornecedores de ferramentas analíticas e de armazenamento de dados
	Serviços de TI	Fornecedores de plataformas
	Segurança	Desenvolvedores de protocolos e tecnologias de segurança

Fonte: *Análise da Telecom Advisory Services*

No âmbito da segunda fonte de valor, os casos de uso associados à IoT (tais como manutenção preditiva, rastreamento de ativos, gerenciamento de demanda de rede inteligente, coordenação de tráfego e similares) têm impacto sobre o crescimento do PIB.

³⁰ BNDES (2017). *Estudo Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil*.

³¹ CompTIA (2016). *Sizing up the Internet of Things*.

3.4. Redução dos custos da empresa com tecnologia wireless

O aumento na capacidade de canais não licenciados permite uma entrega extensiva e onipresente de uma elevada taxa de transmissão (throughput) wireless, através de vários pontos de acesso em instalações comerciais tais como plantas industriais, campus empresariais e similares. Isso permitirá às empresas alavancarem a estrutura Wi-Fi e gerarem economia adicional no uso de comunicações wireless em banda larga móvel (wideband wireless communications).

Quando a banda 6 GHz é aberta e adicionada às bandas não licenciadas existentes em 2.4 GHz e 5.8 GHz, o espectro combinado será capaz de suportar oito canais de 160 MHz ou três canais de 320 MHz, o que será uma fonte de valor econômico para unidades fabris. O primeiro efeito resultará em permitir velocidades mais rápidas de banda larga interna. Além disso, a adição de canais no 6 GHz permitirá que os provedores entreguem velocidades rápidas de próxima geração às empresas, instalações industriais, hospitais, portos, pátios ferroviários e aeroportos em todos o país. A estimativa de valor econômico nesse aspecto irá focar nas novas aplicações e casos de uso. Ainda, o espectro adicional permitirá suportar um alto número de dispositivos em um único ponto de acesso. Algumas soluções de Wi-Fi 6 podem atender a até 1.500 dispositivos, o que as torna ideais para aplicações empresariais.

3.5. Emprego de soluções RA/RV

A realidade virtual (RV) já está sendo usada em uma ampla gama de áreas, desde a indústria de jogos e entretenimento até o treinamento e simulação, particularmente na área médica. Outras áreas de aplicação incluem educação, cultura, esportes, transmissões ao vivo, área imobiliária, publicidade, arquitetura e artes. Por outro lado, a Realidade Aumentada (RA) tem um campo de uso quase ilimitado em uma grande variedade de áreas, seja no comércio, aplicações técnicas, processos de trabalho ou educação. A RV e a RA atendem tanto a consumidores quanto a usuários profissionais, que podem ser públicos ou privados. O mercado de soluções de RA/RV está se desenvolvendo rapidamente, orientado por uma ampla variedade de aplicativos. Este desenvolvimento gera dois efeitos similares ao revisto para a IoT.

O desenvolvimento e difusão de aplicativos de RA/RV no lado produtivo da economia é direcionado por um ecossistema composto por empresas que vão de desenvolvimento de software até a produção de hardware e desenvolvimento de aplicativos. As margens das empresas envolvidas nesta empreitada representam excedente do produtor.

Por outro lado, a adoção de RA/RV pelas empresas brasileiras terá, por sua vez, efeitos de repercussão sobre a produtividade, contribuindo assim para o crescimento do PIB. Os efeitos de repercussão vão desde treinamento aprimorado até a aceleração da concepção e entrega de produtos. Por exemplo, empresas automotivas incorporam RV em seu processo de desenvolvimento de produtos para reduzir o tempo decorrido entre a concepção inicial e a modelagem física. Óculos de RA também ajudam trabalhadores de armazéns a fornecer informação sobre peças para os engenheiros e técnicos da área. Finalmente, as soluções de RA/RV podem ser usadas para vender e exibir produtos no varejo.

3.6. Aumento da capacidade do Wi-Fi municipal

O Wi-Fi municipal proporciona acesso gratuito à Internet para a população em geral. Em muitos casos, municípios que desejam desenvolver uma infraestrutura de cidade conectada exigem a implantação de redes Wi-Fi em espaços públicos para facilitar o acesso de seus cidadãos à Internet. Os municípios brasileiros vêm trabalhando intensamente para desenvolver redes de Wi-Fi. O Brasil tem 5.570 municípios, subdivididos em 10.123 distritos³². Estima-se que 2.134 municípios brasileiros já oferecem serviço de Wi-Fi gratuito³³. Consumidores que não têm banda larga residencial porque não possuem recursos econômicos para adquirir o serviço podem contar com a Wi-Fi municipal para ter acesso à Internet.

No entanto, a infraestrutura de Wi-Fi baseada nas bandas de 2.4 GHz e 5.8 GHz está exposta à degradação do serviço e à incapacidade de suportar uma grande base de usuários. Wi-Fi municipal é uma aplicação que tem necessidade urgente de espectro adicional para satisfazer o crescimento do número de clientes, mas também para lidar com a interferência de outros dispositivos operando em frequências concorrentes. Como exemplo, a banda 2.4 GHz atualmente aceita vários aparelhos e dispositivos de padrão wireless como Bluetooth e Zigbee, criando uma significativa interferência para a Wi-Fi.

Iremos avaliar os benefícios econômicos da alocação de 6 GHz focando em sua capacidade de aumentar a velocidade de acesso, com consequente geração de excedente do consumidor e, ao mesmo tempo, fornecer acesso à Internet à população economicamente desfavorecida.

3.7. Implantação de Hot Spots com Wi-Fi Gratuito

Adicionalmente à Wi-Fi municipal, sites Wi-Fi Gratuitos representam uma alternativa de custo vantajosa para consumidores "em trânsito" acessarem a Internet. Em 2020 existem aproximadamente 6,2 milhões de³⁴ hot-spots públicos de Wi-Fi no Brasil, dos quais 2.235.921 são gratuitos, distribuídos conforme segue (ver Tabela 3-3).

³² Desses, 9.807 distritos têm população menor do que 100.000 e 1.284 são considerados urbanos.

³³ Análise TAS usando a Pesquisa *IBGE de Informações Básicas Municipais* - dados de 2014.

³⁴ Interpolado de 4,6 milhões em 2018 e 23,8 milhões em 2023, conforme estimado pelo índice Cisco Visual Networking Index.

Tabela 3-3 Brasil: Número de pontos de Wi-Fi Gratuitos (2020)

Cidade	Número
São Paulo	534,000
Rio de Janeiro	263,000
Salvador	47,000
Fortaleza	42,000
Belo Horizonte	86,000
Brasília	66,000
Campinas	36,000
Recife	47,000
Porto Alegre	55,000
Manaus	27,000
Curitiba	63,000
Belém	13,000
Goiânia	30,000
Maceió	12,000
Outras	1,005,000
Total	2,326,000

Fonte: Wiman (2020).

Cisco projeta que, até 2023, haverá 23,8 milhões de hot-spots públicos no Brasil.

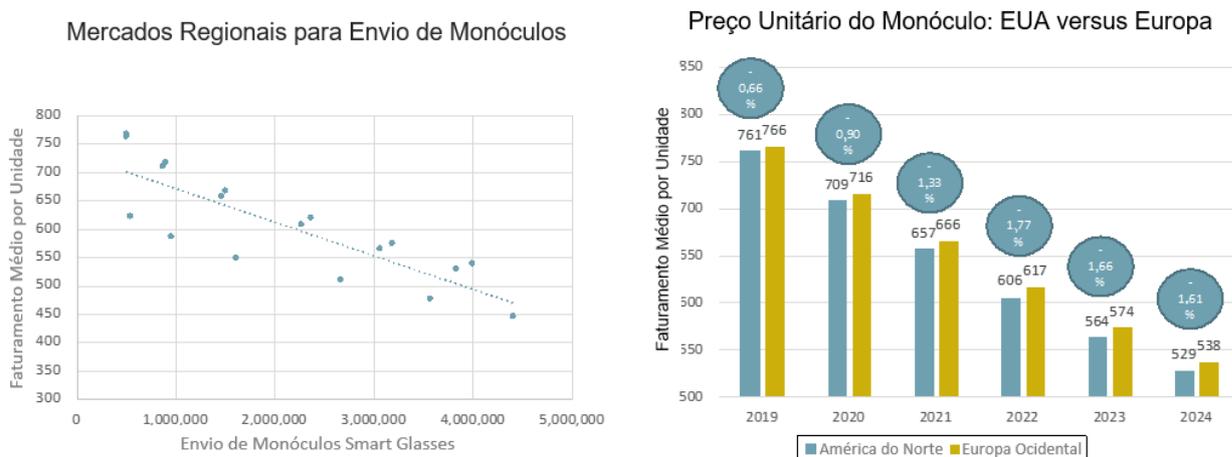
A avaliação do valor econômico de alocação do espectro 6 GHz aos hot-spots de Wi-Fi gratuitos será conduzida de maneira similar ao caso da Wi-Fi municipal: em outras palavras, hot-spots gratuitos suportados por tecnologia associada à 6 GHz serão capazes de aumentar a velocidade de acesso (com implicações no excedente do consumidor) e fornecer um ponto de acesso à população que não tem serviço de banda larga.

3.8. Alinhamento das decisões sobre o espectro com outras economias avançadas

Alocando o espectro em 6 GHz, o Brasil não apenas aliviará a pressão sobre o espectro não licenciado resultante do uso maciço da Wi-Fi, como também tomará uma decisão com implicações econômicas para as empresas brasileiras e para a política industrial do país.

Uma avaliação comparativa do preço médio unitário de venda de equipamentos RA/RV indica que os Estados Unidos têm uma vantagem econômica (menor custo) sobre a Europa, resultante de economias de escala (ver gráfico 3-2).

Gráfico 3-2. Exemplo de Equipamento RA/RV: economia de produção (*)



(*) Este gráfico dá um exemplo de um dos segmentos do mercado de equipamentos de RA/RV - Monóculos Smart Glasses - e não pretende representar o mercado total.

Notas: 1) O quadro à esquerda contém dados para a América do Norte, Europa Ocidental e Ásia-Pacífico

2) O preço unitário no gráfico da direita foi calculado pela Telecom Advisory Services dividindo os dados de receitas totais da Pesquisa ABI pelo total de embarques

Fonte: ABI Research; análise da Telecom Advisory Services

Como indicado no gráfico da esquerda, a produção de equipamentos de RA/RV, como esperado, é orientada por economias de escala. Como resultado, o quadro da direita indica uma vantagem de preço residente dentro dos Estados Unidos. Consequentemente, pode fazer sentido alinhar a questão da alocação de espectro de 6 GHz brasileiro ao modelo dos Estados Unidos, para permitir às empresas brasileiras se beneficiar de menores preços de insumos.

Em segundo lugar, o mercado brasileiro de equipamentos e serviços em áreas relativas à implementação do 6 GHz monta a US\$ 13 bilhões em 2020, mas irá chegar a US\$ 9,23 bilhões em 2025 (ver tabela 3-4).

Tabela 3-4 Brasil: Vendas nos mercados impactados pela decisão de 6 GHz (em bilhões de dólares) (2020-25)

Mercado	Categorias	2020	2025
Realidade Aumentada/Realidade Virtual	Hardware	\$ 0.05	\$ 0.55
	Software e aplicativos	\$ 0.15	\$ 2.34
	Subtotal	\$ 0.20	\$ 2.89
IoT (Internet das Coisas)	Hardware	\$ 0.40	\$ 1.17
	Software e serviços	\$ 2.11	\$ 4.99
	Subtotal	\$ 2.75	\$ 6.17
Dispositivos Wi-Fi	Dispositivos residenciais de rede	\$ 0.02	\$ 0.02
	Dispositivos Wi-Fi habilitados	\$ 0.8	\$ 0.07
	Pontos de acesso em empresas e controladores	\$ 0.8	\$ 0.8
	Subtotal	\$ 0.18	\$ 0.17
Total		\$ 3.13	\$ 9.23

Nota: pesquisa ABI fornece uma estimativa do mercado de RA/RV até 2024 para a América Latina.

O mercado de RA/RV para o Brasil foi calculado como parcela pro-rata do mercado latino-americano citado na Pesquisa ABI e tomando-se o PIB brasileiro como percentual da América Latina. A estimativa para 2025 extrapola a taxa de crescimento ao longo de 2024.

Sob essas condições atrativas de demanda, as decisões a serem tomadas em termos do modelo de alocação da banda 6 GHz (modelo europeu ou americano-coreano) poderiam colocar o Brasil na rota para, ao mesmo tempo, atender a demanda local e se beneficiar das economias de escala implícitas de mercados avançados, bem como aumentar os custos de oportunidade para os mercados que se desenvolvam primeiro. Adicionalmente, a decisão de alinhar-se a um modelo em particular poderia, potencialmente, dar ao Brasil o benefício de desenvolver uma indústria orientada para exportação que pudesse lucrar com demanda externa.

3.9. Aumento da capacidade de descarregamento (off-loading) de tráfego móvel

Esta fonte de valor econômico, baseada na complementariedade entre as redes Wi-Fi e de celular, foi inicialmente analisada por Milgrom et al. (2011) e Cooper (2012), e posteriormente estimada em nossos estudos anteriores (Katz, 2014a, 2014b, 2018a). Como postulado em estudos anteriores, o valor do descarregamento (off-loading) celular baseia-se no alívio do congestionamento para os detentores de espectro licenciado que advém do espectro adicional (Bazelon, 2008). Nesse contexto, o Wi-Fi atua como tecnologia complementar compensando as limitações econômicas do celular. No caso da gestão de espectro, faixas de frequência não licenciadas podem aumentar a eficácia de dispositivos que operam em espectros licenciados. Por exemplo, estações-base de Wi-Fi operando em faixas não licenciadas podem aumentar o valor das redes de celular por permitir que dispositivos wireless mudem para hot-spots reduzindo, assim, o custo de acesso à banda larga e aumentando a velocidade de acesso. Consumidores que acessem a Internet dentro de uma zona de Wi-Fi podem reduzir seus custos de acesso desabilitando seu serviço de banda larga móvel. Eles também ganham velocidade de acesso adicional porque a taxa de transferência de sites Wi-Fi é geralmente mais rápida do que a oferecida pela tecnologia celular.

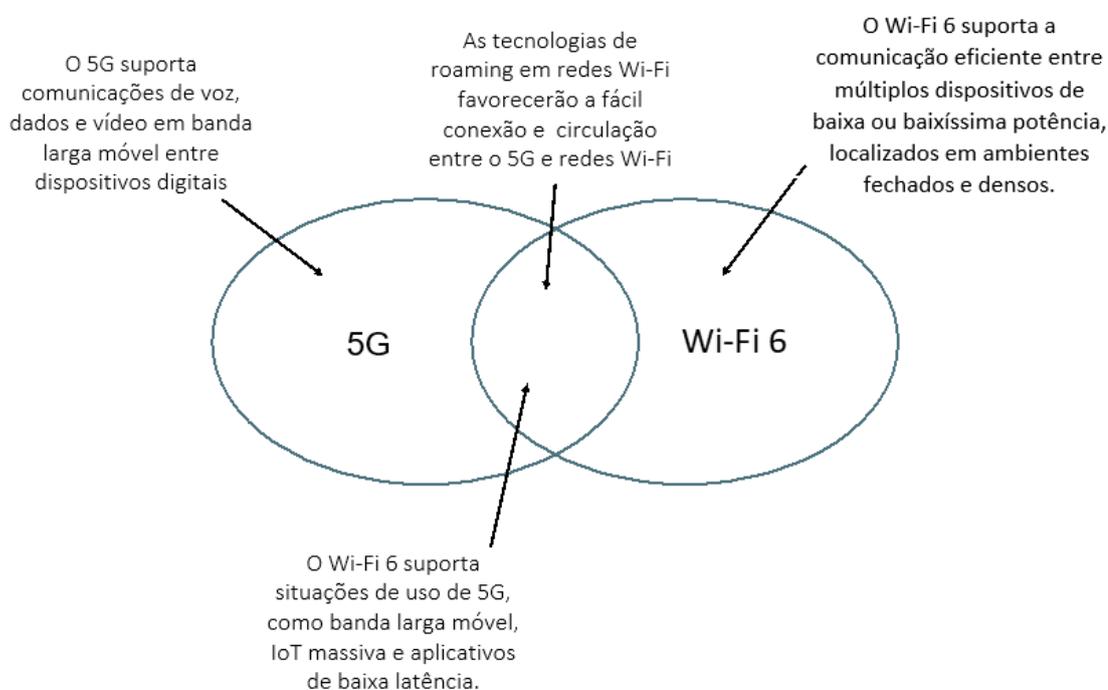
O Wi-Fi permite que os prestadores de serviço celular reduzam as despesas de capital e operacionais exigidas para acomodar a explosão no tráfego de dados. As operadoras brasileiras têm implantado pontos de acesso Wi-Fi desde 2012 para descarregar (offload) parte de seu tráfego³⁵. A estimativa de economia está baseada na premissa de que, na ausência de outras faixas de espectro não licenciadas, os prestadores de serviço teriam que implantar infraestrutura cara para acomodar o crescimento no tráfego. Assim, o cálculo do valor econômico está baseado na parte do investimento de capital (e potencial incremento das despesas com operações de rede e manutenção operacional) que os prestadores de serviço podem evitar quando eles e os consumidores mudam seu tráfego das redes de celular para Wi-Fi.

Embora a complementariedade tenha sido interrompida para as gerações anteriores de tecnologias de celular e Wi-Fi, esta característica permanece para a Wi-Fi 6 e 5G. Para começo, dispositivos de acesso como smartphones e sensores tenderão a ser equipados com ambas as gerações para usuários e prestadores de serviços, para otimizar o uso de infraestrutura. Isso será crucial não apenas para gerenciamento de tráfego em ambientes densamente

³⁵ RCR Wireless (2012). *TIM Brazil instalará 10.000 hot-spots de Wi-Fi em São Paulo*, Rio de Janeiro (29 de março).

povoados como complexos de apartamentos e hospitais, mas também para suportar câmeras de vigilância, terminais de ponto de vendas, sensores de ambiente e outros dispositivos IoT. A complementariedade também irá se manifestar em casas e empresas, embora esse benefício já tenha sido considerado nas seções acima (ver figura 3-2).

Figura 3-2 Complementaridade entre Wi-Fi 6 e 5G NR-U



Fonte: Adaptado de Suarez, M. (2020). *Unlicensed spectrum access in the 6 GHz band. Presentation to ANATEL.*

Por exemplo, a vasta maioria dos dados consumidos em smartphones e outros dispositivos móveis utiliza redes Wi-Fi, nunca tocando o espectro móvel ou a infraestrutura das operadoras. Na verdade, estima-se que a fatia de tráfego de dados descarregada via Wi-Fi irá rapidamente aumentar conforme a tecnologia móvel evoluir de 4G para 5G, já que os aplicativos de banda larga são tipicamente usados em casa, no trabalho e em outros locais fechados. A Cisco projeta que 76% de todo o tráfego de dados em smartphones e outros dispositivos móveis será descarregado na Wi-Fi na América do Norte até 2022.³⁶ Até 2023, 44% de todos os dispositivos conectados ou operando em rede no Brasil estarão conectados via Wi-Fi.³⁷ Conforme acima mencionado, existem 6,2 milhões de hot-spots públicos e 2.3 sites gratuitos no Brasil³⁸. O número de hot-sites de Wi-Fi públicos no Brasil chegará a 23,8 milhões³⁹. Até os provedores de celular reconhecem o papel central do Wi-Fi. Por exemplo, o Vice-Presidente Executivo e CEO (Consumer Group CEO) da Verizon contou, em uma conferência de investidores em janeiro de 2020, que entre 70 e 75% do tráfego de dados móveis nos Estados Unidos é descarregado no Wi-Fi⁴⁰.

³⁶ Cisco 2019 VNI Report em 104.

³⁷ Cisco (2020). *Novo relatório Cisco Annual Internet Report prevê que 5G será responsável por 10% das conexões móveis no mundo em 2023*, p. 2.

³⁸ Cisco 2019 VNI Report em 111.

³⁹ Cisco (2020). *Novo relatório Cisco Annual Internet Report prevê que 5G será responsável por 10% das conexões móveis no mundo em 2023*, p. 4.

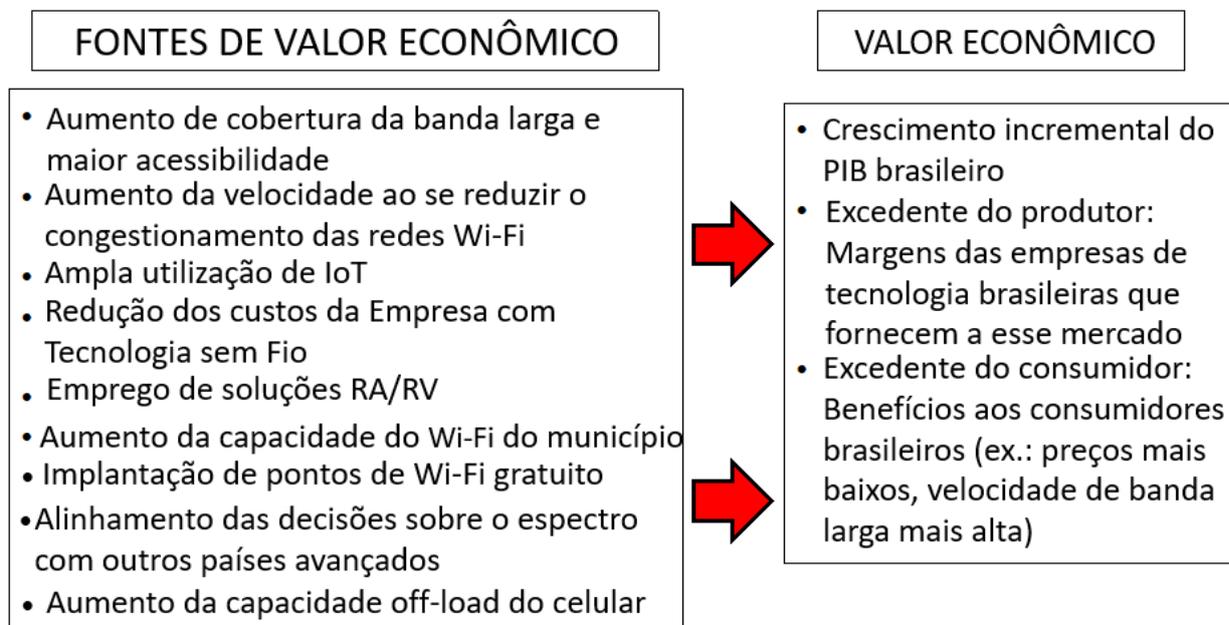
⁴⁰ Verizon, Citi 2020 Global TMT West Conference, Webcast (7 de janeiro de 2020). Disponível em: <https://www.verizon.com/about/investors/citi-2020-global-tmt-west-conference>.

Consequentemente, o valor econômico da alocação de espectro na banda 6 GHz manifesta-se não apenas na capacidade das operadoras de celular de reduzir capital na implantação de 5G mediante descarregamento de tráfego, mas, mais importante que isso, indiretamente usar o Wi-Fi no cálculo de seu investimento. Um benefício correlato da alocação de 6 GHz ao Wi-Fi resulta da capacidade deste de suportar descarregamento wireless sem risco de congestionamento.

3.10. Compilação do valor econômico

Com base nos fundamentos teóricos revisados no capítulo 3, a abordagem a ser seguida para estimar o valor econômico da alocação de espectro na banda 6 GHz para uso não licenciado no Brasil irá quantificar os efeitos da decisão (ver figura 3-3).

Figura 3-3. Abordagem a ser seguida na Estimação do Valor Econômico da decisão sobre 6 GHz no Brasil



Fonte: *Análise da Telecom Advisory Services*

Um esclarecimento final sobre metodologia: consideramos que o efeito cumulativo do PIB e do excedente do produtor nas vendas de equipamentos é razoável, dado que o impacto sobre o PIB é fundamentalmente atribuído, nos nossos modelos baseados em dados históricos, a aumento de velocidade e não ao excedente do produtor guiado por vendas de equipamentos geradas por nova alocação de espectro não licenciado. Por outro lado, a economia de CAPEX gerada pelas operadoras wireless descarregarem (offloading) tráfego nos pontos de acesso Wi-Fi vem ocorrendo há algum tempo e poderia ser incluída nas estimativas de modelo de PIB. Portanto, neste caso em particular, o efeito decorrente da economia no CAPEX serão excluídas do total para evitar contagem em duplicidade.

4. AUMENTO DA COBERTURA DA BANDA LARGA E MAIOR ACESSIBILIDADE

A última estatística para o Brasil indica uma penetração de banda larga fixa em 2019 de 46,35% (ou 32.914.496 conexões para 71.014.575 residências)⁴¹. Com base na taxa de crescimento assumida pelo Plano Nacional de Banda Larga, a extrapolação para 2030 indica que essa penetração alcançará 61,16%. Além das operadoras de telecomunicações convencionais, os provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) podem desempenhar um papel crucial no atendimento da lacuna no fornecimento e demanda de banda larga.

4.1. Situação atual no Brasil

Os provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) brasileiros cobrem aproximadamente 12 milhões de residências (33%). Existem 3.450 provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) brasileiros⁴² registrados na ANATEL, com porte variando entre 50 e 76.000 linhas. No total, os provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) brasileiros operam 1.962.163 conexões wireless em 2020. Dessas, 1.810.272 são baseadas em Wi-Fi e 151.891 são baseadas em WiMAX ou outras tecnologias wireless⁴³. A maioria das linhas supridas pelos provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) são de baixa velocidade: 24,9% estão abaixo de 2 Mbps e 57% estão entre 2 Mbps e 12 Mbps (ver tabela 4-1).

Tabela 4-1. Brasil: linhas de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) (2020)

	Baseado em Wi-Fi		Não Wi-Fi (*)		Total	
	N	%	N	%	N	%
<512 Kbps	57,660	3.19%	5,905	3.89%	63,565	3.24%
512 Kbps-2 Mbps	367,467	20.30%	57,569	37.90%	425,036	21.66%
2 Mbps-12 Mbps	1,043,347	57.63%	76,010	50.04%	1,119,357	57.05%
12 Mbps – 34 Mbps	267,827	14.79%	7,969	5.25%	275,796	14.06%
>34 Mbps	73,971	4.09%	4,439	2.92%	78,410	4.00%
Total	1,810,272	100.00%	151,891	100.00%	1,962,163	100.00%

(*) WiMax, FWA e outras tecnologias.

Fonte: ANATEL. Plano de Dados Abertos da Anatel, disponível em:

<https://www.anatel.gov.br/paineis/acessos/banda-larga-fixa>; *Análise da Telecom Advisory Services*

Os provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) tendem a atender predominantemente grupos de residências de baixa renda: de acordo com a pesquisa CeTIC.br, 82,43% dos consumidores pertencem às classes C, D e E (ver tabela 4-2).

⁴¹ ANATEL. Plano de Dados Abertos da Anatel, disponível em:

<https://www.anatel.gov.br/paineis/acessos/banda-larga-fixa>.

⁴² A diferença entre este número extraído dos arquivos da ANATEL e os 10.000 provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) geralmente citados é devida a alguns mínimos WISPs não registrados (provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) não precisam ter licença no Brasil) e ao fato de que a estimativa acima não inclui contagem dobrada de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) que atendem a mais de um município.

⁴³ Análise da ANATEL. Op. cit.

Tabela 4-2. Brasil: Estatística de distribuição de banda larga fixa por nível socioeconômico (2019)

Nível socioeconômico	Banda larga fixa total	WISP	Diferença
A	3.02%	0.23%	-2.79%
B	26.14%	17.34%	-8.80%
C	53.81%	60.90%	7.08%
DE	17.03%	21.53%	4.50%

Fonte: CGI.br/NIC.br, Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros - TIC Domicílios 2019. Análise da Telecom Advisory Services

Como resultado da concentração de população de menor renda, as linhas Wi-Fi dos provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) são geralmente compartilhadas entre vizinhos. De acordo com uma pesquisa da CeTic.Br⁴⁴, em 2019, 12,83% das residências brasileiras acessaram banda larga compartilhando uma conexão fixa com um vizinho (ver tabela 4-3).

Tabela 4-3. Brasil: Compartilhamento de conexão de banda larga fixa (2019)

Segmento social	Conexões compartilhadas	Sem compartilhamento	Adoção de banda larga fixa	Residências	Compartilhamentos (% residências)	Compartilhamento (% conexões banda larga fixa - FBB connections)
A	42,014	968,626	936,312	1,023,546	4.10%	4.49%
B	1,013,344	8,789,229	8,094,498	10,362,204	9.78%	12.52%
C	4,801,714	21,801,264	16,665,042	33,317,611	14.41%	28.81%
D+E	3,255,980	9,692,216	5,272,584	26,311,214	12.37%	61.75%
Total	9,113,052	41,251,335	30,968,436	71,014,575	12.83%	29.43%

Fonte: CGI.br/NIC.br, Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros - TIC Domicílios 2019.

Este número tinha aumentado de 8,10% em 2015. Considerando que os provedores de serviços de serviço de acesso à internet sem fio (WISPs) atendem principalmente a população mais desfavorecida, ao invés de nos basearmos no fator de compartilhamento total de banda larga de 12,83%, nos baseamos na análise a seguir sobre a relação de compartilhamento correspondente aos segmentos C, D e E. Desta forma, estimamos que 36,73% das residências brasileiras dos segmentos C, D e E que compram uma conexão de banda larga baseada em um provedor de serviço de acesso à internet sem fio (WISP) compartilham sua linha com seus vizinhos. Isso significa que, para cada linha implantada por provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP), mais 0,36 linhas precisam ser adicionadas⁴⁵.

⁴⁴ CGI.br/NIC.br, Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros - TIC Domicílios 2019/2018/2017/2016/2015.

⁴⁵ Acreditamos que este número pode ser conservador porque entrevistas com a associação de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) indicam que, para cada conexão instalada, até duas residências iriam compartilhá-la.

Com base em entrevistas com uma associação de provedores de serviços de acesso à internet sem fio⁴⁶, a quantidade total de linhas fixas wireless está diminuindo devido à migração gradual das linhas fixas wireless para a fibra óptica na parte de acesso das redes⁴⁷. Por outro lado, considerando a evolução do índice de participação desde 2015, projetamos que esse número aumente dos 36,73% em 2019 para 83,01% até 2030. Essas duas tendências contraditórias permitem o cálculo da evolução futura das famílias atendidas por provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) (ver tabela 4-4).

Tabela 4-4. Brasil: linhas WISP (2020-2030)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Baseado em Wi-Fi	1,810,272	1,694,747	1,586,595	1,485,345	1,390,556	1,301,816	1,218,739	1,140,964	1,068,152	999,987	936,171
Não baseado em Wi-Fi	151,891	142,198	133,123	124,628	116,675	109,229	102,258	95,733	89,623	83,904	78,550
Total	1,962,163	1,836,945	1,719,718	1,609,973	1,507,231	1,411,045	1,320,997	1,236,697	1,157,775	1,083,891	1.014,721
Proporção compartilhada	40.95%	45.16%	49.38%	53.59%	57.80%	62.00%	66.21%	70.41%	74.61%	78.81%	83.01%
Total	2,765,669	2,666,509	2,568,915	2,472,758	2,378,411	2,285,893	2,195,629	2,107,455	2,021,591	1,938,105	1,857,041

Fontes: ANATEL; Cetic.br; análise Telecom Advisory Services.

Como indicado na tabela 4-4, apesar do aumento na proporção de compartilhamento, o declínio gradual nas conexões fixas wireless resulta em quantidade decrescente de domicílios atendidos por tecnologias baseadas em Wi-Fi e tecnologias não baseadas em Wi-Fi, com redução de 2,76 milhões para 1,86 milhões.

4.2. Impacto do 6 GHz no excedente do consumidor de clientes de provedores de serviços de internet sem fio (WISP)

Conforme revisado na figura 3-1 do capítulo da fundamentação teórica, a decisão pelo 6 GHz teria impacto sobre duas áreas de valor econômico para os provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP): (i) crescente excedente do consumidor de clientes existentes como resultado de um serviço de banda larga mais rápido, e (ii) crescente acessibilidade econômica e, conseqüentemente, crescente penetração da banda larga, que por sua vez impacta o PIB. Cada área será revisada separadamente.

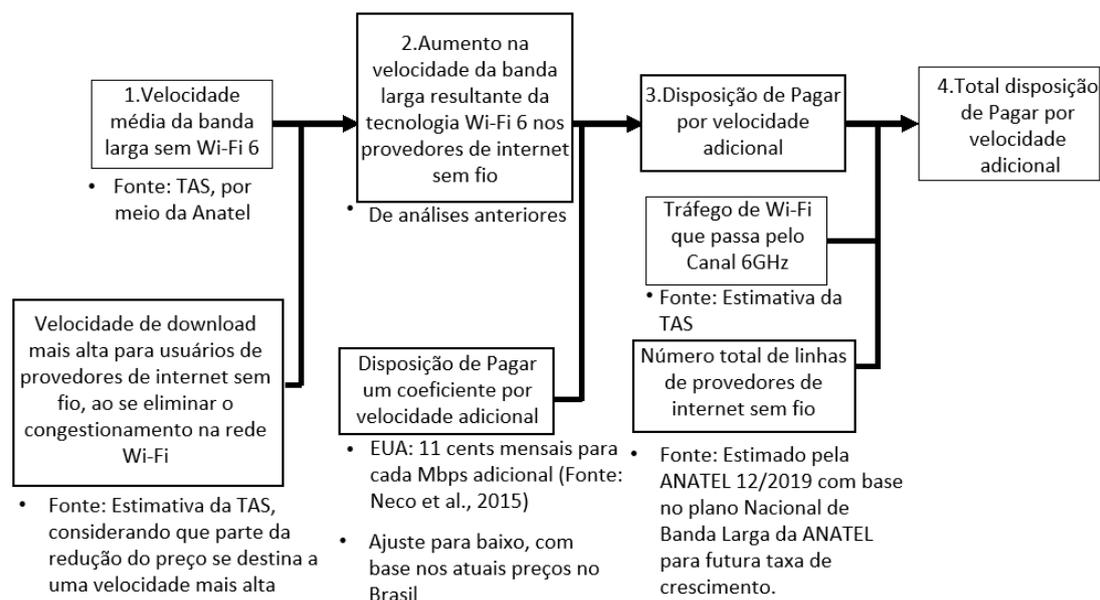
Aumento do excedente do consumidor devido ao melhor desempenho da estação base

Quando os provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) têm oportunidade de confiar no espectro da banda 6 GHz, o excedente do consumidor para seus assinantes é gerado pela melhoria na velocidade da banda larga, pois o congestionamento do Wi-Fi é eliminado das redes. Em outras palavras, a mais alta velocidade das linhas afetadas pela migração de tecnologia é multiplicada pela disposição de pagar (ver figura 4-1).

⁴⁶ Entrevista de Alex Jucius, Diretor Geral, Associação NEO.

⁴⁷ Ver também ABRINT (2018). *Plano de modernização e expansão de acessos com implantação de redes FTTH*. e entrevista da NEO.

Figura 4-1. Metodologia para estimar o excedente do consumidor resultante da mais alta velocidade de download em conexões WISP



Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

O ponto de partida desta estimativa é calcular a diferença na velocidade da banda larga produzida pelo espectro 6 GHz. A multiplicação do aumento de velocidade pelo coeficiente de disposição de pagar (WTP) para a velocidade incremental da banda larga produz um aumento do excedente do consumidor por linha. Finalmente, o WTP por linha é multiplicado pelo número de linhas de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) (ver tabela 4-5).

Tabela 4-5. Excedente do consumidor devido ao aumento da velocidade do usuário de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) (2020-2030)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Velocidade média de download	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54	9.54
(2) Nova velocidade média de download	9.54	10.83	12.29	13.95	15.83	17.97	20.39	23.14	26.27	29.81	33.83
(3) Demanda por velocidade média de download	70.16	70.16	70.16	70.16	70.16	70.16	70.16	70.16	70.16	70.16	70.16
(4) Nova demanda por velocidade média de download	70.16	72.93	75.69	78.46	81.23	84.00	86.77	89.54	92.31	95.08	97.85
(5) Excedente do consumidor mensal adicional	\$ 0.00	\$ 2.77	\$ 5.54	\$ 8.31	\$ 11.08	\$ 13.85	\$ 16.62	\$ 19.39	\$ 22.16	\$ 24.92	\$ 27.69
(6) Excedente do consumidor anual adicional	\$ 0.00	\$ 3.23	\$ 66.47	\$ 99.70	\$ 32.93	\$ 66.17	\$ 99.40	\$ 32.63	\$ 65.87	\$ 299.10	\$ 332.33
(7) Conexões de provedores de acesso à internet sem fio (WISP) (milhões)	2.236	1.962	1.837	1.720	1.610	1.507	1.411	1.321	1.237	1.158	1.084
(8) Tráfego através da banda 6 GHz	0.00%	7.50%	15.00%	22.50%	30.00%	37.50%	45.00%	52.50%	60.00%	67.50%	75.00%
(9) Impacto (milhões de US\$)	\$0	\$5	\$18	\$39	\$64	\$94	\$127	\$161	\$197	\$234	\$270
(10) Impacto (bilhões de US\$)	0.000	0.005	0.018	0.039	0.064	0.094	0.127	0.161	0.197	0.234	0.270

Fontes: análise Telecom Advisory Services.

O impacto cumulativo total do excedente do consumidor em 2020-2030 resultante do aumento da velocidade da banda larga ao reduzir o congestionamento de Wi-Fi para usuários de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) chega a US\$ 1,209 bilhão.

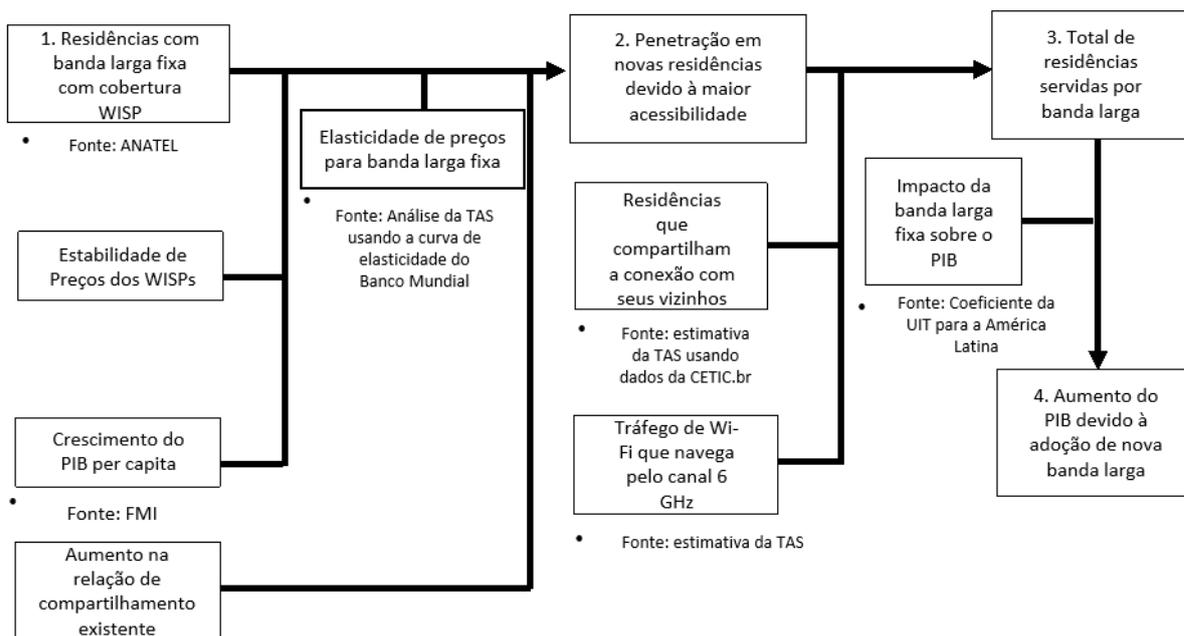
4.3. Impacto no PIB causado pelo aumento da acessibilidade financeira e da penetração da banda larga de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP)

O objetivo neste caso é estimar o impacto sobre o PIB da mudança na acessibilidade econômica da banda larga e consequente penetração da banda larga nos provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP). Para começar, a alocação de 6 GHz para uso não licenciado aumentará a quantidade de residências atendidas por ponto de acesso de provedor de acesso à internet sem fio (WISP). Teoricamente, consideradas as economias de escala convencionais nas telecomunicações, o custo unitário para atender a quantidade maior de assinantes a partir de um único ponto reduziria o OPEX unitário. Ademais, essa redução poderia ser parcialmente neutralizada pela amortização do CAPEX para migrar os eletrônicos para o novo padrão⁴⁸. Para fins conservadores, consideramos que os preços do serviço de banda larga dos provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) brasileiros não mudariam dos níveis atuais. Isso foi feito com base em entrevistas com a associação brasileira de provedores de serviços de acesso à internet sem fio⁴⁹. Contudo, considerando que o PIB per capita aumente no futuro (de acordo com a previsão do FMI), a acessibilidade econômica geral do serviço a preços reais será maior. Assim os consumidores que alegaram que o preço representou barreira para a adoção do serviço de banda larga poderão adquiri-lo. Além disso, o melhor desempenho do Wi-Fi 6 permitirá aumento no compartilhamento residencial, o que deve ser agregado aos novos adotantes. A maior penetração da banda larga, por sua vez, terá um impacto no PIB brasileiro. A Figura 4-2 apresenta a metodologia seguida para desenvolver esta estimativa.

⁴⁸Note-se que a experiência de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) nos Estados Unidos indica que, se o espectro alocado for adjacente às bandas 5 GHz originalmente usadas, o equipamento SDR existente pode ser convertido para uso na banda recentemente permitida e pode ser ajustado para funcionar pelo menos na banda inferior de 6 GHz. O uso de equipamento atual pode estar sujeito a padrões e protocolos, bem como a AFC que pode não ser possível com o equipamento atual. A designação "Internacional" também pode afetar a disponibilidade para uso.

⁴⁹ Entrevista de Alex Jucius, Diretor Geral, Associação NEO.

Figura 4-2. Metodologia para estimar o impacto no PIB do aumento da acessibilidade econômica da banda larga)



Fonte: Telecom Advisory Services

O ponto de partida é a quantidade de residências atendidas por provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) brasileiros, conforme mostrado na tabela 4-4, com redução de 1.962.163 em 2020 para 1.014.721 em 2030 (com alta concentração em áreas rurais neste último caso). Ao presumir a estabilidade de preços dos serviços de banda larga e contabilizar a previsão de crescimento do PIB do FMI, a acessibilidade econômica aumenta 3,60% ao ano. Deve-se reconhecer, entretanto, que nem todos os provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) migrarão para o Wi-Fi 6 imediatamente: consideramos que 7,5% das linhas serão impactadas em 2021, chegando a 75% em 2030. Isso produz o primeiro efeito de linhas adicionais devido à maior acessibilidade econômica. O segundo efeito é o aumento no compartilhamento de linhas existentes porque, sem congestionamento, o compartilhamento se torna mais viável (ver tabela 4-6).

Tabela 4-6. Brasil: Novas linhas de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) resultantes da maior acessibilidade econômica

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Nova adoção de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) após redução de preço (% de residências)	2.74	2.89	2.69	2.51	2.34	2.18	2.03	1.89	1.76	1.64	1.52
(2) Tráfego através da banda 6 GHz	0.00%	7.50%	15.00%	22.50%	30.00%	37.50%	45.00%	52.50%	60.00%	67.50%	75.00%
(3) Aumento nas conexões de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) devido aos preços mais baixos (residências que compram o serviço)	0	18,283	34,391	48,502	60,782	71,392	80,480	88,183	94,631	99,942	104,229
(4) % de compartilhamento	40.95%	45.16%	49.38%	53.59%	57.80%	62.00%	66.21%	70.41%	74.61%	78.81%	83.01%
(5) Aumento nas conexões de provedores de serviços de internet	0	26,540	51,372	74,492	95,913	115,659	133,765	150,274	165,237	178,709	190,748

sem fio (WISP) devido aos preços mais baixos (considerando as residências que compartilham a conexão)												
(6) Novos usuários devido à maior taxa de compartilhamento	0	5,808	21,743	45,788	76,187	111,418	150,166	191,302	233,861	277,024	320,101	

Fontes: análise Telecom Advisory Services.

A acumulação de ambos os efeitos leva a aumento na penetração da banda larga exclusivamente devido ao efeito do 6 GHz nos provedores de acesso à internet sem fio (WISP) brasileiros: até 0,67% em 2030. Com base no coeficiente de impacto da banda larga fixa no PIB calculado pelos autores em pesquisa para a International Telecommunication Union⁵⁰, o impacto total no PIB foi estimado (ver tabela 4-7).

Tabela 4-7. Brasil: contribuição no PIB de novas linhas de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) resultante do aumento da acessibilidade econômica

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(7) Aumento da penetração da banda larga nacional	0.00%	0.04%	0.10%	0.17%	0.24%	0.31%	0.38%	0.46%	0.53%	0.61%	0.67%
(8) Impacto da adoção de banda larga fixa no PIB	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745
(9) Aumento do PIB devido à nova adaptação da banda larga (% do PIB)	0.00%	0.01%	0.03%	0.05%	0.07%	0.08%	0.10%	0.12%	0.14%	0.16%	0.17%
(10) PIB (bilhões de US\$)	\$ 1,893	\$ 1,988	\$ 2,084	\$ 2,189	\$ 2,296	\$ 2,408	\$ 2,526	\$ 2,650	\$ 2,780	\$ 2,916	\$ 3,058
(11) Impacto total no PIB (bilhões de US\$)	\$ 0.000	\$ 0.286	\$ 0.648	\$ 1.066	\$ 1.516	\$ 1.955	\$ 2.539	\$ 3.172	\$ 3.849	\$ 4.565	\$ 5.315

Fontes: análise Telecom Advisory Services.

Adicionalmente, a extensão potencial do backhaul ponto a ponto pode aumentar a cobertura por provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) nas áreas rurais. Segundo levantamento da Cetic.br, existem 511.881 residências rurais sem banda larga que não

⁵⁰ Katz, R. e Callorda, F. (2018). *The economic contribution of broadband, digitization and ICT regulation: Econometric modelling for the Americas*. Genebra: União Internacional de Telecomunicações, p. 10.

adquirem o serviço por falta de cobertura. Se considerarmos que o espectro de 6 GHz permite que os provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) estendam sua cobertura para as áreas rurais, pode render aumento de pelo menos 24,57% das residências não atendidas (a penetração atual das residências rurais), o que resultaria em 125.884 casas (ou 0,18% de penetração adicional no Brasil). No entanto, considerando que alguns problemas de equipamento ainda precisam ser resolvidos (por exemplo, proteção contra intempéries), esse impacto não será incluído no efeito total.

Resumindo, o impacto cumulativo total no PIB resultante do aumento da penetração da banda larga devido à maior acessibilidade econômica e ao compartilhamento é de US\$ 24,91 bilhões.

5. AUMENTO DA VELOCIDADE MEDIANTE REDUÇÃO DO CONGESTIONAMENTO DAS REDES WI-FI

Como no caso dos provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP), o valor a ser gerado pelo aumento da velocidade média de wireless resultante da alocação de espectro na banda 6 GHz para todas as residências brasileiras com banda larga que contam com conectividade Wi-Fi se traduz em contribuição para o PIB e aumento no excedente do consumidor.

5.1. Velocidade atual da banda larga no Brasil e a relevância do congestionamento da rede Wi-Fi

A ANATEL informa que das 32.994.902 linhas de banda larga (abril de 2020), 15.574.719 (ou 47%) excedem 34 Mbps. Além disso, o índice Cisco Visual Networking Index aponta que 2,14% das linhas de banda larga fixa no Brasil ultrapassam 100 Mbps. Considerando a distribuição normal de linhas com mais de 100 Mbps, 0,89% das linhas excedem 150 Mbps: 293.654 de conexões. Esta estimativa é bastante razoável considerando o número de planos que excedem 100 Mbps oferecidos atualmente por várias operadoras (ver tabela 5-1).

Tabela 5-1. Brasil: Planos de banda larga fixa que excedem 100 Mbps

Operadora	Características	Plano 1	Plano 2	Plano 3	Plano 4	Plano 5	Plano 6
Claro	Velocidade	120	240	500			
	Preço	\$ 139.99	\$ 169.99	\$ 429.99			
	Geografia	Áreas diversas					
Oi	Velocidade	200	400				
	Preço	\$ 119.90	\$ 169.90				
	Geografia	Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Salvador, Fortaleza, Recife, Goiânia, Brasília, Porto Alegre, Curitiba					
TIM	Velocidade	150	400				
	Preço	\$ 125.00	\$ 150.00				
	Geografia	Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Amazonas, Bahia, Goiás e Pernambuco					
SERCOMTEL	Velocidade	100	150	200	250	300	500
	Preço	\$ 174.90	\$ 204.90	\$ 242.90	\$ 279.90	\$ 309.90	\$ 459.90
	Geografia	Paraná					
Algar Telecom	Velocidade	100	200	300			
	Preço	\$ 139.25	\$ 149.93	\$ 171.27			
	Geografia	Áreas diversas					
Brisanet	Velocidade	100	200				
	Preço	\$ 83.00	\$ 99.00				
	Geografia	Áreas diversas					
SBS Net	Velocidade	125	200	250	300	350	450

	Preço	\$ 69.90	\$ 99.90	109.9	149.9	189.9	249.9
	Geografia	Minas Gerais – São Paulo					
Cabo Telecom	Velocidade	150	250	350			
	Preço	\$ 94.90	\$ 137.90	185.9			
	Geografia	Rio Grande do Norte - Paraíba					
Unifique Telecomunicações	Velocidade	100	150	200	300	400	500
	Preço	\$ 109.90	\$ 139.90	169.9	229.9	289.9	349.9
	Geografia	Santa Catarina					

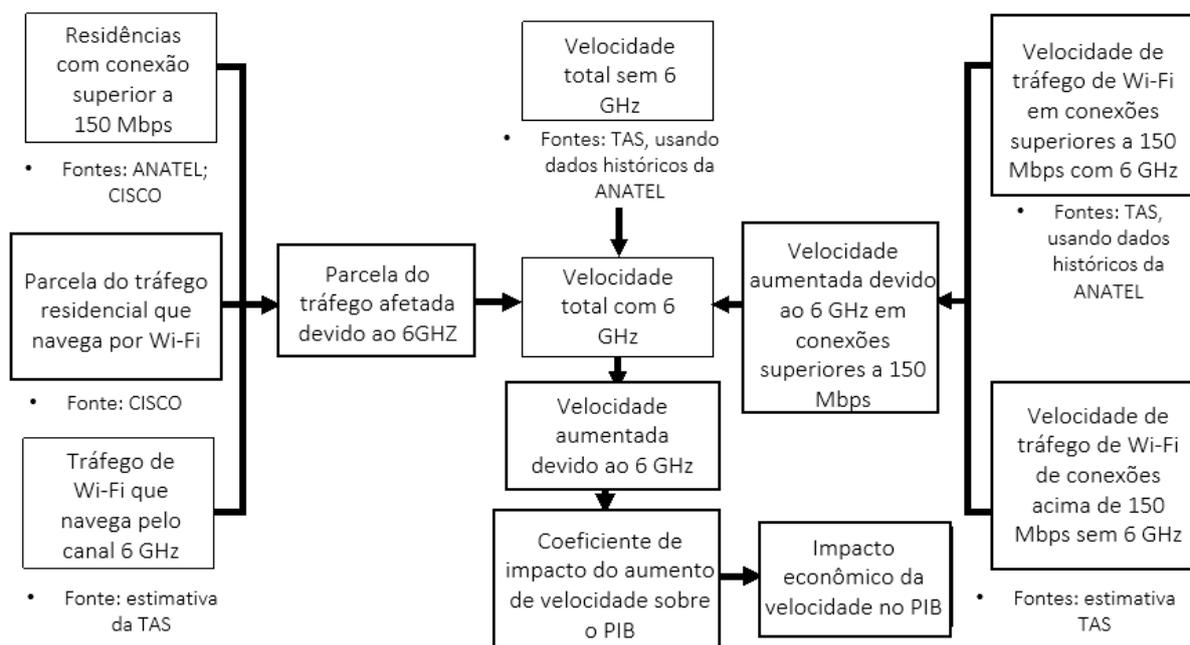
Fonte: Compilado por Telecom Advisory Services de sites de operadoras

Conforme explicado no capítulo 3, se uma residência adquire linha de banda larga fixa de 150 Mbps, o roteador se torna um ponto de estrangulamento na rede e a velocidade experimentada no nível do dispositivo é bem inferior à fornecida pela rede fixa. Embora, dada a análise das estatísticas acima, o número de linhas no Brasil potencialmente passando por um gargalo no nível do roteador seja baixo, uma projeção para os próximos cinco anos indica que, até 2025, esse número aumentará para 3.099.332 de linhas (ou 7,02% do total de 44.150.024 linhas). Assim, dado o aumento na velocidade de download das linhas fixas de banda larga, se o desempenho do Wi-Fi não for melhorado com a abertura de espectro adicional, o equipamento interno se tornará um gargalo de rede, e a velocidade experimentada pelo consumidor em casa não será equivalente à fornecida pelas redes fixas. Inversamente, ao aumentar o espectro 6 GHz alocado para o Wi-Fi, a velocidade aumentará com o consequente efeito econômico.

5.2. Contribuição da redução do congestionamento da rede Wi-Fi para o PIB

O objetivo é estimar o impacto no PIB da futura alteração da velocidade média da banda larga decorrente do aumento da velocidade para as residências com gargalo de Wi-Fi (aquelas adquirindo plano de banda larga fixa que excede 150 Mbps agora e no futuro). Conforme explicado acima, apesar de a capacidade de banda larga chegar à casa, esses usuários enfrentariam um gargalo no desempenho da rede como resultado do espectro limitado do equipamento na residência do consumidor (por exemplo, roteador Wi-Fi). A Figura 5-1 apresenta a metodologia seguida para desenvolver a estimativa.

Figura 5-1. Metodologia para estimar o impacto no PIB da redução do congestionamento de Wi-Fi



Fonte: Telecom Advisory Services

O ponto de partida da metodologia é estimar o número de residências no Brasil que têm conexão em excesso de 150 Mbps que sofreriam congestionamento de Wi-Fi em decorrência de roteadores que utilizam as bandas 0,4 GHz e 5,8 GHz. Com base na alocação atual de 2,4 GHz e 5 GHz, o desempenho do roteador duplo atinge atualmente 266,50 Mbps, o que resulta da suposição de uma divisão uniforme do tráfego entre a banda 2,4 GHz (a 173 Mbps) e a banda 5 GHz (a 360 Mbps)⁵¹. A atribuição de espectro na banda 6 GHz aumentaria a capacidade média do roteador e reduziria o congestionamento, e, com isso, a velocidade média da banda larga aumentaria⁵². Esse cálculo pressupõe que 5% do tráfego será roteado pela banda 6 GHz em 2021, chegando a 75% em 2030.

Como nem todas as residências assinam conexão de banda larga fixa que tem gargalo no equipamento na residência do consumidor, consideramos em nossa análise apenas as residências brasileiras que têm conexão em excesso de 150 Mbps (que, em projeção para 2021 a partir dos dados da ANATEL, supomos que será de 1,05% em 2021 e aumentará para 44% até 2030). Além disso, nem todo o tráfego passa por um gargalo no roteador, pois parte dele é distribuído por cabeamento ethernet, evitando assim o Wi-Fi. Tal parcela está relativamente estável, partindo de 60,54% e chegando a 61,63% ao final do período. Por fim,

⁵¹ Ver estudo RAND, tabela 5.2, p. 22, Cenário 1.

⁵² Um esclarecimento importante: embora esta análise seja realizada em relação à taxa de transferência total de um roteador, o fator principal é o desempenho percebido por um único usuário, que é inferior a 468,00 Mbps. Através do uso de várias bandas e fluxos espaciais, os roteadores atuais geralmente têm taxa de transmissão (throughput) total bem acima da velocidade que podem habilitar para dispositivos individuais. Por exemplo, um dispositivo de ponta 802.11ax tem capacidade, teoricamente, para uma taxa de transferência total de 4,8 Gbps. O acréscimo de 1.200 MHz na banda 6 GHz tem um impacto no nível do dispositivo que pode ser maior do que a taxa de transmissão (throughput) total do roteador.

considera-se que, em 2021, 7,50% do tráfego de Wi-Fi será distribuído através do 6 GHz do roteador, chegando a 75% em 2030 (ver tabela 5-1).

Tabela 5-1. Brasil: Estimativa de conexões de banda larga fixa afetadas pela decisão de 6 GHz

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Residências que têm conexões acima de 150 Mbps (%)	0.89%	1.05%	2.22%	4.37%	5.56%	7.02%	8.79%	13.52%	20.35%	30.12%	44.00%
(2) Parcela do tráfego doméstico que passa por Wi-Fi (%)	60.54%	60.65%	60.76%	60.87%	60.98%	61.08%	61.19%	61.30%	61.41%	61.52%	61.63%
(3) Tráfego através do canal 6 GHz (%)	0.00%	7.50%	15.00%	22.50%	30.00%	37.50%	45.00%	52.50%	60.00%	67.50%	75.00%
(4) Parcela de tráfego afetado devido ao 6 GHz (%)	0.00%	0.05%	0.20%	0.60%	1.02%	1.61%	2.42%	4.35%	7.50%	12.51%	20.34%

Fontes: ANATEL; Cisco Virtual Networking Index

Essa alocação terá impacto na velocidade de download do Wi-Fi de 200 Mbps adicionais em 2021, alcançando 650 Mbps em 2030 (ver tabela 5-2).

Tabela 5-2. Brasil: Estimativa de velocidade de banda larga fixa em conexões afetadas pela decisão de 6 GHz

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(5) Velocidade do tráfego Wi-Fi de conexões acima de 150 Mbps (sem 6 GHz) (Mbps)	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
(6) Velocidade de tráfego de Wi-Fi de conexões em excesso de 150 Mbps (com 6 GHz) (Mbps)	300.00	350.00	400.00	450.00	500.00	550.00	600.00	650.00	700.00	750.00	800.00
(7) Aumento de velocidade devido ao 6 GHz (Mbps)	150.00	200.00	250.00	300.00	350.00	400.00	450.00	500.00	550.00	600.00	650.00

Fontes: análise da Telecom Advisory Services

Tendo removido o gargalo do espectro, a previsão da velocidade média de banda larga fixa das residências tende a crescer sem restrições. Isso resulta em aumento de velocidade de 0,10 Mbps para a conexão média de banda larga em 2021, atingindo 132,18 Mbps em 2030.

Tabela 5-3. Brasil: Aumento de velocidade resultante da alocação de 6 GHz

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(9) Velocidade média sem 6 GHz (Mbps)	43.26	48.27	54.43	66.04	77.32	92.58	108.54	126.43	152.08	189.17	243.00
(10) Velocidade média com 6 GHz (Mbps)	43.26	48.36	54.94	67.83	80.88	99.01	119.42	148.19	193.32	264.20	375.18
(11) Diferença	0.00	0.10	0.51	1.79	3.56	6.44	10.89	21.76	41.24	75.03	132.18

Fontes: análise da Telecom Advisory Services

Tal aumento é usado para calcular o impacto no PIB. O coeficiente de impacto econômico da velocidade adicional foi calculado por meio de um modelo econométrico baseado em um painel de dados históricos criado para 49 países com velocidade média de dados superior a 40 Mbps na série temporal entre 2008 e 2019.⁵³ Os dados compreenderam 575 observações de dados trimestrais para:

- Velocidade média de download de banda larga fixa⁵⁴ (fonte: Speedtest Global Index)
- Produto Interno Bruto (a preços atuais em US\$) (fonte: FMI)⁵⁵
- População (fonte: FMI)
- Adoção da banda larga fixa (porcentagem de residências com banda larga fixa com velocidade de pelo menos 256 kbps) (fonte: International Telecommunication Union)
- Controles por país e períodos

O modelo inclui:

- controle para o PIB do trimestre anterior, para isolar o efeito inercial do crescimento do país
- velocidade de download com defasagem de quatro trimestres (1 ano) para evitar efeito de causalidade reversa
- mudanças na relação de emprego para isolar o efeito sobre o PIB da evolução do mercado de trabalho
- a taxa de investimento do país (% do PIB) com defasagem de quatro trimestres (1 ano) para isolar o efeito do investimento no PIB
- a taxa de penetração da banda larga fixa para separar o efeito de adoção da banda larga do efeito de velocidade

$$\ln GDP_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_{it-1} + \beta_2 \ln Download Speed_{it-4} + \beta_3 \ln Employment_{it} + \beta_4 \ln Investment Rate_{it} + \beta_5 \ln Fixed Broadband Adoption_{it} + \delta Country_i + \theta Time_t + \mu_{it}$$

Acreditamos que a inclusão da taxa de investimento do país como porcentagem do PIB com defasagem de quatro trimestres e a taxa de penetração da banda larga e a especificação do

⁵³ Embora 176 países sejam publicados agora pela *Speedtest*, só pudemos usar uma série temporal para executar o modelo, o que limitou o número de países a 159. Destes, executamos o modelo apenas para os países que exibiram uma velocidade média de banda larga fixa superior a 40 Mbps em algum momento.

⁵⁴ O painel de dados do *Speedtest Global Index* cobre 159 países.

⁵⁵ Os modelos utilizaram o PIB a preços atuais em dólares, pois o objetivo é medir o impacto do PIB em dólares, sem considerar a paridade de poder de compra (PPC) como deflator.

modelo executado em um painel mundial ajudam a corrigir qualquer viés variável omitido. Por exemplo, a inclusão da adoção da banda larga fixa, que está relacionada com a velocidade da banda larga, permite capturar uma parte do impacto do PIB que, de outra forma, seria incorretamente atribuído à velocidade da banda larga. Com isso em mente, o modelo produz os seguintes resultados: cada duplicação da velocidade da banda larga fixa resulta no crescimento do PIB em 0,73% (ver Tabela 5-4).

Tabela 5-4. Impacto da velocidade de download de banda larga fixa no PIB

Impacto do ln no PIB	Velocidade de download superior a 40 Mbps
Velocidade de download Ln t-4 (Ln Download Speed t-4)	0.00730 (0.00211) ***
Emprego Ln t (Ln Employment t)	0.00458 (0.00165) ***
Investimento Ln t-4 (Ln Investment t-4)	-0.00085 (0.00481)
Controle para adoção de banda larga fixa	0.00284 (0.00414)
Controle para crescimento do PIB anterior	0.99454 *** (0.00168)
Efeito fixo do país	Sim
Efeito fixo de tempo	Sim
Número de países	49
Observações	575
R-Quadrado (R-Square)	0.9438

***, **, * significativo a 1%, 5% e 10% do valor crítico, respectivamente.

Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

Ao aplicar o coeficiente de impacto no PIB de 0,73% para um aumento de 100% na velocidade, estimamos o impacto geral do PIB resultante de aumento na velocidade como resultado da alocação de 6 GHz⁵⁶.

Tabela 5-5. Brasil: Estimativa do impacto econômico pela redução do congestionamento de Wi-Fi

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(12) Velocidade de impacto no PIB	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%
(13) Aumento do PIB (%)	0.00%	0.00%	0.01%	0.02%	0.03%	0.05%	0.07%	0.13%	0.20%	0.29%	0.40%
(14) PIB Brasil em bilhões de US\$	\$1,717	\$1,778	\$1,842	\$1,909	\$1,977	\$2,049	\$2,122	\$2,199	\$2,278	\$2,360	\$2,445
(15) Impacto (bilhões de US\$)	\$0.000	\$0.026	\$0.125	\$0.378	\$0.665	\$1.040	\$1.554	\$2.762	\$4.509	\$6.833	\$9.708

Fontes: ANATEL; Cisco Virtual Networking Index

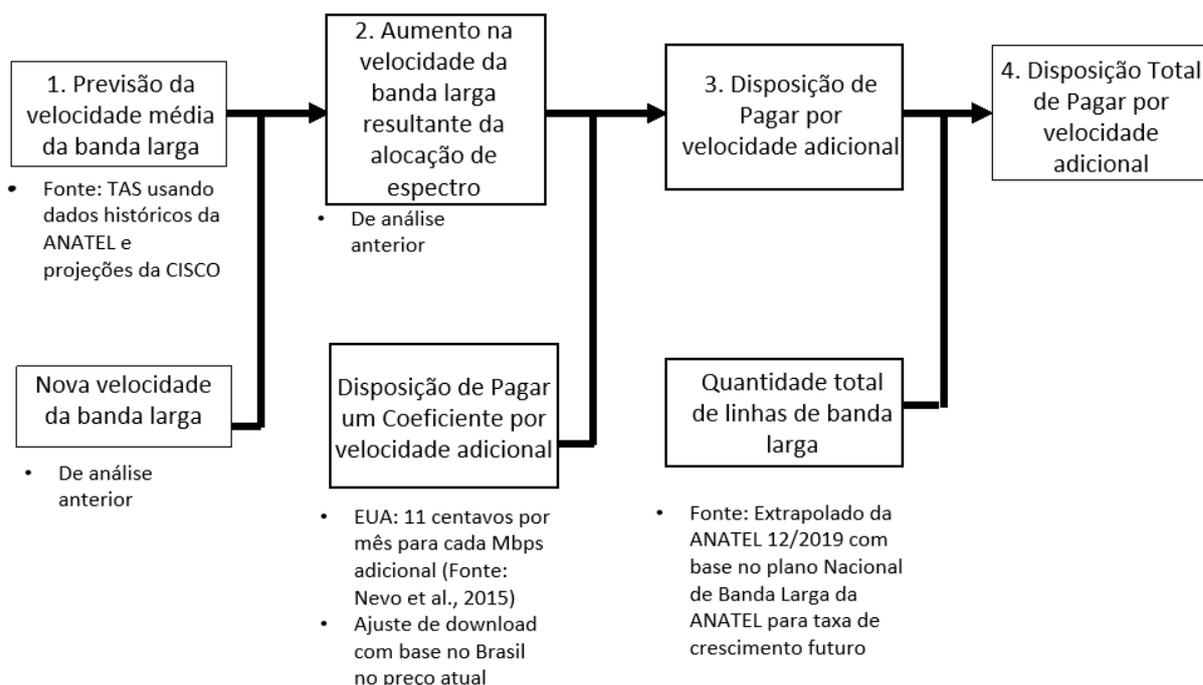
A contribuição total para o PIB da alocação da banda 6 GHz entre 2021 e 2030 alcançará US\$ 27,60 bilhões.

⁵⁶ Note-se que, embora o coeficiente de adoção da banda larga fixa não seja estatisticamente significativo, isso se deve ao fato de que os países incluídos na amostra apresentam penetração da banda larga fixa extremamente elevada; para esses países, o principal impacto econômico não é na adoção (por exemplo, adotantes tardios terão menos impacto), mas na velocidade.

5.3. Contribuição da redução do congestionamento da rede Wi-Fi para o excedente do consumidor

Conforme demonstrado acima, a alocação da banda 6 GHz para uso não licenciado terá um efeito positivo líquido em termos de aumento da taxa de transmissão (throughput) do roteador e, portanto, da velocidade média da banda larga. Reiterando, o excedente do consumidor a ser estimado neste caso não deve fazer parte da contribuição ao PIB, mas pode ser considerado como parte do valor econômico agregado. O principal objetivo é estimar o aumento na disposição de pagar dos consumidores derivado da aceleração nas velocidades médias de banda larga. A abordagem para estimar o excedente do consumidor se baseia nos mesmos cálculos apresentados acima em termos do aumento na velocidade do Wi-Fi, mas os considera em termos de velocidade wireless adicional e o consequente impacto na disposição de pagar (ver Figura 5-2).

Figura 5-2. Metodologia para estimar a contribuição do Excedente do Consumidor resultante da redução do congestionamento de Wi-Fi



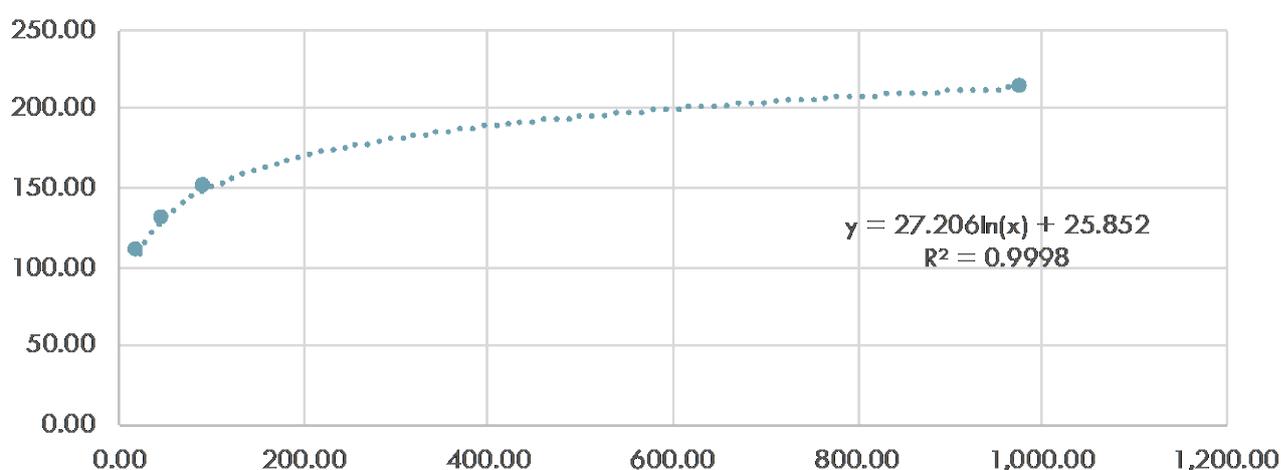
Fonte: Telecom Advisory Services

Calculado com base na velocidade da banda larga, a velocidade média da banda larga esperada em 2021 no Brasil é de 48,27 Mbps. Ao abordar o gargalo para usuários que adquirem serviço excedente de 150 Mbps, a velocidade média aumentará para 375,18 Mbps em 2030, o que resulta em um aumento líquido na velocidade de 132,18 Mbps (calculado na tabela 5-3 na metodologia para estimar o retorno da velocidade na seção 5.1).

A próxima etapa é estimar quanto os consumidores estariam dispostos a pagar pela velocidade adicional. Dada a falta de dados da disposição de pagar do brasileiro, a análise realizada para este estudo baseia-se nos dados que especificam a relação entre velocidade e

excedente do consumidor gerados no estudo de Nevo et al. (2016) para os Estados Unidos.⁵⁷ Essa pesquisa fornece evidências empíricas de que a disposição de pagar (WTP) dos consumidores para melhorar a velocidade da banda larga em 1 Mbps varia de quase zero a pouco mais de US\$ 5,00. O intervalo é determinado pela heterogeneidade na WTP, embora o valor médio seja US\$ 2,02 e a mediana seja US\$ 2,48. Além disso, o estudo também indica que a velocidade mais alta realmente gera um excedente substancial. Entretanto, devido ao valor marginal decrescente da velocidade, velocidades de mais de 10 vezes as oferecidas pelos planos de banda larga típicos implicam apenas 1,5 vez o excedente.⁵⁸ Os dados fornecidos no estudo de Nevo et al. (2016) permitem estimar uma curva logarítmica que descreve a relação entre a disposição de pagar e a velocidade (ver Gráfico 5-1).

Gráfico 5-1. Curva logarítmica da relação entre velocidade de banda larga e disposição de pagar (com base em Nevo et al., 2016)



Nota: Com base nos pontos de dados da tabela VII e tabela VI de Nevo et al., 2016.

Fonte: Nevo et al. (2016); análise da Telecom Advisory Services

De acordo com os dados do Gráfico 5-1, um aumento na velocidade de 92,50 Mbps para 977,90 Mbps (dez vezes) aumenta a disposição de pagar de \$ 149,90 para \$ 212,90 (perto de 1,5 vez). A equação que relaciona a velocidade ao excedente do consumidor foi então usada para estimar o valor a ser derivado das velocidades de download mais rápidas habilitadas pela alocação da banda 6 GHz para uso não licenciado. Para este propósito, a diferença entre a velocidade média de download habilitada pelas frequências de 6 GHz e a velocidade média atual de download, conforme aumentada anualmente na taxa de crescimento atual, foi multiplicada pelo coeficiente da curva logarítmica conforme ilustrado no Gráfico 5-1. Isso resulta em um adicional de \$ 1,10 por mês (ou \$ 13,22 por ano). A curva foi ajustada para baixo por um fator de 80,43% para compensar as diferenças de preços entre os Estados Unidos e o Brasil. Estimando, com base em dados da ANATEL e da CISCO, que até 2030 o

⁵⁷ Nevo, A., Turner, J., and Williams, J. (Mar. 2016). "Usage-based pricing and demand for residential broadband", *Econometrica*, vol. 84, No.2, p. 441-443.

⁵⁸ Tal achado é consistente com as evidências fornecidas em Liu et al. (2017), que descobriu que a forma de avaliação, pelas residências, da velocidade da banda larga é côncava. "As residências estão dispostas a pagar cerca de \$ 2,34 por Mbps (\$ 14 no total) mensalmente para aumentar a largura de banda de 4 Mbps para 10 Mbps, \$ 1,57 por Mbps (\$ 24) para aumentar de 10 para 25 Mbps e apenas \$ 0,02 por Mbps (\$ 19) para um aumento de 100 Mbps a 1000 Mbps."

número de assinantes de banda larga chegará a 46,28 milhões, calcula-se o excedente total do consumidor.

Sob essas duas premissas, o impacto do excedente do consumidor seria de \$ 18 milhões em 2021 (ver resultados e cálculos na Tabela 5-6).

Tabela 5-6. Excedente do consumidor de 6 GHz não licenciado (2021)

	Dados	Fonte
(1) Velocidade média de download de banda larga fixa em 2021 (no dispositivo do usuário final)	48.27	Análise de retorno para velocidade
(3) Nova velocidade média de download de banda larga fixa	48.36	Análise de retorno para velocidade
(4) Demanda por velocidade média de download	\$ 105.62	Equação no gráfico 3-2
(5) Nova demanda por velocidade média de download	\$ 195.67	Equação no gráfico 3-2
(6) Excedente do consumidor mensal adicional	\$ 0.04	(4 - 3)
(7) Excedente do consumidor anual adicional	\$ 0.52	(5) * 12
(8) Conexões fixas de banda larga (milhões)	35.431	Estimativa usando dados históricos da Comissão Federal de Comunicações (FCC)
(9) Impacto (milhões de US\$)	\$ 18	(7)*(8)

Fonte: análise da Telecom Advisory Services

Como no caso do retorno para velocidade analisado acima, o excedente do consumidor anual gerado pelo Wi-Fi mais rápido será influenciado pelas mesmas tendências que evoluem após 2022. Essas tendências afetarão a contribuição anual a velocidades mais rápidas resultantes da alocação de 6 GHz como segue (ver Tabela 3-9).

Tabela 3-9. Excedente do consumidor de 6 GHz não licenciado (2020-2030)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Velocidade média de download	43.26	48.27	54.43	66.04	77.32	92.58	108.54	126.43	152.08	189.17	243.00
(2) Nova velocidade média de download	43.26	48.36	54.94	67.83	80.88	99.01	119.42	148.19	193.32	264.20	375.18
(3) Demanda por velocidade média de download	103.23	105.62	108.25	112.48	115.94	119.88	123.36	126.70	130.74	135.51	140.99
(4) Nova demanda por velocidade média de download	103.23	105.67	108.46	113.07	116.92	121.35	125.45	130.17	135.99	142.82	150.50
(5) Excedente do consumidor mensal adicional	\$ 0.00	\$ 0.04	\$ 0.20	\$ 0.59	\$ 0.98	\$ 1.47	\$ 2.09	\$ 3.47	\$ 5.25	\$ 7.31	\$ 9.50
(6) Excedente do consumidor anual adicional	\$ 0.00	\$ 0.52	\$ 2.43	\$ 7.04	\$ 11.82	\$ 17.65	\$ 25.10	\$ 41.70	\$ 63.00	\$ 87.72	\$ 114.05
(7) Conexões de banda larga fixa (milhões)	34.073	35.431	37.023	38.884	41.042	44.042	44.483	44.928	45.377	45.831	46.289
(8) Impacto (milhões de US\$)	\$ 0	\$ 18	\$ 90	\$ 274	\$ 485	\$ 777	\$ 1,117	\$ 1,873	\$ 2,859	\$ 4,020	\$ 5,279

Fonte: ANATEL ; Nevo et al. (2016); análise da Telecom Advisory Services

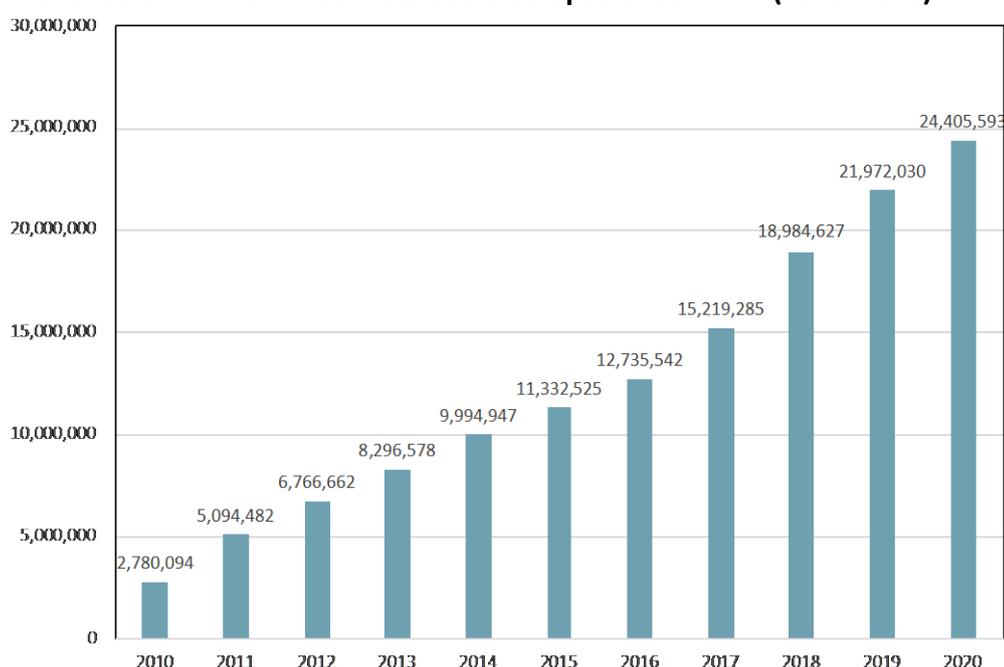
O aumento das residências padrão no excedente do consumidor evolui de US\$ 0,52 em 2021 para US\$ 114,05 em 2030 (as residências com gargalo terão um aumento superior a isso, mas as residências sem gargalo terão \$ 0); este é o valor multiplicado pelo número total de conexões. O excedente do consumidor total associado à banda 6 GHz entre 2021 e 2030 chegará a US\$ 16,79 bilhões.

6. AMPLA UTILIZAÇÃO DA INTERNET DAS COISAS (IOT)

6.1. A importância crítica da Internet das Coisas (IoT) no Brasil

Considerando, como mencionado acima, que os dispositivos da Internet das Coisas (IoT) vêm sendo implantados no Brasil há vários anos, a estimativa do valor econômico de implantação "mais ampla" resultante da combinação de quantidade significativa de capacidade de espectro exige que se descubra o impacto devido ao crescimento natural de IoT com base na extrapolação das taxas de penetração atuais. A adoção de M2M como métrica de implantação de IoT (o único indicador disponível para medir IoT) atingiu uma base instalada de 24 milhões em 2020 (ver Gráfico 6-1).

Gráfico 6-1. Brasil: Base instalada de dispositivos M2M (2010-2020)



Fonte: GSMA Intelligence

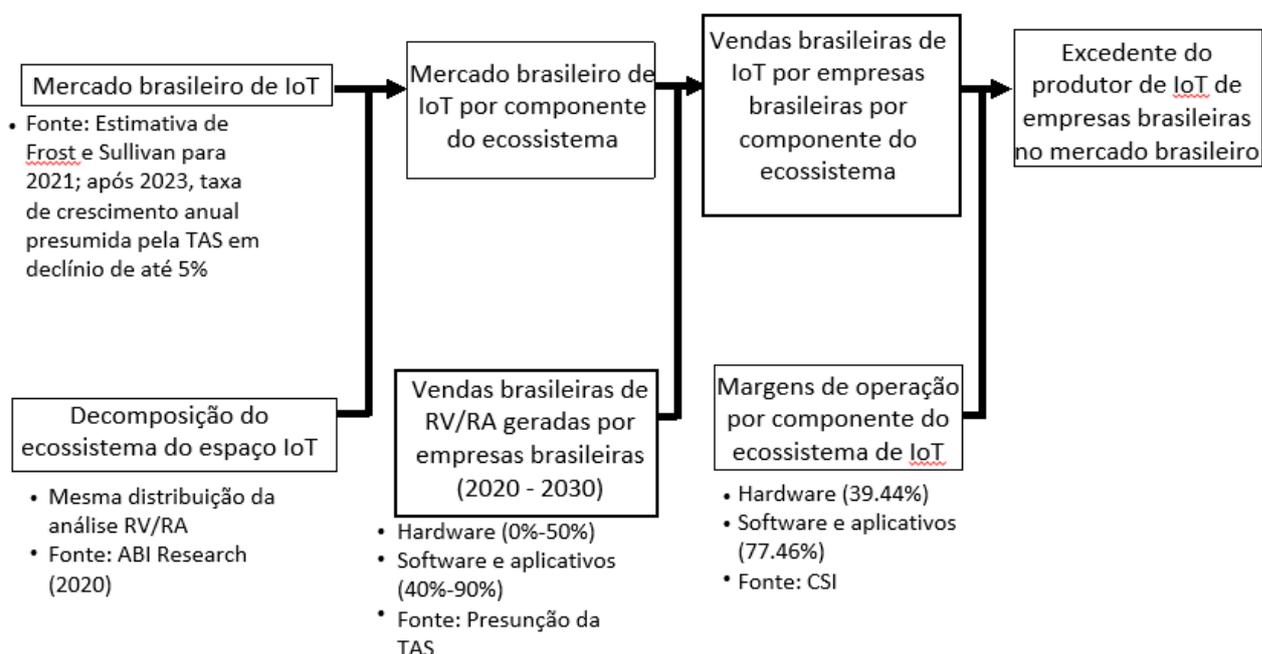
Por outro lado, o mercado brasileiro de IoT em 2020 é estimado em US\$ 2,75 bilhões⁵⁹. A implantação aprimorada de IoT como resultado da alocação de 6 GHz para uso não licenciado desencadeará dois efeitos econômicos: (i) geração de excedente do produtor (isto é, margens) de fornecedores brasileiros de ecossistemas no segmento de IoT, e (ii) repercussão da IoT na eficiência de setores brasileiros.

6.2. Excedente do produtor em empresas do ecossistema Internet das Coisas (IoT)

O objetivo é calcular o impacto que a alocação da banda 6 GHz teria em termos de expansão da base instalada de IoT, gerando excedente do consumidor (ou seja, margens operacionais) para os fornecedores brasileiros de hardware, software e integração de sistemas (ver figura 6-1).

⁵⁹ Frost & Sullivan (2021). *Industrial Internet of Things (IoT) revenue in Brazil (2016-2021)*.

Figura 6-1. Metodologia para estimar o excedente do produtor de fornecedores brasileiros de IoT



Fonte: Telecom Advisory Services

Começando com as receitas do mercado brasileiro de IoT em 2020, primeiro estimamos a parte que pode ser exclusivamente atribuída à alocação adicional de espectro em 6 GHz. Tal estimativa é calculada com base na medição da diferença entre o crescimento do mercado de 19,50%, atingindo 5% em 2030, e uma extrapolação da tendência de crescimento anterior das conexões M2M (ver Tabela 6-1).

Tabela 6-1. Brasil: mercado de IoT (2020-2030)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Receita do setor de IoT no Brasil	\$ 2.75	\$ 3.29	\$ 3.93	\$ 4.70	\$ 5.45	\$ 6.17	\$ 6.85	\$ 7.46	\$ 8.01	\$ 8.50	\$ 8.92
(2) Taxa de crescimento de (1)	19.50%	19.50%	19.50%	19.50%	16.06%	13.22%	10.88%	8.96%	7.38%	6.07%	5.00%
(3) Vendas devido à banda 6 GHz (%)	0.00%	1.68%	6.27%	16.42%	28.13%	40.43%	44.84%	48.61%	51.89%	54.77%	40.43%
(4) Vendas devido à banda 6 GHz (em bilhões de US\$)	\$ 0.00	\$ 0.06	\$ 0.25	\$ 0.77	\$ 1.53	\$ 2.77	\$ 3.34	\$ 3.89	\$ 4.41	\$ 4.89	\$ 2.77

Fonte: Frost & Sullivan (2018); análise da Telecom Advisory Services

Para calcular o excedente do produtor, precisamos estimar a divisão dos componentes do fornecedor (hardware, software e integração de sistemas) (ver tabela 6-2).

Tabela 6-2. Brasil: mercado de IoT por suprimentos de ecossistema (2020-2030)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Hardware	23.24%	16.56%	16.08%	16.59%	17.41%	19.05%	21.82%	26.07%	31.46%	37.91%	45.39%
Software e Aplicativos	76.76%	83.44%	83.92%	83.41%	82.59%	80.95%	78.18%	73.93%	68.54%	62.09%	54.61%

Fonte: Frost & Sullivan (2018); ABI Research (2020); análise da Telecom Advisory Services

Além disso, a porção do mercado a ser atendida por provedores brasileiros também foi estimada (ver tabela 6-3).

Tabela 6-3. Brasil: Participação do mercado de IoT atendido por fornecedores brasileiros (2020-2030)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Hardware	0.00%	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%	25.00%	30.00%	35.00%	40.00%	45.00%	50.00%
Software e Aplicativos	40.00%	45.00%	50.00%	55.00%	60.00%	65.00%	70.00%	75.00%	80.00%	85.00%	90.00%

Fonte: Frost & Sullivan (2018); ABI Research (2020); análise da Telecom Advisory Services

Com base nas margens operacionais por componente, o excedente do produtor para os fornecedores brasileiros de soluções de IoT foi estimado (ver tabela 6-4).

Tabela 6-4. Brasil: Excedente do produtor de fornecedores brasileiros de IoT (em bilhões de US\$) (2020-2030)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Hardware	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.01	\$ 0.02	\$ 0.04	\$ 0.07	\$ 0.12	\$ 0.19	\$ 0.30	\$ 0.44
Software e Aplicativos	\$ 0.00	\$ 0.02	\$ 0.08	\$ 0.27	\$ 0.59	\$ 0.89	\$ 1.17	\$ 1.44	\$ 1.65	\$ 1.80	\$ 1.86
Total	\$ 0.00	\$ 0.02	\$ 0.08	\$ 0.28	\$ 0.61	\$ 0.93	\$ 1.24	\$ 1.56	\$ 1.85	\$ 2.10	\$ 2.30

Fonte: Frost & Sullivan (2018); ABI Research (2020); análise da Telecom Advisory Services

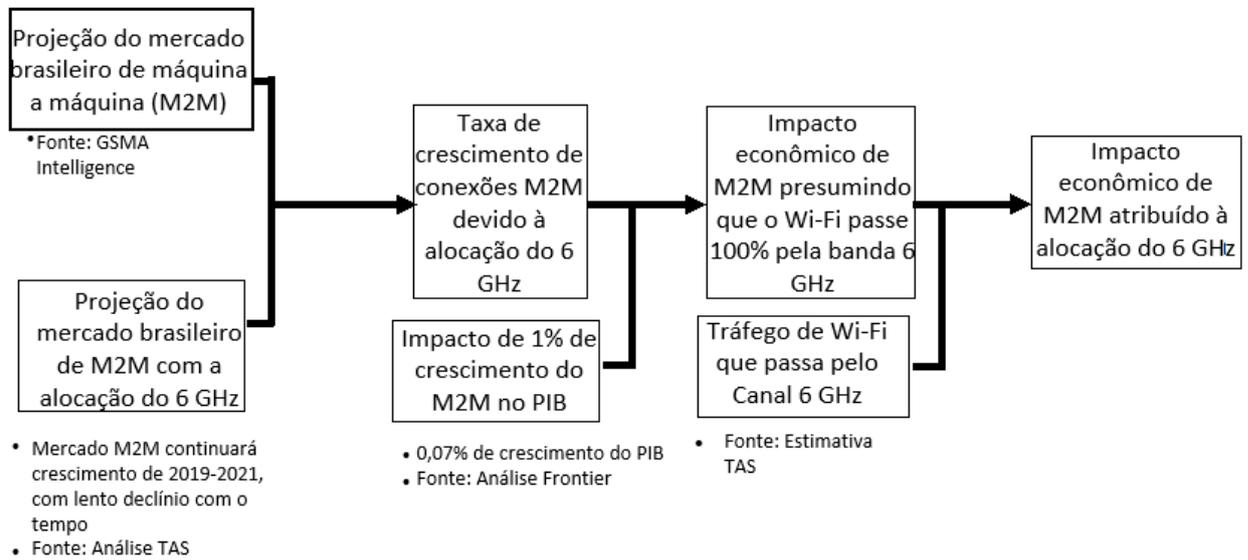
O valor total acumulado do excedente do produtor resultante das vendas de IoT por empresas brasileiras no Brasil é US\$10,96 bilhões.

6.3. Repercussão da implantação de Internet das Coisas (IoT) impulsionada pela atribuição da faixa de 6 GHz no Brasil

A adoção de IoT contribui para o crescimento do PIB por meio da variedade de casos de uso que melhoram a eficiência em processos como manutenção preventiva e monitoramento de produção. Para esse cálculo, usamos um coeficiente de impacto no PIB calculado por meio de uma simples função de produção agregada, segundo a qual um aumento de 10% nas conexões M2M resulta em crescimentos anuais do PIB na faixa de 0,3% a 0,9% (ver figura 6-2).⁶⁰

⁶⁰ Ver Frontier Economics (2018). O impacto econômico de IoT: uma tecnologia revolucionária expressa em números.

Figura 6-2. Metodologia para estimar o excedente do produtor de fornecedores brasileiros de IoT



Fonte: Telecom Advisory Services

Utilizando o coeficiente central de impacto no PIB (0,7% para cada 10% de base instalada), estimamos que em 2021 o impacto de IoT seria 0,01% do PIB. Considerando que o PIB brasileiro alcançará US\$1.778 bilhões em 2021 (fonte: IMF), estima-se que nesse ano o impacto de IoT seria \$0,12 bilhões (ver Tabela 6-5).

Tabela 6-5. Brasil: Reflexo do IoT (em US\$ bilhões) (2020-2030)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Brasil sem 6 GHz	24,405,593	26,654,443	27,749,688	26,640,956	24,371,731	23,133,955	22,209,643	21,322,263	20,470,337	19,652,450	18,867,241
(2) Taxa de Crescimento (%)	11.08%	9.21%	4.11%	-4.00%	-4.00%	-4.00%	-4.00%	-4.00%	-4.00%	-4.00%	-4.00%
(3) Brasil com 6 GHz	24,405,593	27,108,691	29,606,617	31,876,266	33,909,260	35,708,485	37,284,780	38,654,072	39,835,096	40,847,673	41,711,503
(4) Taxa de Crescimento (%)	11.08%	11.08%	9.21%	7.67%	6.38%	5.31%	4.41%	3.67%	3.06%	2.54%	2.11%
(5) Crescimento devido ao 6.0 MHz (%)	0.00%	1.86%	5.11%	11.66%	10.37%	9.30%	8.41%	7.67%	7.05%	6.54%	6.11%
(6) Impacto do Crescimento de 1% no M2M sobre o PIB	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%
(7) Uso da Faixa de 6 GHz	0.00%	7.50%	15.00%	22.50%	30.00%	37.50%	45.00%	52.50%	60.00%	67.50%	75.00%
(8) Impacto no PIB (%)	0.00%	0.01%	0.05%	0.18%	0.22%	0.24%	0.26%	0.28%	0.30%	0.31%	0.32%
(9) PIB do Brasil GDP US\$ Bilhões	1,717	1,778	1,842	1,909	1,977	2,049	2,122	2,199	2,278	2,360	2,445
(10) Impacto Total (US\$ Bilhões)	0.00	0.17	0.99	3.51	4.31	5.00	5.62	6.20	6.75	7.29	7.84
(11) Impacto Direto (US\$ Bilhões)	0.00	0.06	0.25	0.77	1.53	2.17	2.77	3.34	3.89	4.41	4.89
(12) Impacto Indireto (US\$ Bilhões)	0.00	0.12	0.74	2.73	2.77	2.83	2.85	2.85	2.85	2.88	2.96

Fonte: GSMA Intelligence; Frontier Economics; Telecom Advisory Services analysis

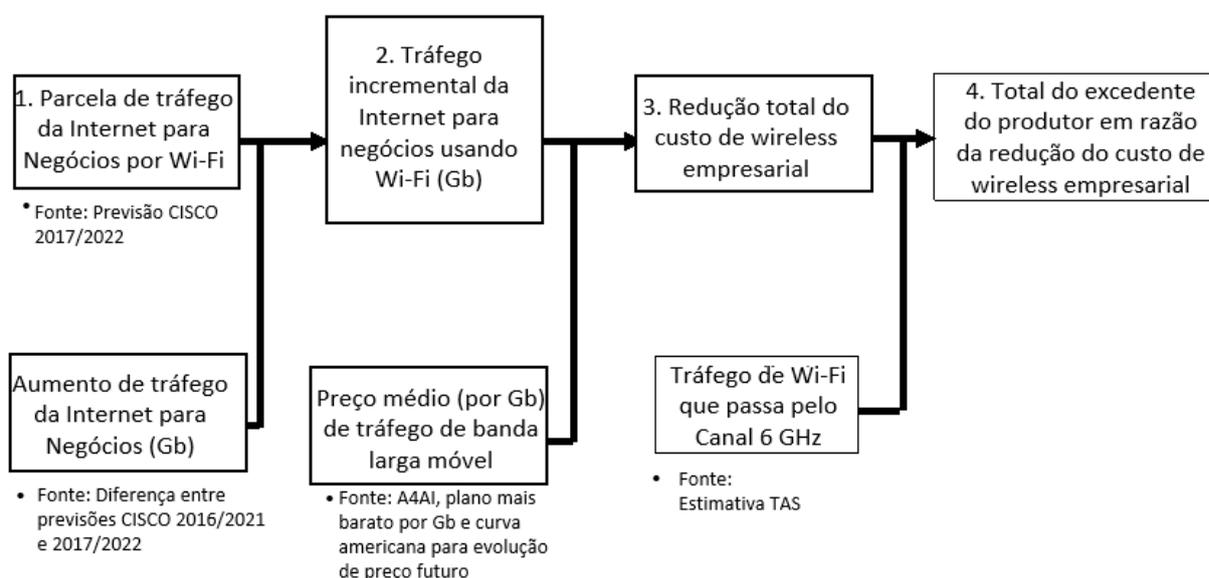
De acordo com os dados da linha 12, o impacto acumulado de um maior emprego de IoT, impulsionado pelas propostas referentes ao espectro de 6 GHz, alcançará US\$23,59 bilhões em 2030.

7. REDUÇÃO DOS CUSTOS DA EMPRESA COM TECNOLOGIA WIRELESS

O uso de aplicações corporativas baseadas na IoT e RA/RV (que é analisada abaixo), entre outros casos de uso, ocasionará um crescimento exponencial no tráfego de dados, o que ficará a cargo de dispositivos operando no espectro não licenciado, mediante o uso combinado das faixas de 2 GHz, 5 GHz inferior e 6 GHz. Nas atuais condições, as redes corporativas de Wi-Fi veiculam canais de 20 ou 40 MHz, devido à carência de espectro e restrições de dispositivos. O Wi-Fi requer que canais de 80 MHz ofereçam 1 Gb de taxa de transmissão (throughput), o que indica a existência de limitações. Portanto, a alocação do 6 GHz é crítica para a gestão de aplicações corporativas. O impacto no PIB de um ambiente adequado de espectro para executar essas aplicações foi abordado nos capítulos de IoT e RA/RV, sob o título de repercussões.

A alocação da faixa de 6 GHz também tem efeito econômico nas margens da empresa (ou excedente do produtor), quanto à economia no uso do celular possibilitada pelo uso de espectro não licenciado, e não de redes de celular, para lidar com o tráfego de dispositivos Wi-Fi de alta capacidade. A metodologia para a avaliação desse benefício é constituída pela multiplicação do preço médio por Gigabyte de dados wireless transmitido por redes de banda larga móvel, o qual é calculado pela média do plano "dólar por GB" mais econômico (para os planos menos caros com velocidade de 4G) das principais operadoras wireless no Brasil (ver figura 7-1).

Figura 7-1. Metodologia para estimar a redução do custo da empresa com tecnologia wireless



Fonte: Telecom Advisory Services

Em 2018, a Cisco VNI estimou que para 2023 o tráfego total de negócios na Internet alcançaria 12,60 bilhões de GB, dos quais 46,54% seriam transportados em pontos de acesso Wi-Fi. Em 2019, uma previsão de tráfego atualizada da Cisco, baseada na explosão de IoT e aplicações

de RA/RV, entre outros fatores, aumentou o tráfego total da Internet para 13,10 bilhões de GB, com a mesma porcentagem sendo transmitida por W-Fi⁶¹ (ver Tabela 7-1).

**Tabela 7-1. Brasil: Tráfego de Negócios Wireless ('000)
(2020-2030)**

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Porcentagem de Tráfego de Negócios na Internet por Wi Fi	51.05%	49.50%	48.00%	46.54%	45.13%	43.76%	42.43%	41.14%	39.89%	38.68%	37.51%
(2) Tráfego Total de Negócios na Internet (Gb) (2016-21)	9,181,733	10,204,842	11,341,956	12,605,777	14,010,424	15,571,589	17,306,713	19,235,180	21,378,534	23,760,719	26,408,348
(3) Tráfego Total de Negócios na Internet (Gb) (2017-22)	8,849,265	10,085,016	11,493,332	13,098,312	14,927,419	17,011,950	19,387,574	22,094,941	25,180,376	28,696,676	32,704,007
(4) Aumento de tráfego de Negócios na Internet	0	0	151,376	492,535	916,995	1,440,361	2,080,861	2,859,767	3,801,843	4,935,957	6,295,659

Fonte: Cisco Visual Networking Index (2017), (2019)

Cada previsão de crescimento foi convertida para valores em dólares com base no preço por GB⁶²(ver Tabela 7-2).

Tabela 7-2. Brasil: Custo do Tráfego na Internet Corporativa (2020-2030) (EM US\$)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(5) Preço Médio por Gb	\$1.47	\$1.33	\$1.19	\$1.07	\$0.96	\$0.87	\$0.78	\$0.70	\$0.63	\$0.57	\$0.51
(6) Impacto Econômico (US\$ Bilhões)	\$ 0.000	\$ 0.000	\$ 0.180	\$ 0.528	\$ 0.884	\$ 1.249	\$ 1.623	\$ 2.007	\$ 2.399	\$ 2.802	\$ 3.215

Fonte: A4AI; análise da Telecom Advisory Services

Pressupomos que parte do aumento do tráfego apresentado na tabela 7-2 decorrerá de um crescimento "natural" (ou seja, extrapolação da taxa histórica de crescimento do tráfego wireless da empresa, calculando-se a taxa de crescimento entre 2018 e 2019 e entre 2016 e 2019), enquanto que o restante será impulsionado pelo tráfego de Wi-Fi estimulado por mudanças na faixa de 6 GHz (ver Tabela 7-3).

⁶¹ A nova previsão da Cisco pressupõe o emprego de Wi-Fi 6.

⁶² De acordo com a *Alliance for Affordable Internet*, em 2019 o preço de um plano de 2 GB era US\$9,83, de um plano de 5 GB era US\$13,47 e de um plano de 10 GB era US\$16,38. Calculando-se o preço por GB no plano de maior capacidade, obtivemos US\$1,64. O coeficiente de redução por ano era 0,8994.

Tabela 7-3. Brasil: Tráfego Wireless da Empresa: Crescimento impulsionado por maior tráfego de Wi-Fi (2020-2030) (em '000'000 US\$)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(7) Tráfego através da Banda 6 GHz	0.00%	7.50%	15.00%	22.50%	30.00%	37.50%	45.00%	52.50%	60.00%	67.50%	75.00%
(8) Impacto Econômico da Faixa de 6 GHz (US\$ Bilhões)	\$ 0.000	\$ 0.000	\$ 0.027	\$ 0.119	\$ 0.265	\$ 0.468	\$ 0.730	\$ 1.053	\$ 1.440	\$ 1.891	\$ 2.411

Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

A soma da diferença decorrente de um maior tráfego de Wi-Fi entre 2020 e 2030 alcançará US\$8,405 bilhões.

8. EMPREGO DE SOLUÇÕES RA/RV

O mercado de soluções RA/RV está se desenvolvendo a passos rápidos, impulsionado por uma ampla gama de aplicações (ver tabela 8-1).

Tabela 8-1. Exemplos de aplicações RA/RV

Setor	Domínio	Caso de Uso	Exemplo
Assistência Médica	Diagnóstico	A realidade aumentada tem o potencial de ajudar pacientes antes de serem diagnosticados com Alzheimer ou Demência	Altoida é uma empresa desenvolvedora de equipamentos de realidade virtual e aumentada para o prognóstico do surgimento de doenças mentais, especificamente doenças neurodegenerativas, em pacientes idosos ⁶³ .
	Procedimentos cirúrgicos	Plataformas que combinam tecnologias de visualização e exibição com uma nova classe de robôs de operações que auxiliam em intervenções cirúrgicas remotas.	Medivis, empresa especializada em salas de realidade aumentada no campo de assistência médica, oferece uma ferramenta de visualização holográfica por meio de realidade aumentada que guia a navegação cirúrgica, podendo diminuir complicações e melhorar o desfecho para o paciente, enquanto reduz os custos da cirurgia ⁶⁴ .
	Treinamento em procedimentos de pronto atendimento	Uma vez que emergências pediátricas são raras, os médicos são pouco treinados para atender crianças em casos de emergência, e simulações tradicionais em bonecos são caras.	VR está ajudando médicos no Children's Hospital Los Angeles a preencherem suas lacunas de conhecimento e, assim, estarem melhor preparados para situações da vida real. O programa foi estendido a outros 11 locais, incluindo os sistemas de saúde do Johns Hopkins e Stanford University ⁶⁵ .
Comércio varejista	Envolvimento dos clientes	Disponibiliza aos clientes acesso a Wi-Fi por toda a área do shopping center, bem como conteúdos envolventes, como parte de campanhas de marketing ⁶⁶ .	Os varejistas estão testando a implantação de portais com base em Wi-Fi e plataformas analíticas usadas em instalações físicas.
Petróleo e Gás	Manutenção	Empresas de petróleo adotaram fones RA e óculos, os quais superpõem imagens digitais sobre imagens que o usuário enxerga na vida real, para lidar com problemas nas plataformas, refinarias e usinas. A tecnologia transmite a informação em tempo real a especialistas localizados em qualquer parte do mundo, os quais podem assim passar instruções e orientações a um técnico que esteja no local.	Fieldbit, dentre muitas outras empresas, está criando ⁶⁷ uma tecnologia que pretende prevenir problemas técnicos e derramamento de petróleo na indústria de gás e petróleo. Tal tecnologia emergente já está sendo usada pela Chevron, BP e Baker Hughes.
Mineração	Treinamento de operações de resgate emergenciais	A realidade virtual cria situações que seriam impossíveis de se recriar no mundo físico objetivando o treinamento da equipe de resgate.	Voluntários da equipe de resgate passam por simulações de emergências no subsolo, resgatando outros voluntários e aperfeiçoando

⁶³ Shieber, J. "Using augmented reality, Altoida is identifying the likely onset of neurodegenerative diseases", *Techcrunch*, 30 de maio de 2019.

⁶⁴ Shieber, J. "Robotics, AR and VR are poised to reshape health-care, starting in the operating room". *Techcrunch*, 21 de fevereiro de 2019.

⁶⁵ Preparação para emergências antes de sua ocorrência.

⁶⁶ Ver exemplo do *American Dream Megamall*, um dos maiores shopping centers dos Estados Unidos, localizado em Nova Jersey.

⁶⁷ Margit, M. (2019). *Como a Realidade Aumentada está Revolucionando a Indústria do Petróleo*.

Setor	Domínio	Caso de Uso	Exemplo
			suas respostas a emergências em um ambiente realista, porém seguro. ⁶⁸

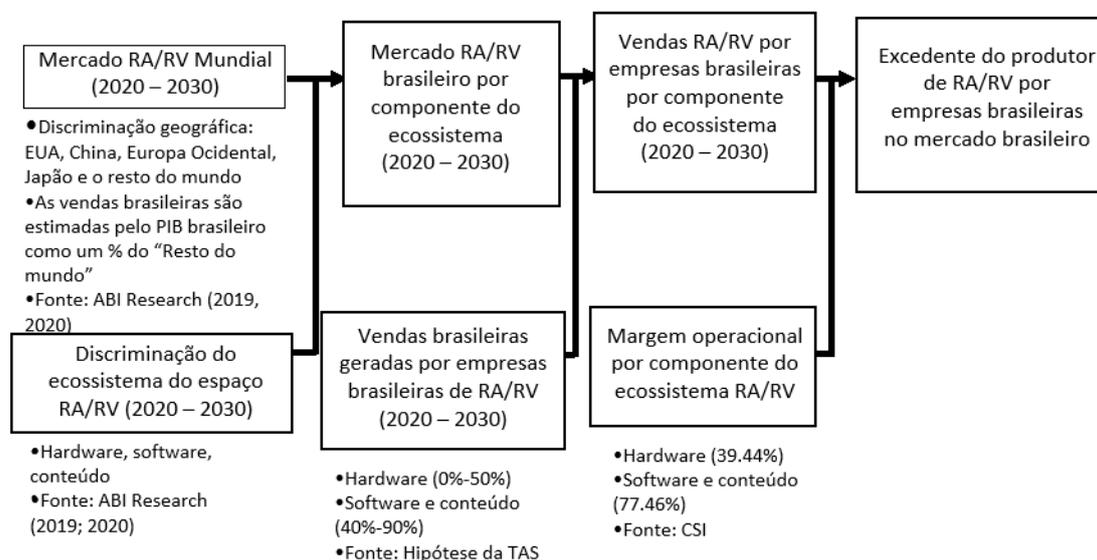
Fonte: Compilado por Telecom Advisory Services

Estima-se o mercado de RV/RA em US\$ 195 milhões, dos quais US\$ 45 milhões é composto do hardware (glasses smart e não-smart) e US\$ 150 milhões de software e aplicativos (incluindo integração de sistemas, plataforma e licenciamento). Até 2024 o mercado alcançará US\$ 1,968 bilhões (sendo US\$ 343 milhões em hardware e US\$ 1,625 bilhões em software e aplicativos)⁶⁹ Vendas das empresas brasileiras aos negócios brasileiros gerarão excedente do produtor (e.x. margens), enquanto a tecnologia produzirá repercussão na produtividade das empresas.

8.1. Excedente do produtor resultante da venda de soluções relacionadas à Realidade Virtual e à Realidade Aumentada

O desenvolvimento e difusão de aplicativos de RA/RV no lado produtivo da economia é direcionado por um ecossistema composto por empresas que vão de desenvolvimento de software até a produção de hardware e criação de conteúdo. O objetivo principal é estimar o excedente do produtor gerado no Brasil como resultado das vendas de aplicativos de RA/RV produzidos por empresas domésticas (ver Figura 8-1).

Figura 8-1. Metodologia para a estimativa de excedente do produtor brasileiro no espaço RA/RV



Fonte: Telecom Advisory Services

⁶⁸ Equipes de resgate em minas descobrem nova ferramenta de treinamento.

⁶⁹ Dados calculados com base nos totais latino-americanos conforme estimados pela ABI Research (2019, 2020).

Nosso ponto de partida é a venda de aplicativos e sistemas de RA/VR no Brasil entre 2020 e 2030 (poder-se-ia incluir exportações, mas por propósitos conservadores preferimos excluir). Estimamos isso através de projeções latino-americanas para o Brasil com base em seu PIB e o dividimos por componente de ecossistema, de acordo com estudos da ABI Research (2019, 2020) (ver tabela 8-2).

Tabela 8-2. Mercado RA/RV por componente (2020/2030) (em bilhões de dólares)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Hardware	\$ 0.05	\$ 0.07	\$ 0.13	\$ 0.21	\$ 0.34	\$ 0.55	\$ 0.88	\$ 1.41	\$ 2.23	\$ 3.47	\$ 5.37
Software e Aplicativos	\$ 0.15	\$ 0.37	\$ 0.66	\$ 1.06	\$ 1.63	\$ 2.34	\$ 3.17	\$ 4.00	\$ 4.85	\$ 5.68	\$ 6.46
TOTAL	\$ 0.20	\$ 0.45	\$ 0.78	\$ 1.28	\$ 1.97	\$ 2.89	\$ 4.05	\$ 5.41	\$ 7.07	\$ 9.15	\$ 11.83

Fonte: ABI Research (2019); análise da Telecom Advisory Services

As vendas são divididas por dois componentes do ecossistema: hardware e aplicativos e software, mas cada componente é restrito às empresas brasileiras, pois o objetivo é estimar o valor gerado pelos produtores nacionais (portanto, excluimos as vendas no Brasil geradas por empresas estrangeiras). Uma premissa fundamental no que tange as empresas brasileiras é que estas, atualmente, não vendem hardware no âmbito da RA/VR, embora essa participação aumente ao longo do tempo atingindo 50% até 2030. Por outro lado, presume-se que as empresas brasileiras detenham 40% do mercado de software e conteúdo, atingindo 90% em 2030. Isto demonstra que o desenvolvimento deste mercado deve ser acompanhado por uma política industrial em comum destinada a desenvolver as empresas locais nestes dois componentes (ver Tabela 8-3).

Tabela 8-3. Brasil: vendas de RA/RV por empresas brasileiras por componente (2020/2030) (em bilhões de dólares)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Hardware	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.01	\$ 0.03	\$ 0.07	\$ 0.14	\$ 0.26	\$ 0.49	\$ 0.89	\$ 1.56	\$ 2.69
Software e Aplicativos	\$ 0.06	\$ 0.17	\$ 0.33	\$ 0.59	\$ 0.98	\$ 1.52	\$ 2.22	\$ 3.00	\$ 3.88	\$ 4.83	\$ 5.82
TOTAL	\$ 0.06	\$ 0.17	\$ 0.34	\$ 0.62	\$ 1.04	\$ 1.66	\$ 2.48	\$ 3.49	\$ 4.77	\$ 6.39	\$ 8.50

Fonte: ABI Research (2019; 2020); análise da Telecom Advisory Services

Uma vez calculadas as vendas das empresas brasileiras no mercado brasileiro, o excedente do produtor para o segmento brasileiro de RA/VR é estimado com base na métrica de margem padrão: 39,44% para hardware, e 77,46% para software e conteúdo (ver Tabela 8-4).

Tabela 8-4. Brasil: excedente do produtor derivado de vendas de RA/RV de empresas brasileiras por componente (2020/2030) (em bilhões de dólares)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Hardware	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.01	\$ 0.02	\$ 0.03	\$ 0.05	\$ 0.10	\$ 0.19	\$ 0.35	\$ 0.62	\$ 1.06
Software e Aplicativos	\$ 0.05	\$ 0.13	\$ 0.25	\$ 0.45	\$ 0.75	\$ 1.18	\$ 1.72	\$ 2.32	\$ 3.00	\$ 3.74	\$ 4.50
TOTAL	\$ 0.05	\$ 0.13	\$ 0.26	\$ 0.47	\$ 0.78	\$ 1.23	\$ 1.82	\$ 2.52	\$ 3.36	\$ 4.36	\$ 5.56

Fonte: CSI Market Inc: razão de lucratividade do segmento; ABI Research (2019; 2020); análise da Telecom Advisory Services

É claro que uma parte deste excedente não se deve exclusivamente à designação de dispositivos de Potência Muito Baixa dentro da faixa de 6 GHz. O desenvolvimento de RA/RV já começou antes desta potencial mudança de espectro. Portanto, o excedente do produtor estimado na tabela 8-4 deve ser dividido entre a parcela que é devida ao crescimento "natural" do setor e o impulso resultante da designação do espectro mencionado acima. Na ausência de qualquer métrica precisa, aplicamos a razão utilizada para determinar o impacto no crescimento do mercado RA/RV variando entre 6,70% das vendas em 2021 e 65,53% em 2030. Com base nesta análise, o excedente do produtor a ser gerado pelas empresas brasileiras de AR/VR a partir das vendas no mercado brasileiro entre 2020 e 2030 devido à alocação de 6 GHz será de US\$ 10,23 bilhões (ver Tabela 8-5).

Tabela 8-5. Brasil: Vendas de RA/RV por empresas americanas por componente atribuído à designação de dispositivos de Muito Baixa Potência dentro da banda 6 GHz (2020-2030) (em bilhões de dólares)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Devido à 6 GHz (%)	0.00%	6.70%	11.49%	15.47%	21.60%	28.34%	34.95%	42.15%	50.48%	58.73%	65.53%
Devido à 6 GHz (US\$ B)	\$ 0.00	\$ 0.01	\$ 0.03	\$ 0.07	\$ 0.17	\$ 0.35	\$ 0.64	\$ 1.06	\$ 1.69	\$ 2.56	\$ 3.65

Fonte CSI Market Inc: razão de lucratividade do segmento; ABI Research; análise da Telecom Advisory Services

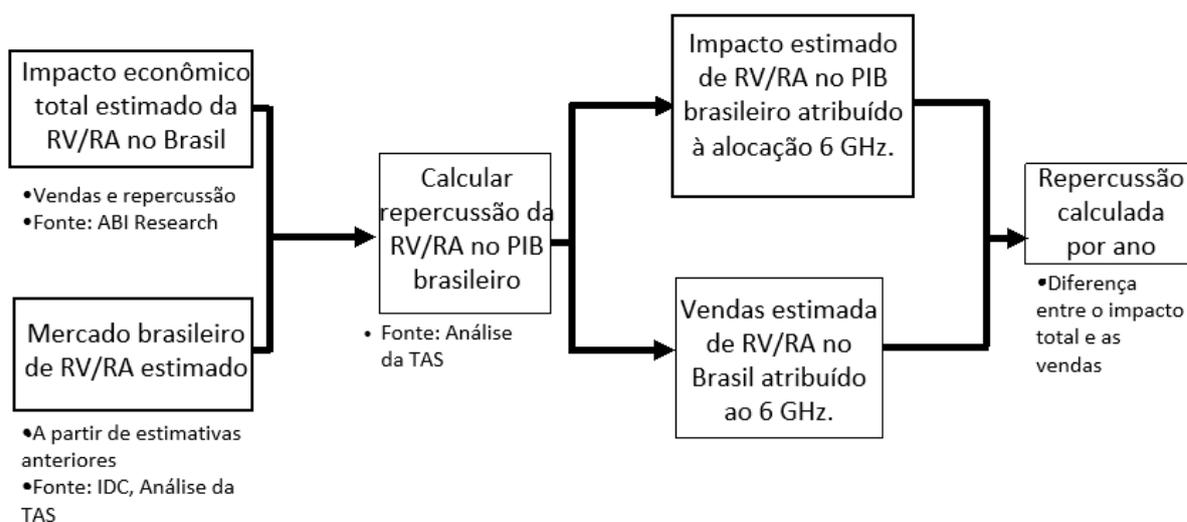
8.2. Repercussões da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada

Por sua vez, a adoção de RA/RV entre as empresas brasileiras terá um efeito colateral sobre a produtividade, contribuindo para o crescimento do PIB. Os efeitos de repercussão vão desde treinamento aprimorado até a aceleração da concepção e entrega de produtos. Por exemplo, empresas automotivas incorporam RV em seu processo de desenvolvimento de produtos para reduzir o tempo decorrido entre a concepção inicial e a modelagem física. Óculos de RA também ajudam trabalhadores de armazéns a fornecer informação sobre peças para os engenheiros e técnicos da área. Finalmente, conforme demonstrado nas tabelas acima, as soluções de RA/RV podem ser usadas para vender e exibir produtos no varejo.

Como o objetivo é estimar o efeito de repercussão das vendas de RA/RV pelas empresas brasileiras no mercado doméstico resultante do crescimento impulsionado pela designação de dispositivos VLP como parte da banda 6 GHz, nosso ponto de partida é a contribuição total de RA/RV no PIB, conforme estimado pela PwC, indicando o peso de RA/RV no PIB por região⁷⁰, e as vendas de componentes RA/RV como derivadas dos dados da ABI Research (ver tabela 8-1). Estes dois parâmetros permitem estimar a contribuição indireta (ou seja, repercussões) de RA/RV para a economia brasileira (ver Figura 8-2).

⁷⁰ PWC (2019). *Seeing is believing how virtual reality and augmented reality are transforming business and the economy.*

Figura 8-2. Metodologia para estimativa de repercussão da RV/RA



Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

Ambos os valores iniciais são reduzidos pela proporção que pode ser atribuída ao impacto da alocação do espectro 6 GHz dos dispositivos VLP (em outras palavras, seria errado estimar que todo o valor econômico de RA/RV é impulsionado pelas mudanças no espectro). Uma vez estimado o montante a ser atribuído tanto na contribuição do PIB quanto nas vendas diretas, o multiplicador anual indireto a direto pode ser calculado (ver Tabela 8-6).

Tabela 8-6. Brasil: Contribuição do PIB resultante de repercussão RA/RV (2020/2030) (em bilhões de dólares)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Incremento ao PIB causado pela RA/RV (% PIB)	0.10%	0.15%	0.20%	0.25%	0.31%	0.38%	0.46%	0.56%	0.70%	0.89%	1.12%
PIB brasileiro (em Milhões)	1,716.5	1,778.3	1,842.3	1,908.7	1,977.4	2,048.6	2,122.3	2,198.7	2,277.9	2,359.9	2,444.8
Incremento ao PIB causado pela RA/RV (em milhões de dólares)	1,717	2,667	3,685	4,772	6,130	7,785	9,763	12,313	15,945	21,003	27,382
Incremento ao PIB causado pela RA/RV sem banda 6.0 GHz (em milhões de dólares)	1,717	2,489	3,261	4,034	4,806	5,578	6,351	7,123	7,895	8,668	9,440
Incremento ao PIB causado pela RA/RV devido à banda 6.0 GHz (em milhões de dólares)	0	179	423	738	1,324	2,206	3,412	5,190	8,050	12,335	17,942
Impacto direto	0.000	0.030	0.090	0.197	0.425	0.820	1.415	2.279	3.571	5.374	7.753
Impacto indireto	0.000	0.149	0.334	0.541	0.899	1.386	1.997	2.910	4.478	6.961	10.189

Fonte: ABI Research (2019); CSI Market Inc: razão de lucratividade do segmento; análise da Telecom Advisory Services

O valor total das repercussões de RA/RV no Brasil (o impacto indireto) entre 2021 e 2030 é de US\$ 29,84 bilhões. Ao considerar o tamanho do mercado de RA/RV no Brasil, em relação à repercussão indireta, que produz um multiplicador médio entre 2020 e 2030 de 2,69.

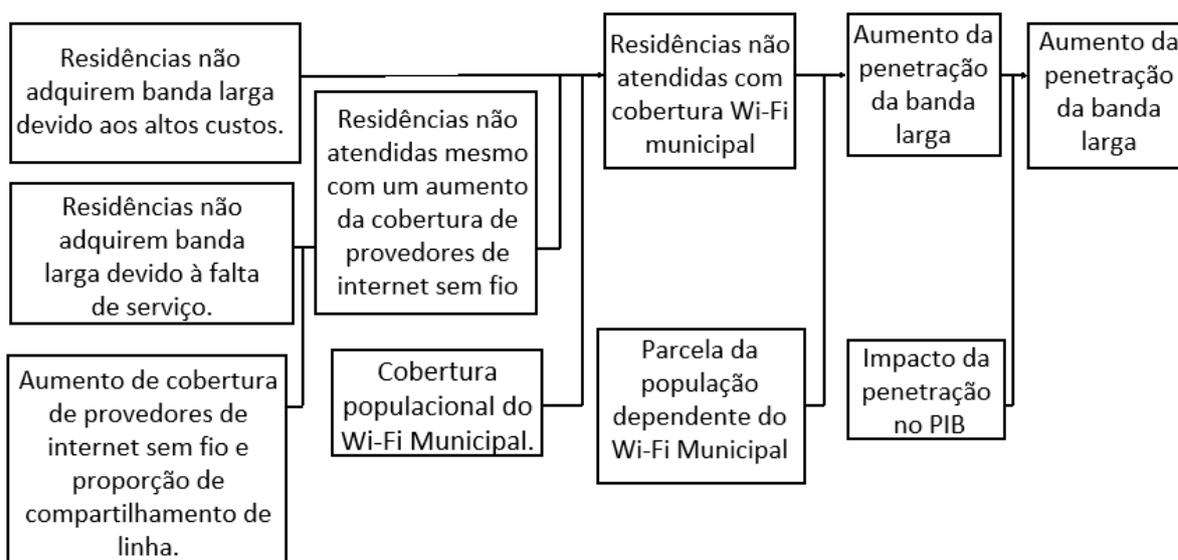
9. AUMENTO DA CAPACIDADE DO WI-FI MUNICIPAL

Estima-se que 2.134 (ou 38,33%) municípios brasileiros já oferecem serviço de Wi-Fi gratuito⁷¹. Esta infraestrutura pode desempenhar um papel no aumento da cobertura dos serviços de banda larga, fornecendo um recurso gratuito para que os consumidores tenham acesso à Internet. Nesta linha, a alocação de espectro na banda 6 GHz aumentará a capacidade do Wi-Fi municipal para fornecer serviço gratuito à população não atendida ou aumentar a velocidade de acesso para os usuários atuais. Estes dois efeitos se traduzem em uma contribuição para o PIB e um aumento do excedente do consumidor.

9.1. Impacto das melhorias no Wi-Fi Municipal sobre o PIB

Os sites das redes de Wi-Fi Municipal que incorporam tecnologia que depende do espectro 6 GHz serão capazes de lidar com um número maior de usuários do que sob as condições atuais do espectro, o que, por sua vez, terá um impacto no PIB. A metodologia para estimar este efeito é apresentada na figura 9-1.

Figura 9-1. Metodologia para estimar o impacto do Wi-Fi Municipal no PIB



Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

O universo para avaliar o impacto do Wi-Fi municipal é o ambiente urbano, onde reside 80% da população brasileira. Segundo a pesquisa do Cetic.br de 2019, 6,54% das residências urbanas (ou 4.017.410) não adquirem serviços de banda larga por razões econômicas ("Porque os moradores acham muito caro"), enquanto 0,64% (ou 392.645) não o fazem por falta de disponibilidade de serviço ("Por falta de disponibilidade de Internet na região do domicílio"). A fim de determinar o universo que se beneficia da banda larga municipal, descontamos das residências sem cobertura, o aumento da implantação de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs). Até 2021, o primeiro ano de impacto desta

⁷¹ Análise TAS usando a Pesquisa IBGE de Informações Básicas Municipais - dados de 2014.

última variável, o número de famílias beneficiadas chegará a 32.348. Como resultado, o número de residências em estado de "abismo digital" será de 4.377.707, diminuindo para 3.899.206 até 2030 (ver tabela 9-1).

Tabela 9-1. Brasil: residência em estado de "abismo digital" ('000)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Residências que não compram devido à acessibilidade econômica limitada em áreas urbanas	4,017	4,017	4,017	4,017	4,017	4,017	4,017	4,017	4,017	4,017	4,017
(2) Residências que não compram por falta de cobertura em suas casas em áreas urbanas	393	393	393	393	393	393	393	393	393	393	393
(3) Domicílios que agora são servidos pelos provedores de serviços de acesso à internet wireless (WISP)	0	32	73	120	172	227	284	342	399	456	511
(4) Residências em estado de abismo digital	4,410	4,378	4,337	4,290	4,238	4,183	4,126	4,068	4,011	3,954	3,899

Fonte: CeTic.Br; ANATEL; análise da Telecom Advisory Services

Considerando que, até 2020, 38,33% de todos os municípios brasileiros já implantaram redes Wi-Fi municipais⁷², portanto, o número de residências que poderiam potencialmente contar com este serviço para acesso à Internet é menor. Entretanto, espera-se que o número de municípios que implantaram o Wi-Fi municipal aumente ao longo do tempo, atingindo 75% até 2030. Além desta tendência, precisamos isolar o número de residências que se beneficiariam com as redes Wi-Fi municipais, podendo contar com o espectro 6 GHz. Este recurso permitiria que as redes municipais atendessem a um número maior de usuários do que sob a atual alocação de espectro não licenciado. Além disso, espera-se que nem todas as residências não atendidas dependam de Wi-Fi municipal devido a razões geográficas, disponibilidade de tempo e afins. Nesta linha, assumimos que, conservadoramente, apenas 10% das residências não atendidas utilizariam o serviço municipal (ver tabela 9-2).

Tabela 9-2. Brasil: Residências que se beneficiam das Redes Wi-Fi Municipais com espectro 6 GHz

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(4) Residências em estado de abismo digital	4,410	4,378	4,337	4,290	4,238	4,183	4,126	4,068	4,011	3,954	3,899
(5) Implantação de Wi-Fi Municipal (% Total de Municípios)	38.33%	40.99%	43.83%	46.88%	50.13%	53.61%	57.34%	61.32%	65.58%	70.13%	75.00%
(6) Parcela da população que tem acesso a um ponto Wi-Fi municipal	43.20%	43.84%	44.48%	45.14%	45.80%	46.48%	47.16%	47.86%	48.56%	49.27%	50.00%
(7) Tráfego através da banda 6 GHz	0%	8%	15%	23%	30%	38%	45%	53%	60%	68%	75%
(8) Novas residências que agora podem ter banda larga	0	58,996	126,850	204,237	291,943	390,876	502,086	626,783	766,349	922,370	1,096,652

⁷² Extrapolação da Pesquisa IBGE de Informações Básicas Municipais - dados de 2014.

(6) Parcela da população que efetivamente vai até a um ponto Wi-Fi municipal	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
(10) Número de residências que dependem de Wi-Fi municipal	0	5,900	12,685	20,424	29,194	39,088	50,209	62,678	76,635	92,237	109,665

Fonte: IBGE; Análise da Telecom Advisory Services

O número de residências que poderão se beneficiar das redes Wi-Fi municipais ganhando acesso ao espectro 6 GHz representa um aumento no total de residências brasileiras servidas. O aumento da penetração da banda larga multiplicado pelo coeficiente de impacto da banda larga fixa sobre o PIB⁷³ leva ao impacto total do PIB (ver tabela 9-3).

Tabela 9-3. Brasil: Impacto no PIB das Redes Wi-Fi Municipais com espectro 6 GHz

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(10) Número de residências que dependem de Wi-Fi municipal	0	5,900	12,685	20,424	29,194	39,088	50,209	62,678	76,635	92,237	109,665
(11) Domicílios com banda larga fixa (000'000)	34.072	35.431	37.023	38.884	41.042	44.042	44.483	44.928	45.377	45.831	46.289
(12) Aumento da penetração da banda larga nacional	0.00%	0.02%	0.03%	0.05%	0.07%	0.09%	0.11%	0.14%	0.17%	0.20%	0.24%
(13) Impacto da adoção da banda larga fixa no PIB	0.1574	0.1574	0.1574	0.1574	0.1574	0.1574	0.1574	0.1574	0.1574	0.1574	0.1574
(14) Crescimento do PIB devido a uma maior adoção da banda larga (% PIB)	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.02%	0.02%	0.03%	0.03%	0.04%
(15) PIB (US\$ Bilhões)	\$ 1,893	\$ 1,988	\$ 2,084	\$ 2,189	\$ 2,296	\$ 2,408	\$ 2,526	\$ 2,650	\$ 2,780	\$ 2,916	\$ 3,058
(16) Impacto total no PIB (US\$ bilhões)	\$ 0.000	\$ 0.052	\$ 0.112	\$ 0.181	\$ 0.257	\$ 0.337	\$ 0.449	\$ 0.582	\$ 0.739	\$ 0.924	\$ 1.141

Fonte: IMF; ITU; Análise da Telecom Advisory Services

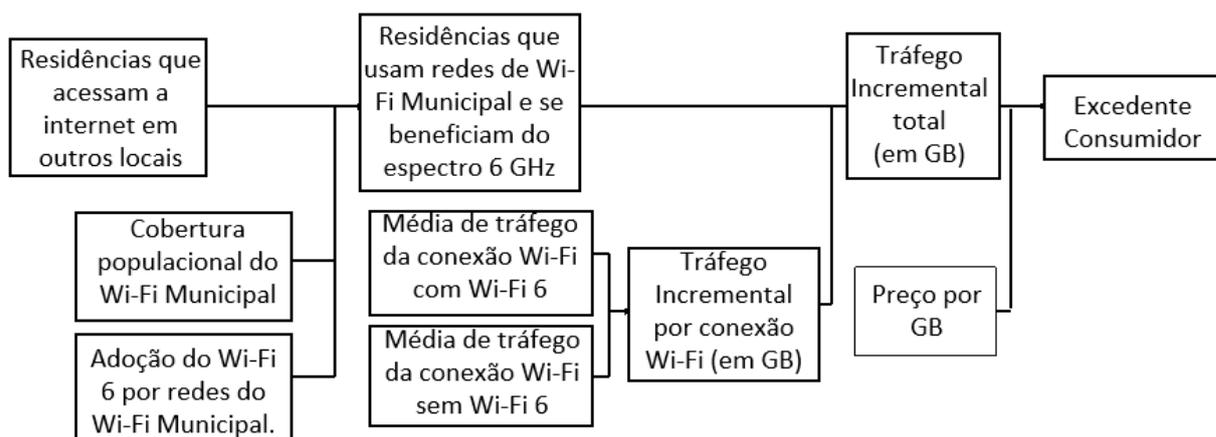
Em suma, a contribuição cumulativa do PIB do benefício concedido às redes Wi-Fi municipais alocando espectro na banda 6 GHz alcançará US\$4,77 bilhões.

9.2. Contribuição das melhorias no Wi-Fi Municipal para o excedente do consumidor

Além da contribuição para o PIB, as redes Wi-Fi municipais com capacidade para alavancar o espectro 6 GHz podem melhorar seu desempenho, fornecendo serviços de banda larga mais rápidos e, assim, gerando um excedente incremental para o consumidor (ver Figura 9-2).

Figura 9-2 Metodologia para estimar o excedente do consumidor do Wi-Fi Municipal

⁷³ Katz, R. and Callorda, F. (2019). *Economic contribution of broadband, digitization and ICT regulation: Econometric modelling for the Americas*. Geneva: International Telecommunications Union.



Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

A base desta análise é estimar a diferença na velocidade de download do serviço Wi-Fi municipal antes e depois da alocação do espectro 6 GHz para aquelas residências que não compram serviço de banda larga e são obrigadas a contar com este serviço para obter acesso à Internet. Começamos confiando nos dados da pesquisa do Cetic.br indicando as residências que acessam a Internet a partir de locais fora de casa (por exemplo, trabalho, local de estudo, locais gratuitos e Wi-Fi municipal): 1.077.742. Deste universo, nem todas as residências têm a capacidade de contar com Wi-Fi municipal porque nem todas as municipalidades implantaram redes (como mencionado acima, apenas 38,33% o fizeram, o que, com base em sua cobertura geográfica, totaliza 43,20% da população atendida por essas municipalidades). Como o objetivo é estimar o impacto incremental de 6 GHz, consideramos a cobertura da população pela adoção do Wi-Fi 6 nas redes Wi-Fi municipais, que se supõe que crescerá de 8% em 2021 para 75% em 2030. Isto aumenta a população que acessa a Internet fora de casa que se beneficia do Wi-Fi municipal que adotou o Wi-Fi 6: ele começa em 14.524 em 2021 e passa para 303.115 em 2030 (ver tabela 9-4).

Tabela 9-4. Brasil: residências que se beneficiam das redes Wi-Fi Municipais que adotaram Wi-Fi 6

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Residências que não compram serviço de banda larga porque têm acesso em outro lugar em áreas urbanas ('000)	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078
(2) Implantação de Wi-Fi Municipal (% Total de Municípios)	38.33%	40.99%	43.83%	46.88%	50.13%	53.61%	57.34%	61.32%	65.58%	70.13%	75.00%
(3) Parcela da população que tem acesso a um ponto Wi-Fi municipal	43.20%	43.84%	44.48%	45.14%	45.80%	46.48%	47.16%	47.86%	48.56%	49.27%	50.00%

(4) Redes municipais adotando Wi-Fi 6	0%	8%	15%	23%	30%	38%	45%	53%	60%	68%	75%
(5) Residências com cobertura de Wi-Fi Municipal com banda de 6 GHz	0	14,524	31,523	51,312	74,243	100,709	131,145	166,035	205,918	251,390	303,115

Fonte: CeTic.Br; IBGE; análise da Telecom Advisory Services

Estas residências se beneficiarão do tráfego incremental gerado sob Wi-Fi 6. Para estimar isto, supomos que o tráfego atual por linha permaneça no nível atual, enquanto que sob Wi-Fi 6 crescerá como projetado pela CISCO VNI. A diferença é multiplicada pelo preço por GB no Brasil, conforme informado pela Alliance for Affordable Internet for Brazil (ver tabela 9-5).

Tabela 9-5. Brasil: excedente do consumidor de residências que se beneficiam de redes Wi-Fi municipais que adotaram Wi-Fi 6

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(6) Tráfego após aumento de velocidade (Gb)	20.08	23.32	27.10	31.49	36.58	42.50	49.38	57.38	66.66	77.45	89.99
(7) Tráfego com velocidade sem 6 GHz (Gb)	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08
(8) Aumento anual do tráfego (bilhões de Gb)	0.000	0.001	0.002	0.007	0.014	0.025	0.043	0.069	0.107	0.161	0.237
(9) Preço por Gb	\$ 1.47	\$ 1.33	\$ 1.19	\$ 1.07	\$ 0.96	\$ 0.87	\$ 0.78	\$ 0.70	\$ 0.63	\$ 0.57	\$ 0.51
(10) Impacto total no excedente do consumidor (US\$ bilhões)	\$ 0.000	\$ 0.001	\$ 0.003	\$ 0.007	\$ 0.013	\$ 0.022	\$ 0.034	\$ 0.049	\$ 0.068	\$ 0.092	\$ 0.121

Fonte: CISCO VNI 2017-2022; Alliance for Affordable Internet; análises da Telecom Advisory Services.

O excedente do consumidor acumulado a ser gerado por este efeito é de US\$ 408 milhões.

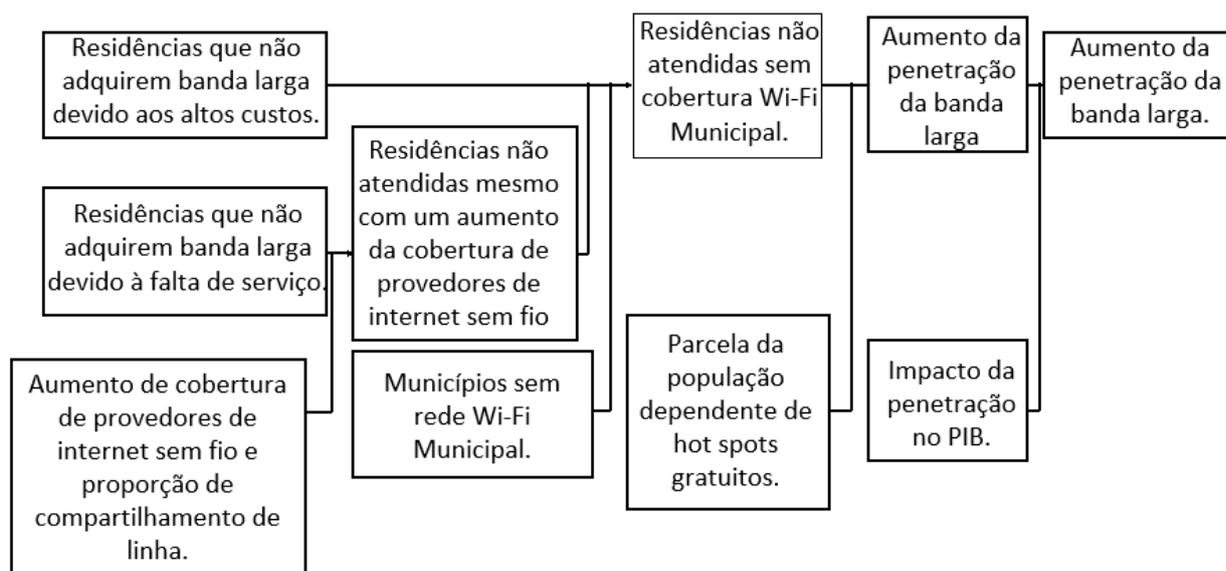
10. IMPLANTAÇÃO DE HOT SPOTS COM WI-FI GRATUITO

A avaliação do impacto econômico da alocação de 6 GHz no caso de hot spots livres é bastante semelhante à realizada para as redes Wi-Fi municipais. A suposição subjacente neste caso é que os hot spots Wi-Fi gratuitos que se beneficiam do espectro 6 GHz serão capazes de lidar com um número maior de dispositivos, o que, por sua vez, contribuirá para a adoção da banda larga. Por outro lado, estes sites serão capazes de oferecer uma velocidade de serviço mais rápida, que pode ser transferida para aumentar o bem-estar do consumidor.

10.1. Impacto das melhorias em hot spots com Wi-Fi gratuito sobre o PIB

Como no caso das redes Wi-Fi municipais, os hot spots gratuitos que incorporam tecnologia que depende do espectro 6 GHz serão capazes de lidar com um número maior de usuários do que sob as condições atuais do espectro, o que por sua vez teria um impacto sobre o PIB. A metodologia para quantificar este efeito é apresentada na figura 10-1.

Figura 10-1. Metodologia para estimar o impacto do Wi-Fi Municipal no PIB



Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

Nosso ponto de partida são as residências que não têm acesso à banda larga em casa devido à acessibilidade econômica limitada e que não têm o benefício do Wi-Fi municipal. Retiramos deste universo as residências que serão servidas por provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISPs) no futuro, de modo a não incorrer em dupla contagem. A partir deste grupo, estimamos aqueles que poderiam ser servidos por locais gratuitos que implementaram Wi-Fi 6 e assumimos que apenas 5% deles dependerão efetivamente de um local gratuito para obter acesso à Internet. Esta é a penetração incremental da banda larga que é utilizada para quantificar o impacto sobre o PIB, baseando-se no mesmo coeficiente que o utilizado no caso de Wi-Fi municipal (ver tabela 10-1).

Tabela 10-1. Brasil: Impacto no PIB dos hot spots gratuitos com espectro 6 GHz

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Residências que não compram serviço de banda larga porque têm acesso em áreas urbanas ('000)	4,017	4,017	4,017	4,017	4,017	4,017	4,017	4,017	4,017	4,017	4,017
(2) Residências que não compram banda larga por falta de cobertura em suas casas em áreas urbanas ('000)	393	393	393	393	393	393	393	393	393	393	393
(3) Domicílios que são servidos pelos provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP)	0	32,348	73,115	120,280	172,100	227,077	283,931	341,577	399,098	455,733	510,849
(4) Potencial Cobertura Wi-Fi Gratuita (residências) ('000)	4,410	4,378	4,337	4,290	4,238	4,183	4,126	4,068	4,011	3,954	3,899
(5) Municípios que não possuem redes Wi-Fi	61.67%	59.01%	56.17%	53.12%	49.87%	46.39%	42.66%	38.68%	34.42%	29.87%	25.00%
(6) Parcela da população que tem acesso a Wi-Fi municipal	43.20%	43.84%	44.48%	45.14%	45.80%	46.48%	47.16%	47.86%	48.56%	49.27%	50.00%
(7) Tráfego através da banda 6 GHz	0.00%	7.50%	15.00%	22.50%	30.00%	37.50%	45.00%	52.50%	60.00%	67.50%	75.00%
(8) Novas residências que agora podem ter banda larga ('000)	0	84.94	162.53	231.44	290.39	338.17	373.58	395.39	402.28	392.85	365.55
(9) Parcela da população que efetivamente vai até a um ponto de Wi-Fi Grátis	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
(10) Residências com banda larga fixa (000')	34,073	35,431	37,023	38,884	41,042	44,042	44,483	44,928	45,377	45,831	46,289
(11) Aumento da penetração da banda larga nacional	0.00%	0.01%	0.02%	0.03%	0.04%	0.04%	0.04%	0.04%	0.04%	0.04%	0.04%
(12) Impacto da adoção da banda larga fixa no PIB	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745
(13) Crescimento do PIB devido a uma maior adoção da banda larga (% PIB)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
(14) PIB (US\$ Bilhões)	1,893	1,988	2,084	2,189	2,296	2,408	2,526	2,650	2,780	2,916	3,058

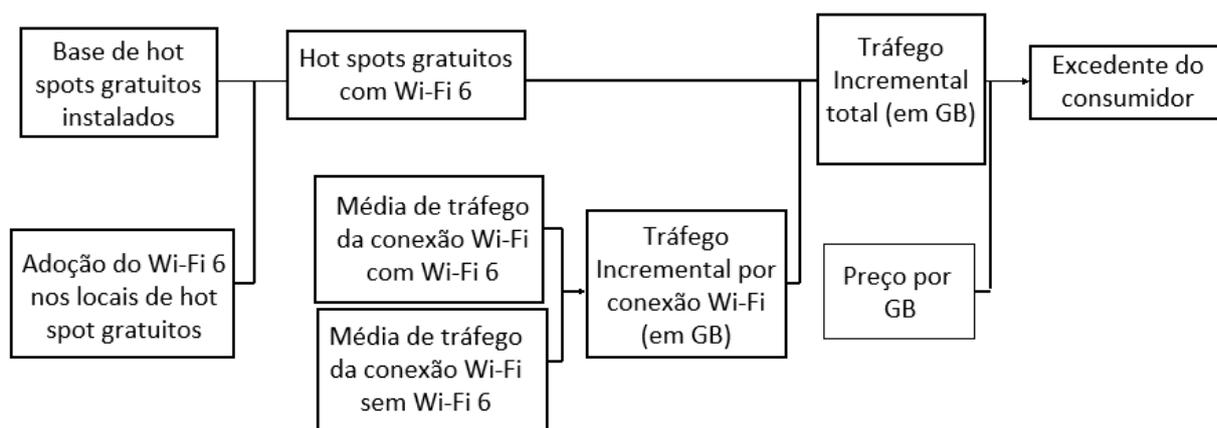
Fonte: CeTic.Br; IBGE; UIT; IMF; ITU; análise da Telecom Advisory Services.

A contribuição acumulada do PIB a ser gerada por este efeito é de US\$ 278 milhões.

10.2. Impacto das melhorias em hot spots com Wi-Fi gratuito sobre o excedente do consumidor

A adoção da tecnologia Wi-Fi 6 através de hot spots de Wi-Fi gratuitos os tornará capazes de fornecer um rendimento mais rápido (semelhante ao caso das redes Wi-Fi municipais). Ao aplicar o preço por GB para o tráfego incremental a ser conduzido através dos locais grátis, estimamos o excedente do consumidor (ver tabela 10-2).

Tabela 10-2. Brasil: excedente do consumidor de usuários que se beneficiam de redes Wi-Fi gratuitas que adotaram Wi-Fi 6



Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

Assumindo a mesma adoção do Wi-Fi 6 entre os hot spots livres, o tráfego incremental gerado sob Wi-Fi 6 é quantificado. Para tal estimativa, supomos que o tráfego atual por linha permaneça nos níveis atuais, enquanto que sob Wi-Fi 6 crescerá como projetado pela CISCO VNI. A diferença é multiplicada pelo preço por GB no Brasil, conforme informado pela Alliance for Affordable Internet (ver tabela 10-2).

Tabela 10-2. Brasil: excedente do consumidor de residências que se beneficiam de redes Wi-Fi municipais que adotaram Wi-Fi 6

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Hot spots Gratuitos ('000)	2,326	2,326	2,326	2,326	2,326	2,326	2,326	2,326	2,326	2,326	2,326
(2) Tráfego através da banda 6 GHz	0%	8%	15%	23%	30%	38%	45%	53%	60%	68%	75%
(3) Hot spots usando a banda 6 GHz ('000)	0	174	349	523	698	872	1,047	1,221	1,396	1,570	1,744
(4) Tráfego após aumento de velocidade (Gb)	20.08	23.32	27.10	31.49	36.58	42.50	49.38	57.38	66.66	77.45	89.99
(5) Tráfego com velocidade sem 6 GHz (Gb)	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08
(6) Aumento anual do tráfego (bilhões de Gb)	0.000	0.006	0.027	0.067	0.129	0.219	0.343	0.509	0.727	1.007	1.363
(7) Preço por Gb	1.47	1.33	1.19	1.07	0.96	0.87	0.78	0.70	0.63	0.57	0.51
(8) Impacto total no excedente do consumidor (US\$ bilhões)	0.000	0.008	0.033	0.072	0.124	0.190	0.267	0.357	0.459	0.571	0.696

Fonte: Wilman; CISCO VNI 2017-2022; Alliance for Affordable Internet; análise da Telecom Advisory Services.

O excedente do consumidor acumulado a ser gerado por este efeito é de US\$ 2,777 milhões.

11. ALINHAMENTO DAS DECISÕES SOBRE O ESPECTRO COM OUTRAS ECONOMIAS AVANÇADAS

Conforme mencionado no capítulo 3, alocando o espectro em 6 GHz, o Brasil não apenas aliviará a pressão sobre o espectro não licenciado resultante do uso maciço do Wi-Fi, como também tomará uma decisão com implicações econômicas para as empresas brasileiras e para a política industrial do país. Se o Brasil se alinhasse ao modelo de alocação de 6 GHz dos Estados Unidos e da Coreia, ele se beneficiaria da aquisição de equipamentos cujo preço médio de venda seria inferior ao equipamento utilizado no modelo europeu. Nossa comparação dos preços unitários dos vidros monoculares RA indica uma vantagem persistente do modelo americano em relação ao modelo europeu (ver tabela 11-1).

Tabela 11-1. Estados Unidos versus Europa: Preço médio de venda de óculos monoculares

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Estados Unidos	761.16	709.14	656.94	606.29	564.49	528.85
Europa	766.25	715.60	665.82	617.24	574.03	537.53
Diferença percentual	-0.66%	-0.90%	-1.33%	-1.77%	-1.66%	-1.61%

Fonte: ABI Research 2020-2024; análise da Telecom Advisory Services

Ao extrapolar a tendência até 2030 e aplicar a diferença de preço ao mercado de hardware RA/RV e IoT, o seguinte efeito pode ser quantificado (ver tabela 11-2).

Tabela 11-2. Vantagem de alinhar a decisão dos 6 GHz com o modelo americano

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Mercado de hardware RA/RV	0.045	0.074	0.126	0.212	0.343	0.551	0.883	1.410	2.225	3.469	5.370
(2) Mercado de Hardware de IoT	0.640	0.545	0.632	0.779	0.949	1.176	1.493	1.945	2.519	3.221	4.049
(3) Redução de preços devido ao alinhamento da decisão do espectro	-0.90%	-1.33%	-1.77%	-1.66%	-1.61%	-1.54%	-1.47%	-1.40%	-1.34%	-1.28%	-1.22%
(4) Impacto no excedente do produtor (US\$ B)	\$ 0.006	\$ 0.008	\$ 0.013	\$ 0.016	\$ 0.021	\$ 0.027	\$ 0.035	\$ 0.047	\$ 0.063	\$ 0.085	\$ 0.115

Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

Em segundo lugar, conforme mencionado no capítulo 3, o mercado brasileiro de equipamentos e serviços em áreas relativas à alocação de 6 GHz soma US\$ 3.13 bilhões em 2020, mas irá chegar a US\$ 9,23 bilhões em 2025 (ver tabela 11-3).

Tabela 11-3. Tabela 11-3 Brasil: Vendas nos mercados impactados pela decisão de 6 GHz (em bilhões de dólares) (2020-25)

Mercado	Categorias	2020	2025
Realidade Aumentada/Realidade Virtual	Hardware	\$ 0.05	\$ 0.55
	Software e aplicativos	\$ 0.15	\$ 2.34
	Subtotal	\$ 0.20	\$ 2.89
IoT (Internet das Coisas)	Hardware	\$ 0.40	\$ 1.17
	Software e serviços	\$ 2.11	\$ 4.99
	Subtotal	\$ 2.75	\$ 6.17
Dispositivos Wi-Fi	Dispositivos residenciais de rede	\$ 0.02	\$ 0.02
	Dispositivos Wi-Fi habilitados	\$ 0.8	\$ 0.07
	Pontos de acesso em empresas e controladores	\$ 0.8	\$ 0.8
	Subtotal	\$ 0.18	\$ 0.17
Total		\$ 3.13	\$ 9.23

Fonte: ABI Research (2020); Frost & Sullivan (2019); análise da Telecom Advisory Services

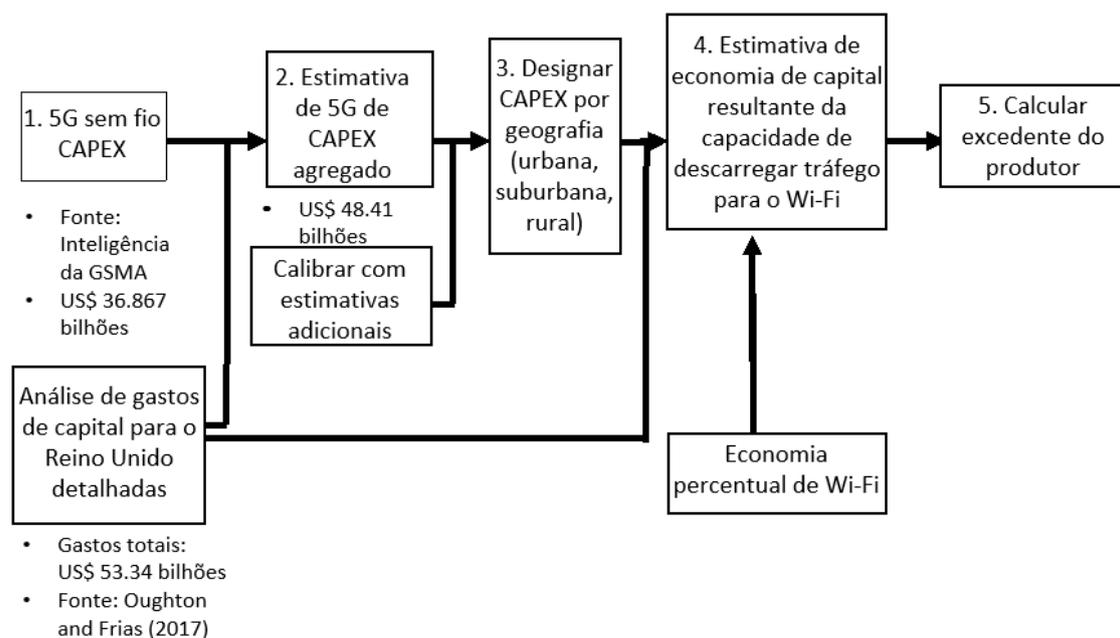
Sob essas condições atrativas de demanda, as decisões a serem tomadas em termos do modelo de alocação da banda 6 GHz (modelo europeu ou americano-coreano) poderiam colocar o Brasil na rota para, ao mesmo tempo, atender a demanda local e beneficiar-se das economias de escala implícitas de mercados avançados, bem como aumentar os custos de oportunidade para os mercados que se desenvolvam primeiro. Adicionalmente, a decisão de alinhar-se a um modelo em particular poderia, potencialmente, dar ao Brasil o benefício de desenvolver uma indústria orientada para exportação que pudesse lucrar com demanda externa.

12. AUMENTO DA CAPACIDADE DE DESCARREGAMENTO (OFF-LOADING) DE TRÁFEGO MÓVEL

As redes 5G prometem velocidades mais rápidas, menor latência e maior capacidade para usuários móveis. Entretanto, as operadoras de rede 5G não podem cumprir essa promessa sem redes Wi-Fi robustas para transportar a maior parte desse tráfego. A Cisco estima que 71% do tráfego móvel de 5G será descarregado para Wi-Fi até 2022, ainda mais do que vimos em redes de baixa velocidade no passado. A disponibilidade de espectro na banda 6 GHz é particularmente adequada para acomodar isso.

O principal objetivo é estimar a economia no investimento de capital como resultado de um aumento na descarga de tráfego com benefícios Wi-Fi a partir do espectro adicional na banda 6 GHz, mas mais importante, a capacidade de alavancar 160 MHz dentro de um único canal contíguo (ver Figura 12-1).

Figura 12-1. Metodologia para estimar economia de CAPEX



Fonte: *Análise da Telecom Advisory Services*

A análise começa com uma estimativa dos custos de implantação de 5G, sem o benefício de descarregar o Wi-Fi. Uma abordagem (Passo 1) é somar o CAPEX wireless estimado pela GSMA Intelligence para o Brasil entre 2019 e 2025: US\$ 36,867 bilhões⁷⁴. Como abordagem alternativa, contamos com a única estimativa de custo de implantação 5G rigorosa conhecida até o momento: a desenvolvida por Oughton e Frias (2016) para a OFCOM no Reino Unido. O caso base dos autores estima um CAPEX de US\$ 53,34 bilhões, dos quais o investimento em

⁷⁴ A GSMA Intelligence estima que a cobertura de 5G atingirá 88% até 2025.

cobertura urbana é de apenas US\$ 890 milhões, enquanto a implantação suburbana demanda US\$ 7,13 bilhões, e a cobertura rural US\$ 45,32 bilhões (ver Tabela 12-1).

Tabela 12-1. Reino Unido: Investimento 5G

	Município/Cidade (Milhão)	Distribuição da população	CAPEX 5G (\$ bilhões)	CAPEX 5G (%)	CAPEX per POP
Urbano (cidades > 1 milhão)	19.42	29%	\$ 0.89	1.66%	\$ 45.71
Suburbano	36.16	54%	\$ 7.13	13.37%	\$ 197.16
Rural	11.38	17%	\$ 45.32	84.97%	\$ 3.981.22
Total	66.96	100%	\$ 53.34	100%	\$ 796.58

Fonte: Oughton e Frias (2017). *Exploring the cost, coverage and rollout implications of 5G in Britain; análise da Telecom Advisory Services*

Usando como ponto de partida o investimento de capital por POP (que não inclui custos de aquisição de espectro), são calculados os custos de implantação de redes destinadas a fornecer serviços 5G no Brasil (Passo 2).

Tabela 3-15. Brasil: Investimento 5G

	População (milhão)	Distribuição da população	CAPEX 5G (\$ bilhões)	CAPEX 5G (%)	CAPEX per POP
Urbano (cidades > 1 milhão)	84.77	41%	\$ 3.87	2.78%	\$ 45.71
Suburbano	95.23	46%	\$ 18.78	13.48%	\$ 197.16
Rural	29.30	14%	\$ 116.66	83.74%	\$ 3.981.22
Total	209.30	100%	\$ 139.31	100%	\$ 442.02

Fonte: Oughton e Frias (2017). *Exploring the cost, coverage and rollout implications of 5G in Britain; análise da Telecom Advisory Services*

Considerando a decomposição de custos de Oughton e Frias (2016), bem como a das outras estimativas, o investimento de 5G sob uma estrutura exclusiva de espectro licenciado continuará significativo para áreas suburbanas (US\$ 18,78 bilhões) e rurais (US\$ 116,66 bilhões). Nesse contexto, o espectro não licenciado torna-se um capacitador chave dos serviços 5G. O próximo ambiente 5G flexível e neutro em termos de rádio será intrinsecamente suportado pela próxima onda de padrões Wi-Fi 802.11 e tecnologias sem fio de curto alcance operando em bandas não licenciadas. Uma análise comparativa do CAPEX para a estação base 5G de pico celular versus hotspot Wi-Fi de operadora indica uma vantagem de custo deste último, totalizando 81%⁷⁵. Deve-se notar que a vantagem Wi-Fi em redes híbridas se torna ainda mais relevante com o espectro 6 GHz, dada a capacidade do hotspot para lidar com grandes volumes de tráfego.

Presumimos, de forma conservadora, que o Wi-Fi não será fundamental para sustentar o investimento em áreas urbanas, mas que desempenhará um papel significativo nas geografias suburbanas e rurais. Com base na vantagem de custo da operadora Wi-Fi, assumimos que ela se tornará efetiva para uma parte da implantação da rede suburbana (aproximadamente 15%) e rural (aproximadamente 5%). Portanto, usando a estimativa de US\$ 18,78 bilhões para

⁷⁵ Nikolikj, V. e Janevski, T. (2014). "A Cost Modeling of High-Capacity LTE-Advanced and IEEE 802.11ac based Heterogeneous Networks, Deployed in the 700 MHz, 2.6 GHz and 5 GHz Bands," *Procedia Computer Science* 40 (2014) 49-56.

cobertura suburbana e US\$ 116,66 bilhões para cobertura rural, a implementação de hot spots Wi-Fi com aproveitamento de 6 GHz produzirá uma economia de CAPEX de US\$ 8,64 bilhões⁷⁶. Estes serão críticos para permitir que as operadoras ampliem sua cobertura de 5G para as geografias rurais.

Para fins de uma estimativa consolidada do valor econômico, assume-se que a economia CAPEX da operadora de celular já é contabilizada no impacto do PIB da velocidade da banda larga.

⁷⁶ Uma contribuição adicional poderia incluir um serviço semelhante ao Wi-Fi operando dentro dos canais AFC.

13. CONCLUSÕES

Com base nos resultados agregados, a alocação de 1.200 MHz nos 6 GHz para uso não licenciado no Brasil gerará valor econômico cumulativo entre 2020 e 2030, atingindo US\$112,14 bilhões em PIB adicional, US\$30,03 em excedente do produtor (que inclui tanto as margens para os fornecedores brasileiros de tecnologia para atender a demanda local e a economia de uso e capital das operadoras de telecomunicações engajadas na implantação de 5G), e US\$21,19 bilhões em excedente do consumidor (benefícios para os consumidores em termos de menor custo por Mbps e velocidade mais rápida) (ver tabela 13-1).

Tabela 13-1. Brasil: Valor econômico da alocação de 1200 MHz na banda 6 GHz (2020-2030) (em bilhões de dólares)

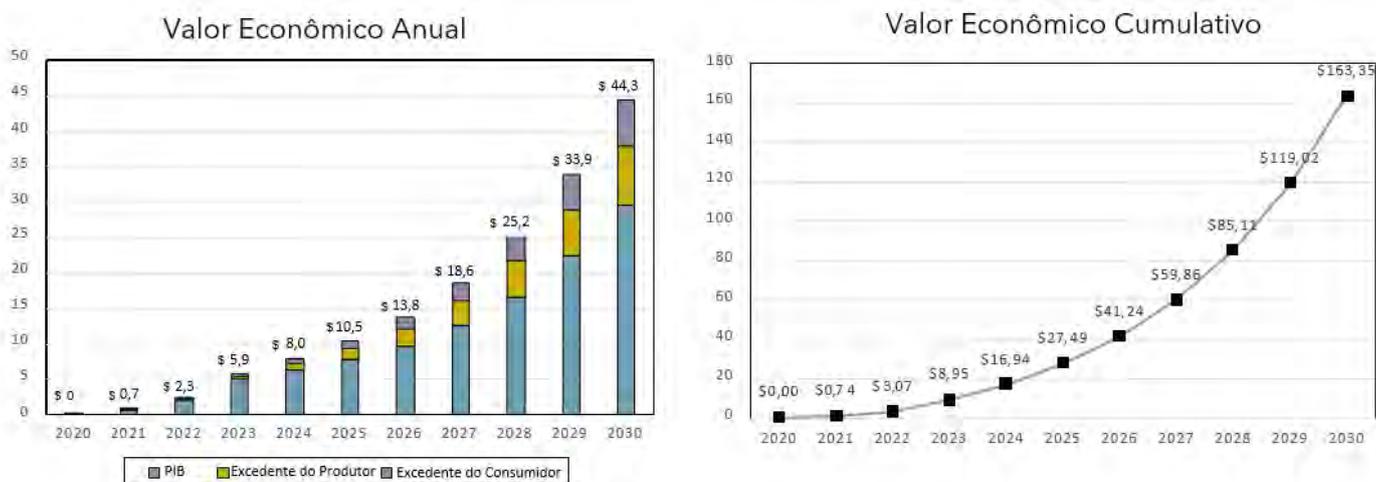
Fonte do Valor	Contribuição para o PIB	Excedente do produtor	Excedente do consumidor
Aumento da cobertura e maior acessibilidade	Melhorar a acessibilidade econômica associada ao fornecimento de banda larga e aumentar o compartilhamento do acesso no setor de provedores de serviço de acesso à internet sem fio (WISP) \$ 24.91		Velocidade de acesso mais alta para assinantes de provedores de serviços de acesso à internet sem fio (WISP) \$ 1.21
Aumento da velocidade por meio da redução do congestionamento na rede Wi-Fi	Vantagens de, ao aumentar o Wi-Fi interno, eliminar-se o gargalo do roteador nas conexões de alta velocidade. \$ 27.60		Excedente do consumidor decorrente de maior velocidade \$ 16.79
Ampla utilização da Internet das Coisas (IoT)	Repercussões do emprego da Internet das Coisas (IoT) sobre a produtividade de setores-chave da economia brasileira (ex.: automotivo, processamento de alimentos, logística) \$ 23.59	Margens das empresas do ecossistema (Hardware, software, serviços) envolvidas no emprego de Internet das Coisas (IoT) \$ 10.96	
Redução dos custos da empresa com tecnologia wireless		Redução dos custos do uso empresarial de comunicação wireless. \$ 8.41	
Emprego de soluções RA/RV	Reflexos do emprego de RA/RV na economia brasileira \$ 29.84	Margens das empresas do ecossistema envolvidas no emprego de RA/RV \$ 10.22	
Aumento da capacidade do Wi-Fi municipal (Wi-Fi gratuito disponibilizado pelo município)	Crescimento do PIB devido a uma maior adoção da banda larga \$ 4.77		Excedente do consumidor resultante de taxa de download de dados mais alta, possibilitada por uma banda larga mais rápida \$ 0.41
Implantação de Hot Spots com Wi-Fi Gratuito	Crescimento do PIB devido a uma maior adoção da banda larga \$ 1.42		Excedente do consumidor resultante de taxa de download de dados mais alta, possibilitada por uma banda larga mais rápida \$ 2.78
Alinhamento das decisões sobre o espectro com outras economias avançadas	Potenciais oportunidades de criar um setor de fabricação de equipamento Wi-Fi	Benefícios de economia de escala ao se alinhar o Brasil com os EUA (equipamentos mais baratos) \$0.44	
Aumento da capacidade de		Redução do CAPEX como resultado do descarregamento (off-loading) do	

Fonte do Valor	Contribuição para o PIB	Excedente do produtor	Excedente do consumidor
descarregamento (off-loading) de tráfego móvel		tráfego de banda larga móvel sem fio em hot spots de Wi-Fi de alta confiabilidade (carrier grade). \$ 8.64 (excluído do total para evitar contagem em duplicidade)	
TOTAL	\$ 112.14	\$ 30.03	\$ 21.19

Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

O valor econômico aumenta no decorrer do tempo, acelerando significativamente ao final do período, devido à capacidade de alavancamento do 6 GHz (ver gráfico 13-1).

Gráfico 13-1. Brasil: Valor econômico da alocação de 1.200 MHz na faixa de 6 GHz



Fonte: Análise da Telecom Advisory Services

BIBLIOGRAFIA

ABI Research *Augmented and Mixed Reality Market Data: devices, use cases, verticals and value chain*. MD-ARMR-103, QTR 4 2019.

ABI Research, *Virtual Reality Market Data: devices, verticals, and value chain*. MD-VR-108, QTR 1 2020.

ABRINT (2018). Plano de modernização e expansão de acessos com implantação de redes FTTH.

ANATEL. Plano de Dados Abertos da Anatel, disponível em:
<https://www.anatel.gov.br/paineis/acessos/banda-larga-fixa>.

Benkler, Y. (2012). "Open wireless vs. licensed spectrum: evidence from market adoption". *Harvard Journal of Law & Technology*. Volume 26, Number 1 fall 2012.

Blackman, J. (2020). "UK to release 6 GHz and 100 GHz spectrum for Wi-Fi in smart homes, offices, factories". *Enterprise IoT insights* (27 de janeiro).

BNDES (2017). Estudo Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil.

Bohlin, E. and Rohman, I. (2012). *Does Broadband Speed Really Matter for Driving Economic Growth? Investigating OECD Countries?* Disponível em SSRN:
<http://ssrn.com/abstract=2034284> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2034284>., 2013.

Calabrese, M. (2013). *Solving the "Spectrum Crunch": Unlicensed Spectrum on a High-Fiber Diet*. Washington, DC: Time Warner Cable Research program on Digital Communications.

Carew, D., Martin, N., Blumenthal, M., Armour, P., and Lastunen, J. (2018). *The potential economic value of unlicensed spectrum in the 5.9 GHz Frequency band: insights for allocation policy*. RAND Corporation (Rand study).

Carter, K. (2006) "Policy Lessons From Personal Communications Services: Licensed Vs. Unlicensed Spectrum Access," *CommLaw Conspectus* 93.

CGI.br/NIC.br, Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros - TIC Domicílios 2019.

Cisco (2017). *Cisco Visual Networking Index: Global Mobile data Traffic Forecast Update, 2016- 2021*. Disponível em <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>.

CSI Market Inc: *Industry Profitability ratios*.

CompTIA (2016). *Sizing up the Internet of Things*.

Cooper, M. (2011). *The consumer benefits of expanding shared use of unlicensed radio spectrum: Liberating Long-Term Spectrum Policy from Short-Term Thinking*. Washington DC: Consumer Federation of America.

Crawford, S. (2011). *The FCC's job and unlicensed spectrum – Waldman report*. Statement to the FCC.

Ebbecke, Ph. (2019). *Road to 6 GHz in Europe*. Apresentação para o WLPC Praga 2019.

Ford, G. (2018). *Is Faster Better? Quantifying the Relationship between Broadband Speed and Economic Growth*. Phoenix Center Policy Bulletin n. 44.

Frontier Economics (2018). *The economic impact of IoT: putting numbers on a revolutionary technology*.

Frost & Sullivan (2021). *Industrial Internet of Things (IoT) revenue in Brazil (2016-2021)*.

Grimes, A., Ren, C., e Stevens, P. (2009). *The need for speed: Impacts of Internet Connectivity on Firm Productivity*. MOTU Working Paper 09-15.

Hausman, J. (1997). *Valuing the Effect of Regulation on New Services in Telecommunications*. Brookings Papers on Economic Activity, Economic Studies Program, 28(1997-1), pp. 1- 54.

Hazlett, T. (2005). *"Spectrum Tragedies - Avoiding a Tragedy of the Telecommons: Finding the Right Property Rights Regime for Telecommunications"* 22 *Yale Journal on Regulation*.

Hetting, C. (2019). *"Europe's process to release 6 GHz spectrum to Wi-Fi on track, expert says"*, *Wi-Fi Now* (2 de junho).

Hetting, C. (2020). *"South Korea could become Asia's first 6 GHz nation"*. *Wi-Fi News* (27 de junho).

IBGE, Pesquisa de Informações Básicas Municipais – dados de 2014.

Katz, R. (2014a). *Assessment of the economic value of unlicensed spectrum in the United States*. Nova York: Telecom Advisory Services. Disponível em: wififorward.org/resources.

Katz, R. (2014b). *Assessment of the future economic value of unlicensed spectrum in the United States*. Nova York: Telecom Advisory Services. Disponível em: wififorward.org/resources.

Katz, R. (2018). *A 2017 assessment of the current and future economic value of unlicensed spectrum*. Washington, DC: Wi-Fi Forward. Disponível em: wififorward.org/resources.

- Katz, R. e Callorda, F. (2018). *The economic contribution of broadband, digitization and ICT regulation: Econometric modelling for the Americas*. Geneva: International Telecommunication Union. Disponível em: <http://handle.itu.int/11.1002/pub/81377c7f-en>.
- Katz, R. (2018). *The global economic value of Wi-Fi 2018-2023*. New York: Telecom Advisory Services. Disponível em: wi.fi.org.
- Katz, R. (2020). *Assessing the economic value of unlicensed use in the 5.9 GHz and 6 GHz bands*. Washington, DC: Wi-Fi Forward. Disponível em: wififorward.org/resources.
- Kongaut, Chatchai; Bohlin, Erik (2014). *Impact of broadband speed on economic outputs: An empirical study of OECD countries*, 25th European Regional Conference of the International Telecommunications Society (ITS), Brussels, Belgium, 22-25 de junho de 2014.
- Liu, Y-H; Prince, J., and Wallsten, J. (2018). *Distinguishing bandwidth and latency in households' willingness-to-pay for broadband internet speed*.
- Mack-Smith, D. (2006). *Next Generation Broadband in Scotland*. Edinburgh: SQW Limited).
- Marcus, S. and Burns, J. (2013). *Study on Impact of Traffic off-loading and related technological trends on the demand for wireless broadband spectrum: a study prepared for the European Commission DG Communications Networks, Content & Technology*. Brussels: European Union.
- Milgrom, P., Levin, J., & Eilat, A. (2011). The case for unlicensed spectrum. Stanford Institute for Economic Policy Research Discussion paper No. 10-036, p. 2. Disponível em <https://web.stanford.edu/~jdlevin/Papers/UnlicensedSpectrum.pdf>.
- Nevo, A., Turner, J., and Williams, J. (Mar. 2016). "Usage-based pricing and demand for residential broadband", *Econometrica*, vol. 84, No.2, p. 441-443.
- Oughton and Frias (2017). *Exploring the cost, coverage and rollout implications of 5G in Britain*.
- PWC (2019). *Seeing is believing how virtual reality and augmented reality are transforming business and the economy*.
- Rosston, G., Savage, S. and Waldman, D. (2010), *Household demand for broadband internet service*. Disponível em http://siepr.stanford.edu/system/files/shared/Household_demand_for_broadband.pdf.
- Stevenson, C. et al. (2009). "IEEE 802.22: The first cognitive radio wireless regional area network standard," *Communications Magazine IEEE* 47 (1): 131.
- Suarez, M. (2020). *Unlicensed spectrum access in the 6 GHz band. Presentation to ANATEL*

Thanki, R. (2009). *The economic value generated by current and future allocations of unlicensed spectrum*. United Kingdom: Perspective Associates.

Thanki, R. (2012). *The Economic Significance of License- Exempt Spectrum to the Future of the Internet*. London.

Yonhap (2020). "Unlicensed frequency band to boost Wi-Fi speed, smart factory penetration: ministry", *The Korea Herald*, (27 de junho).

WISPA (2020). *Letter to the FCC Commissioners* (5 de março).