

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

JOSÉ IGOR DO CARMO VISOTO

CABOS SUBMARINOS: EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA, IMPACTOS NA  
CONECTIVIDADE E REPERCUSSÕES PARA A EDUCAÇÃO BRASILEIRA

Uberlândia - MG

2025

JOSÉ IGOR DO CARMO VISOTO

CABOS SUBMARINOS: EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA, IMPACTOS NA  
CONECTIVIDADE E REPERCUSSÕES PARA A EDUCAÇÃO BRASILEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Graduação em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Coutinho Mateus

Uberlândia - MG

2025

JOSÉ IGOR DO CARMO VISOTO

CABOS SUBMARINOS: EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA, IMPACTOS NA  
CONECTIVIDADE E REPERCUSSÕES PARA A EDUCAÇÃO BRASILEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso da Faculdade  
de Engenharia Elétrica da Universidade Federal  
de Uberlândia, como requisito parcial para a  
obtenção do título de Graduação em Engenharia  
Eletrônica e de Telecomunicações.

Uberlândia, data

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Alexandre Coutinho Mateus, FEELT/UFU (Orientador)

---

Prof. Mst. Gustavo Nozela Rocha

---

Prof. Dra. Milena Bueno Pereira Carneiro

## AGRADECIMENTOS

A jornada até aqui não foi fácil, e seria impossível terminar sem o apoio de pessoas muito especiais.

Em primeiro lugar, agradeço à minha mãe, que sempre acreditou em mim, me apoiou incondicionalmente e foi minha maior fonte de força nos momentos difíceis. Seu amor e dedicação foram fundamentais para que eu não desistisse.

Ao meu avô, meu exemplo de sabedoria, coragem e perseverança, agradeço por todo o incentivo, pelas conversas cheias de ensinamentos e pelo apoio constante durante essa caminhada.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado nos bons e maus momentos, seja com palavras de incentivo, ajuda nos estudos ou simplesmente com a presença que conforta e anima.

A amizade de vocês tornou essa jornada mais leve e significativa. A todos que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade, deixo aqui o meu sincero e profundo agradecimento.

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo.  
Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós  
ignoramos alguma coisa.”  
(FREIRE, 2002, p. 69)

## RESUMO

A crescente demanda por conectividade tem impulsionado o desenvolvimento de infraestruturas globais de comunicação, com destaque para os cabos submarinos, que interligam continentes e possibilitam a troca de dados em tempo real. Este trabalho teve como objetivo analisar a evolução dos cabos submarinos e seu impacto na conectividade e no desenvolvimento socioeconômico do Brasil, por meio de revisão bibliográfica, estudo de caso e análise de dados. A pesquisa evidenciou que a instalação da fibra óptica no Brasil, iniciada na década de 1990, foi fundamental para a expansão da conectividade, especialmente em áreas remotas, facilitando o acesso à informação e promovendo melhorias significativas na educação, principalmente por meio da inclusão digital em programas educacionais. Ademais, o estudo ressalta que a continuidade desse avanço depende de políticas públicas eficazes, investimentos constantes em tecnologia e ações direcionadas à inclusão digital, garantindo que os benefícios da conectividade sejam distribuídos de forma equitativa para toda a população brasileira, fortalecendo assim o desenvolvimento social e econômico do país.

**Palavras-chave:** cabos submarinos, inclusão digital, conectividade

## ABSTRACT

The growing demand for connectivity has driven the development of global communication infrastructures, with submarine cables playing a key role by linking continents and enabling real-time data exchange. This study aimed to analyze the evolution of submarine cables and their impact on connectivity and socioeconomic development in Brazil, through a literature review, case study, and data analysis. The research highlighted that the installation of fiber optics in Brazil, beginning in the 1990s, was crucial for expanding connectivity, especially in remote areas, facilitating access to information and significantly improving education, mainly through digital inclusion in educational programs. Furthermore, the study emphasizes that the continuation of this progress depends on effective public policies, ongoing investments in technology, and targeted digital inclusion efforts, ensuring that the benefits of connectivity are equitably distributed across the entire Brazilian population, thus strengthening the country's social and economic development.

**Keywords:** Submarine cables, digital inclusion, connectivity

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Estrutura interior de cabos submarinos.....	15
<b>Figura 2:</b> Malha de Cabos Submarinos .....	21
<b>Figura 3:</b> Constelação de Satélites .....	25
<b>Figura 4:</b> Satélite Starlink.....	26
<b>Figura 5:</b> Ilustração do satélite ViaSat-3 em órbita geostacionária.....	27
<b>Figura 6:</b> Satélite OneWeb em órbita baixa .....	28
<b>Figura 7:</b> Política de Inovação Educação Conectada .....	40
<b>Figura 8:</b> Detalhe do trecho de aterramento do sistema de cabo submarino Monet. ....	47
<b>Figura 9:</b> Mapa representando o sistema de cabo submarino Seabras-1 .....	48

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Comparativo entre as soluções de conectividade via satélite das empresas Starlink, Viasat e OneWeb .....	25
<b>Tabela 2:</b> Principais cabos submarinos com passagem pelo Brasil.....	48
<b>Tabela 3:</b> Programas Educacionais .....	49
<b>Tabela 4:</b> Regiões Alcançadas pelos Programas Brasileiros .....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Amplitude Modulada
CGI.br	Comite Gestor da Internet no Brasil
DAB	Digital Audio Broadcasting
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
EAD	Ensino a Distância
FM	Frequência Modulada
GEO	Órbitas Geoestacionárias
IDEB	Índice de Desenvolvimento de Educação
IoT	Internet das Coisas
km	Quilômetro
LEO	Órbita de Baixa Terra
Mbit/s	Megabits por segundo
MEC	Ministério da Educação
ms	Milisegundo
PNBL	Plano Nacional de Banda Larga
PNID	Programa Nacional de Inclusão Digital
ProUni	Programa Universidade para Todos
Tbps	Terabits por segundo
UAB	Universidade Aberta do Brasil

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Organização do Trabalho.....	12
2. CABOS SUBMARINOS: HISTÓRIA E EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA.....	13
2.1. Breve Histórico dos Cabos Submarinos.....	13
2.2. Avanços Tecnológicos Recentes.....	16
2.3. Sustentabilidade e Tendências Futuras.....	17
2.4. Evolução dos Cabos Submarinos no Brasil e no Mundo.....	19
3. COMPARATIVO COM OUTRAS TECNOLOGIAS.....	22
3.1. Conexão via Satélite.....	22
3.1.1 Benefícios e limitações: Cobertura ampla versus maior latência.....	22
3.1.2. Empresas e projetos relevantes: Starlink, Viasat, OneWeb.....	24
3.3. Vantagens e Desvantagens: Facilidade de Instalação versus Suscetibilidade a Interferências.....	29
4. IMPACTOS NA EDUCAÇÃO BRASILEIRA.....	31
4.1. Ensino a Distância e Acessibilidade.....	32
4.2. Inclusão Digital em Regiões Remotas.....	35
4.3. Exemplos de Programas Educacionais Beneficiados.....	37
4.4. Políticas Públicas e Desafios.....	40
5. RESULTADOS.....	42
5.1. Impactos na Inclusão Digital.....	43
5.2. Estudos de Caso: Regiões Beneficiadas.....	44
5.3. Cabos Submarinos que Conectam o Brasil.....	46
5.4. Programas Educacionais no Brasil.....	49
6. CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS.....	52

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por conectividade e o avanço das tecnologias de comunicação têm levado ao aprimoramento e expansão das infraestruturas que possibilitam a troca de dados em nível global. Nesse contexto, os cabos submarinos desempenham um papel central na conectividade mundial, conectando continentes e permitindo que a troca de informações ocorra em tempo real. No Brasil, a instalação desses cabos tem sido um fator determinante para o crescimento da infraestrutura de telecomunicações, facilitando o acesso à internet e promovendo a inclusão digital, além de impactar diretamente áreas como a educação, o comércio e a saúde. Com a expansão desses cabos, o Brasil tem conseguido integrar-se mais profundamente à economia digital global, embora ainda existem desafios relacionados à qualidade e à acessibilidade dos serviços de internet em várias regiões, especialmente nas mais remotas.

Este trabalho busca discutir a importância dos cabos submarinos na infraestrutura de comunicação do Brasil, avaliando seu papel na conectividade global e os impactos dessa infraestrutura no desenvolvimento socioeconômico e educacional do país. A análise está centrada em como a melhoria na conectividade, proporcionada por essa infraestrutura, tem impulsionado o acesso à informação e possibilitado o avanço da educação, principalmente por meio de iniciativas como o Ensino a Distância (EAD). A relevância deste estudo está na compreensão de como as tecnologias de comunicação, especialmente os cabos submarinos, têm transformado a realidade brasileira, com implicações significativas para a inclusão digital e o acesso a serviços essenciais.

O objetivo geral deste trabalho é analisar a evolução e o impacto dos cabos submarinos no Brasil, com foco na conectividade e seus reflexos na educação, e identificar os desafios e oportunidades que essa infraestrutura proporciona para a inclusão digital no país. Os objetivos específicos incluem: (1) Mapear a evolução dos cabos submarinos e suas implicações para a conectividade global e nacional; (2) Analisar como a melhoria na infraestrutura de telecomunicações tem beneficiado a inclusão digital, especialmente em regiões remotas; (3) Examinar o impacto dessa conectividade no ensino a distância e a educação no Brasil; (4) Avaliar políticas públicas relacionadas à ampliação da infraestrutura de telecomunicações e suas dificuldades.

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste estudo é a revisão bibliográfica, que permite uma análise crítica das fontes já publicadas sobre o tema, além de uma análise comparativa de dados sobre a evolução dos cabos submarinos, seus impactos na inclusão digital

e os benefícios para a educação no Brasil. A pesquisa está fundamentada em livros, artigos acadêmicos, relatórios técnicos e outras fontes especializadas que fornecem uma visão ampla sobre o tema. Além disso, serão considerados estudos de caso que ilustram a implementação dos cabos submarinos em diferentes regiões do Brasil e como essa infraestrutura tem contribuído para a melhoria da conectividade e do acesso à educação.

### **1.1. Organização do Trabalho**

O presente trabalho está ordenado de acordo com a exposição a seguir, considerando os principais tópicos referente a revisão bibliográfica dos cabos submarinos.

O Capítulo 2, Cabos Submarinos: História e Evolução Tecnológica, acompanha a trajetória de evolução dos cabos submarinos, apresentando os principais avanços tecnológicos que tornaram essa infraestrutura mais eficiente e abrangente ao longo do tempo. Também explora como essas transformações têm influenciado diretamente a conectividade global e, de forma especial, o cenário brasileiro.

Por sua vez, o Capítulo 3, Comparativo com Outras Tecnologias, apresenta a evolução tecnológica dos cabos submarinos, destacando os principais marcos e inovações que ampliaram sua eficiência, capacidade e alcance ao longo do tempo. São discutidas as transformações que tornaram essa infraestrutura cada vez mais estratégica para garantir conectividade em escala global, com foco nos impactos diretos para o Brasil.

Enquanto isso, o capítulo 4, Impactos na Educação Brasileira, abrange como a expansão da infraestrutura de conectividade digital no Brasil tem impactado positivamente a educação ao promover a inclusão digital, tornando o conhecimento mais acessível em regiões remotas. No entanto, o texto aponta que ainda existem desafios a serem superados, como a desigualdade no acesso à internet de qualidade, a necessidade de formação continuada para educadores no uso de tecnologias digitais.

Assim, o Capítulo 5, intitulado "Resultados", detalha as descobertas da pesquisa se aprofundando na infraestrutura de cabos submarinos do Brasil e analisando a conexão entre esses cabos, os programas educacionais e as regiões que foram beneficiadas por essa conectividade.

Por fim, o capítulo 6, Conclusão, sumariza as principais contribuições do trabalho, entendendo os resultados obtidos e o impacto dos cabos submarinos e seu papel na inclusão digital e educação brasileira.

## **2. CABOS SUBMARINOS: HISTÓRIA E EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA**

A infraestrutura global de comunicação é sustentada por uma extensa rede de cabos submarinos, responsáveis por transmitir a maior parte dos dados da internet mundial. Desde o século XIX, com a instalação dos primeiros cabos telegráficos transoceânicos, essa tecnologia tem evoluído continuamente, acompanhando os avanços das telecomunicações. O desenvolvimento de cabos de fibra óptica revolucionou a transmissão de dados, proporcionando maior velocidade, estabilidade e segurança nas conexões internacionais.

Este capítulo examina a trajetória histórica dos cabos submarinos, desde suas primeiras implementações até as tecnologias mais recentes. Além disso, serão analisados os avanços técnicos que permitiram um aumento significativo na capacidade de transmissão e a redução da latência, tornando essa infraestrutura ainda mais eficiente. Por fim, serão discutidas as perspectivas futuras para os cabos submarinos, incluindo desafios relacionados à sustentabilidade, inovação tecnológica e a necessidade de ampliação dessa rede para garantir maior inclusão digital e conectividade global.

### **2.1. Breve Histórico dos Cabos Submarinos**

Os cabos submarinos desempenham um papel essencial na comunicação global, garantindo a conectividade de redes de internet, telefonia e transmissão de dados entre continentes. A história dessa tecnologia remonta ao século XIX, com a instalação dos primeiros cabos telegráficos submarinos, que revolucionaram a comunicação internacional ao permitir a troca de mensagens de maneira muito mais rápida do que os métodos tradicionais, como navios e correios físicos. Desde então, os cabos submarinos passaram por sucessivas evoluções tecnológicas, culminando nas modernas redes de fibra óptica, responsáveis por suportar a maior parte do tráfego de internet mundial. Essa evolução foi impulsionada tanto por avanços científicos e tecnológicos quanto pelas crescentes demandas por comunicação instantânea, estabilidade e capacidade de transmissão de grandes volumes de dados.

O desenvolvimento dos cabos submarinos teve início na metade do século XIX, impulsionado pela necessidade de estabelecer comunicações mais rápidas entre países. O primeiro cabo submarino transatlântico foi instalado em 1858, conectando os Estados Unidos à Europa. No entanto, devido às limitações tecnológicas da época, sua operação foi breve, e apenas em 1866 um cabo de maior durabilidade e eficiência foi colocado em funcionamento,

permitindo a transmissão contínua de mensagens telegráficas entre os dois continentes (MATTOSO, 2017). Esse avanço reduziu drasticamente o tempo de envio de mensagens, que antes levavam semanas para atravessar o Atlântico por meio de embarcações, tornando-se praticamente instantâneo para os padrões da época.

A partir do final do século XIX e início do século XX, o aperfeiçoamento dos cabos submarinos possibilitou a introdução de novas tecnologias, como os cabos coaxiais, que permitiam a transmissão de sinais telefônicos, além do telégrafo. A primeira grande inovação nesse sentido ocorreu na década de 1950, com a instalação do primeiro cabo coaxial transatlântico, o TAT-1, em 1956. Esse cabo, desenvolvido por um consórcio liderado pelos Estados Unidos e pelo Reino Unido, permitiu a transmissão simultânea de até 36 chamadas telefônicas, o que representou um grande avanço em relação à tecnologia telegráfica anterior (SILVEIRA, 2019).

Apesar das melhorias trazidas pelos cabos coaxiais, a verdadeira revolução nas telecomunicações submarinas veio com a introdução dos cabos de fibra óptica, que começaram a ser implantados na década de 1980. A fibra óptica trouxe diversas vantagens em relação aos cabos coaxiais, como maior capacidade de transmissão, menor interferência eletromagnética e menor necessidade de repetidores ao longo do trajeto. O primeiro cabo submarino de fibra óptica, o TAT-8, foi inaugurado em 1988, ligando os Estados Unidos, a França e o Reino Unido, com uma capacidade de transmissão de até 280 Mbit/s, um avanço significativo para a época (MACHADO, 2020).

Com o crescimento exponencial do tráfego de dados e a popularização da internet na década de 1990, novas gerações de cabos de fibra óptica foram desenvolvidas, aumentando ainda mais a capacidade de transmissão. Atualmente, os cabos submarinos de última geração possuem capacidade de transmissão na casa dos terabits por segundo, suportando redes globais de comunicação e permitindo a interligação de data centers e infraestruturas de computação em nuvem. A Figura 1 a seguir representa a estrutura interior dos cabos submarinos. Um exemplo significativo dessa evolução é o cabo submarino EllaLink, inaugurado em 2021, que conecta o Brasil à Europa sem a necessidade de passar pelos Estados Unidos, reduzindo a latência e fortalecendo a soberania digital brasileira (CGI.BR, 2021).

**Figura 1:** Estrutura interior de cabos submarinos



Fonte: SILVA (2017)

A importância dos cabos submarinos na infraestrutura de telecomunicações do Brasil é inegável, principalmente em um país de dimensões continentais, onde a conectividade é fundamental para a integração de regiões remotas ao restante do mundo. Nos últimos anos, investimentos na instalação e manutenção de cabos submarinos no Brasil têm contribuído para a melhoria da qualidade da internet e para a redução dos custos de transmissão de dados. O país é atualmente conectado por diversas rotas submarinas, que garantem acesso a redes internacionais de comunicação e impulsionam setores estratégicos, como o comércio eletrônico, a pesquisa acadêmica e a educação a distância (TELEBRASIL, 2022).

Além da capacidade técnica, a sustentabilidade dos cabos submarinos tem sido um tema de crescente importância. A fabricação, instalação e manutenção dessas infraestruturas exigem materiais resistentes às altas pressões do fundo do oceano e tecnologias avançadas para evitar falhas na transmissão de dados. Nos últimos anos, iniciativas para reduzir o impacto ambiental dos cabos submarinos têm ganhado destaque, incluindo o uso de materiais mais sustentáveis, a adoção de tecnologias que minimizam o consumo energético e a implementação de projetos que visam à proteção dos ecossistemas marinhos.

Com o avanço da tecnologia, os cabos submarinos continuarão a desempenhar um papel crucial na conectividade global, permitindo o desenvolvimento de novas aplicações que dependem de alta velocidade e baixa latência, como a internet das coisas (IoT), a inteligência artificial e as redes 5G e 6G. À medida que a demanda por conectividade cresce, novos projetos de cabos submarinos estão sendo planejados e implantados, garantindo que essa infraestrutura continue a evoluir e a atender às necessidades da sociedade digital moderna.

A história dos cabos submarinos é um reflexo da evolução das comunicações e da crescente necessidade de interconectividade global. Desde os primeiros cabos telegráficos até

as modernas redes de fibra óptica, essa tecnologia tem sido um pilar essencial para a infraestrutura digital, viabilizando a troca de informações em alta velocidade e possibilitando avanços em diversas áreas da economia e da sociedade. No Brasil, a expansão dessa infraestrutura tem sido fundamental para o desenvolvimento da conectividade, contribuindo para a inclusão digital e para o fortalecimento da economia baseada no conhecimento.

## **2.2. Avanços Tecnológicos Recentes**

Os avanços tecnológicos recentes nos cabos submarinos têm sido fundamentais para atender à crescente demanda por conectividade global. Com o aumento exponencial do tráfego de dados impulsionado pelo crescimento da internet, das redes sociais, do streaming de vídeo e das aplicações empresariais em nuvem, novas inovações têm sido implementadas para ampliar a capacidade de transmissão e reduzir a latência, garantindo uma comunicação mais rápida e eficiente entre diferentes continentes. Esses avanços estão diretamente relacionados ao desenvolvimento de novas gerações de cabos de fibra óptica, aprimoramentos em técnicas de multiplexação, uso de materiais mais eficientes e inovações na topologia das redes submarinas.

Um dos principais avanços na tecnologia de cabos submarinos foi a evolução da multiplexação por divisão de comprimento de onda densa (DWDM – Dense Wavelength Division Multiplexing). Essa tecnologia permite a transmissão simultânea de múltiplos sinais ópticos em diferentes comprimentos de onda dentro da mesma fibra, aumentando significativamente a capacidade de transmissão sem a necessidade de expandir fisicamente a infraestrutura dos cabos. Os primeiros sistemas DWDM possibilitavam a transmissão de algumas dezenas de canais ópticos, enquanto as versões mais recentes permitem a utilização de centenas de comprimentos de onda, ampliando a capacidade de transmissão para dezenas de terabits por segundo (TELEBRASIL, 2022).

Além do aumento da capacidade, a redução da latência tem sido uma prioridade na modernização dos cabos submarinos. A latência, que representa o tempo necessário para que um sinal percorra uma determinada distância, é um fator crítico para diversas aplicações, especialmente para mercados financeiros, jogos online e serviços de comunicação em tempo real. A latência pode ser reduzida por meio da escolha de rotas mais diretas para os cabos, da utilização de fibras ópticas de baixa atenuação e do aprimoramento dos repetidores ópticos, que amplificam o sinal ao longo do trajeto sem degradar a qualidade da transmissão (MACHADO, 2020).

Outro avanço importante é a introdução de cabos equipados com fibras ópticas de núcleo oco, que prometem reduzir ainda mais a latência. Diferentemente das fibras convencionais, que guiam a luz através de um núcleo de vidro sólido, as fibras de núcleo oco permitem que a luz viaje pelo ar dentro da fibra, reduzindo a dispersão do sinal e aumentando a velocidade de propagação da informação. Embora essa tecnologia ainda esteja em fase experimental, estima-se que sua adoção possa proporcionar ganhos significativos em eficiência e desempenho das comunicações submarinas (MATTOSO, 2017).

Nos últimos anos, empresas e consórcios internacionais têm investido na construção de novas rotas de cabos submarinos que não apenas ampliam a capacidade global, mas também oferecem alternativas estratégicas para reduzir a dependência de determinados trajetos. Um exemplo recente é o cabo submarino EllaLink, inaugurado em 2021, que conecta diretamente a América do Sul à Europa, reduzindo significativamente a latência das comunicações entre esses continentes, uma vez que evita a necessidade de passar pelos Estados Unidos. Esse avanço tem impacto direto em setores como comércio digital, ciência de dados e inteligência artificial, que demandam alta velocidade na troca de informações (CGI.BR, 2021).

A constante evolução dos cabos submarinos reflete a necessidade de acompanhar o ritmo acelerado da transformação digital. Com o advento da computação em nuvem, da inteligência artificial e das futuras redes 6G, novas demandas por largura de banda, confiabilidade e baixa latência continuarão a impulsionar inovações no setor. A expansão das redes submarinas e a incorporação de tecnologias emergentes garantirão que essa infraestrutura crítica continue a desempenhar um papel central na conectividade global, permitindo o desenvolvimento de novas aplicações e serviços essenciais para a economia digital do futuro.

### **2.3. Sustentabilidade e Tendências Futuras**

A sustentabilidade tem se tornado um fator fundamental no desenvolvimento da infraestrutura de cabos submarinos, à medida que cresce a preocupação com os impactos ambientais e a necessidade de tornar as redes de telecomunicações mais resilientes e eficientes. As tendências futuras nesse setor apontam para a adoção de práticas sustentáveis tanto na construção e manutenção dos cabos quanto na utilização de tecnologias que reduzam o consumo de energia e os impactos sobre os ecossistemas marinhos. Além disso, avanços em novas rotas e na modernização da infraestrutura prometem aprimorar ainda mais a conectividade global, garantindo maior segurança e capacidade de transmissão de dados.

A instalação de cabos submarinos envolve desafios ambientais significativos, pois esses sistemas percorrem vastas extensões de oceanos e podem interferir em habitats sensíveis. Para minimizar esses impactos, empresas responsáveis pelo lançamento e manutenção desses cabos têm adotado práticas mais sustentáveis, como a realização de estudos ambientais detalhados antes da instalação, a escolha de rotas que evitem áreas ecologicamente sensíveis e o uso de técnicas de ancoragem que reduzam a perturbação dos fundos marinhos. Além disso, iniciativas de recuperação ambiental têm sido implementadas em algumas regiões, visando compensar os impactos causados pela infraestrutura submarina (SILVEIRA, 2020).

Outro aspecto relevante da sustentabilidade na infraestrutura de cabos submarinos é a busca por materiais mais duráveis e ecologicamente responsáveis. Pesquisas recentes indicam a possibilidade de utilizar materiais biodegradáveis e recicláveis na fabricação do isolamento e da proteção externa dos cabos, reduzindo a poluição marinha e os resíduos gerados pela substituição periódica da infraestrutura. Além disso, a adoção de tecnologias que aumentam a durabilidade dos cabos tem sido essencial para diminuir a necessidade de intervenções frequentes e, conseqüentemente, reduzir os impactos ambientais e os custos operacionais (TELEBRASIL, 2022).

A energia consumida pelos cabos submarinos também é uma preocupação crescente, especialmente devido à necessidade de alimentação dos repetidores ópticos, que garantem a amplificação do sinal ao longo das rotas oceânicas. Algumas operadoras têm investido no uso de fontes de energia renováveis para alimentar esses dispositivos, como sistemas híbridos que combinam energia solar, eólica e de correntes marítimas. Esses avanços contribuem para reduzir a pegada de carbono da infraestrutura de telecomunicações e alinham o setor às diretrizes globais de mitigação das mudanças climáticas (CGI.BR, 2021).

No que diz respeito às tendências futuras, a crescente demanda por conectividade impulsionará a expansão das redes de cabos submarinos para novas regiões, especialmente na África e na América Latina, onde a infraestrutura de telecomunicações ainda enfrenta desafios significativos. Novos projetos já estão em andamento para conectar essas regiões a grandes centros de dados globais, melhorando a qualidade do acesso à internet e impulsionando o desenvolvimento digital em países emergentes. Além disso, a diversificação das rotas submarinas será uma prioridade estratégica para aumentar a resiliência das redes, reduzindo riscos associados a falhas e a interferências geopolíticas (MATTOSO, 2018).

A combinação dessas tendências e inovações aponta para um futuro no qual os cabos submarinos continuarão a desempenhar um papel essencial na infraestrutura digital global, ao mesmo tempo em que se tornam mais sustentáveis e eficientes. O equilíbrio entre expansão da conectividade e preservação ambiental será um dos principais desafios e objetivos do setor nos próximos anos, garantindo que a evolução tecnológica ocorra de forma responsável e alinhada às metas de sustentabilidade globais

Por fim, espera-se que a próxima geração de cabos submarinos seja projetada para suportar demandas cada vez maiores de dados, impulsionadas pelo crescimento da computação em nuvem, da inteligência artificial e da Internet das Coisas (IoT). A introdução de novas tecnologias, como as fibras ópticas de núcleo oco, mencionadas anteriormente, e a possibilidade de utilizar redes ópticas elásticas permitirão um gerenciamento mais eficiente da largura de banda e uma melhor adaptação às necessidades dinâmicas do tráfego de dados global.

#### **2.4. Evolução dos Cabos Submarinos no Brasil e no Mundo**

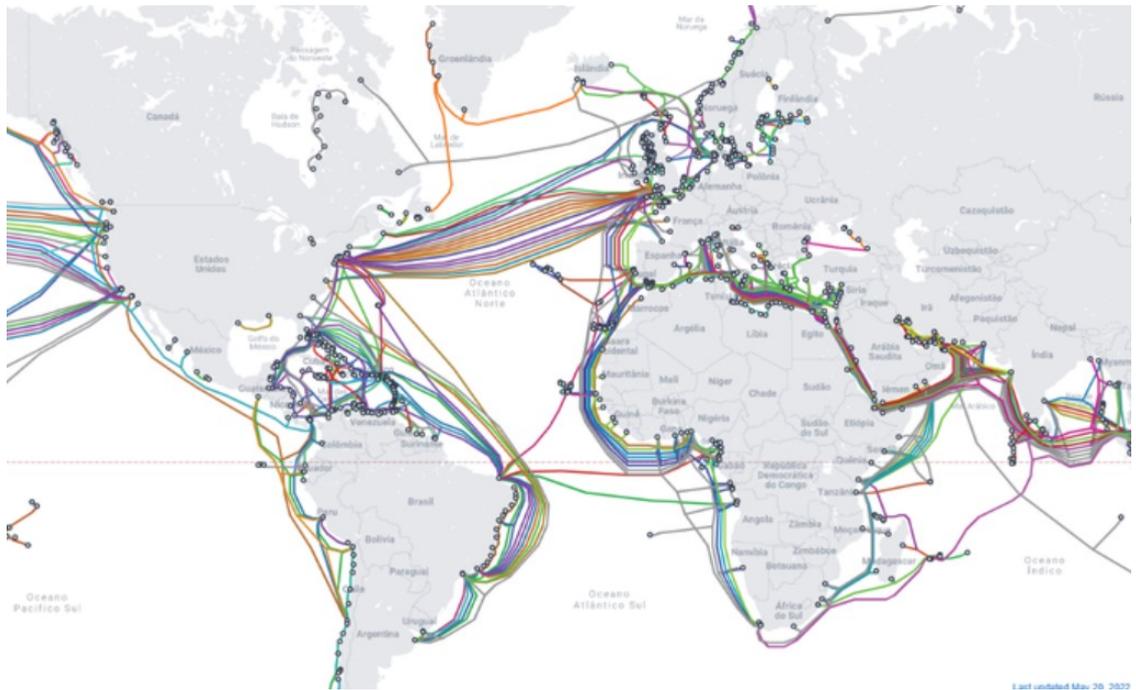
A evolução dos cabos submarinos tem sido uma peça fundamental para a transformação das telecomunicações, tanto no Brasil quanto globalmente, com impacto direto na conectividade, no desenvolvimento econômico e nas interações culturais. O primeiro grande avanço neste campo ocorreu no século XIX, com o lançamento de cabos submarinos que permitiram a comunicação telegráfica entre continentes, como o cabo transatlântico de 1858, que ligava a América do Norte à Europa. Este marco histórico inaugurou uma nova era para as telecomunicações internacionais, possibilitando a troca de informações em tempo real, o que antes era impensável.

A partir de então, a evolução dos cabos submarinos foi acompanhada por avanços significativos na tecnologia de transmissão de dados. Em meados do século XX, com o desenvolvimento da tecnologia de fibra ótica, os cabos submarinos começaram a ter uma capacidade de transmissão muito maior, o que permitiu a expansão da rede de telecomunicações global, incluindo a interligação de países e continentes de maneira mais eficaz e rápida. A fibra ótica permitiu que as transmissões de dados fossem feitas em grandes volumes e com maior eficiência, aumentando drasticamente a capacidade de comunicação em comparação com as tecnologias anteriores, como o cobre e o coaxial (SILVA, 2009).

No Brasil, a instalação de cabos submarinos de fibra ótica foi fundamental para a interligação do país com o restante do mundo, especialmente a partir da década de 1990. Em 1997, foi lançado o Sistema de Cabos Submarinos Brasil-Estados Unidos, o que marcou o início da conectividade internacional de alta capacidade para o Brasil. Esse sistema, que conecta o Brasil ao norte da América, foi um dos primeiros a proporcionar uma infraestrutura de alta capacidade e baixa latência, melhorando significativamente a qualidade e a velocidade da internet no país (SILVA, 2009).

O crescimento dessa infraestrutura foi complementado pela implementação de outros cabos submarinos de fibra ótica, como o "Monaco", instalado em 2001, que conectou o Brasil diretamente à Europa. Esse projeto foi um passo importante para o país, pois aumentou ainda mais a capacidade de transmissão de dados e expandiu a conectividade com o continente europeu, abrindo portas para mais investimentos e colaborando com o crescimento econômico do Brasil. Além disso, o "Monaco" proporcionou uma maior estabilidade na comunicação, visto que a diversificação das rotas de cabos submarinos garantiu redundância em caso de falhas ou danos em alguma das infraestruturas existentes (FERRAZ, 2011).

Nos anos seguintes, a necessidade de uma conectividade ainda mais rápida e robusta levou à expansão dos cabos submarinos do Brasil para outras regiões, como a África. Projetos como o "Seabras-1", inaugurado em 2018, e o "SAC" são exemplos claros dessa expansão, conectando o Brasil aos Estados Unidos e à África, respectivamente. O "Seabras-1", por exemplo, é uma das mais modernas infraestruturas de cabos submarinos no Brasil, com uma capacidade de transmissão de até 36 terabits por segundo (Tbps), o que representa uma grande melhoria em relação às tecnologias anteriores. Essa capacidade extraordinária é um reflexo das crescentes demandas por maior largura de banda, impulsionadas pelo uso intensivo da internet para fins comerciais, educacionais e de entretenimento (ALMEIDA, 2016). A Figura 2 mostra a malha de cabos submarinos.

**Figura 2:** Malha de Cabos Submarinos

Fonte: <https://www.submarinecablemap.com> (Acesso em 17/06/2025)

### 3. COMPARATIVO COM OUTRAS TECNOLOGIAS

A evolução das tecnologias de conectividade tem se mostrado crucial para o desenvolvimento global, principalmente em regiões remotas ou de difícil acesso. A conexão via satélite, que há anos é uma das principais alternativas para levar a internet a locais onde as infraestruturas terrestres não chegam, possui características que a tornam uma opção valiosa, mas também apresenta desafios específicos. No entanto, à medida que novas soluções e tecnologias surgem, é essencial analisar o desempenho da conexão via satélite em comparação com alternativas, como a conexão por rádio.

Este capítulo visa realizar um comparativo entre a conexão via satélite e outras tecnologias de conectividade, como o rádio, abordando os benefícios, limitações, e as principais empresas e projetos que estão na vanguarda dessas inovações. Além disso, serão apresentados gráficos comparativos que ilustram aspectos cruciais como latência, capacidade e custos de cada uma dessas tecnologias. A análise proporcionará uma compreensão mais aprofundada das forças e fraquezas de cada abordagem, assim como seu impacto potencial no acesso à internet em diferentes contextos geográficos e econômicos.

#### 3.1. Conexão via Satélite

##### 3.1.1 Benefícios e limitações: Cobertura ampla versus maior latência.

A conexão via satélite representa uma solução inovadora para a expansão do acesso à internet, especialmente em áreas remotas, onde outras tecnologias de comunicação, como as redes de fibra ótica ou de telefonia móvel, muitas vezes não são viáveis ou economicamente sustentáveis. O principal benefício dessa tecnologia está na sua cobertura geograficamente abrangente, que permite fornecer conectividade a regiões de difícil acesso, incluindo zonas rurais, áreas de montanhas e regiões isoladas, além de possibilitar o acesso em alto-mar. Isso ocorre porque a transmissão via satélite utiliza sinais que são enviados diretamente para os satélites localizados na órbita geossíncrona, dispensando a necessidade de cabos ou infraestrutura física terrestre, o que torna essa tecnologia especialmente útil em locais onde a construção de redes de fibra ótica ou a instalação de torres de telefonia celular seria tecnicamente desafiadora e financeiramente inviável (LIMA, 2018).

Porém, a conectividade via satélite não é isenta de limitações, sendo uma delas a latência. A latência é o tempo de atraso entre o envio de um comando por parte do usuário e a resposta do servidor, e sua magnitude é significativamente maior quando se utiliza a conexão via satélite. Isso ocorre porque o sinal enviado da Terra precisa percorrer uma grande distância até o satélite, que orbita a aproximadamente 35.000 km de altitude, e, após ser retransmitido, retorna à estação terrestre (GOMES, 2020). Em comparação com as tecnologias de acesso à internet baseadas em fibra ótica ou em redes móveis, que têm uma latência consideravelmente menor devido à infraestrutura física e geograficamente mais próxima, a latência dos satélites pode variar entre 500 ms a 600 ms, enquanto as redes terrestres geralmente operam com latências de 20 ms a 50 ms (FERNANDES, 2019).

Essa diferença na latência pode ser um grande desafio em diversas aplicações que exigem comunicação em tempo real, como videoconferências de alta qualidade, jogos online, transmissões ao vivo ou, principalmente, transações financeiras que exigem resposta imediata. Por exemplo, em videoconferências, a latência alta pode causar um atraso no áudio e vídeo, prejudicando a fluidez da comunicação e criando um desconforto para os participantes. Da mesma forma, em sistemas de controle remoto, como os usados em drones ou automação industrial, a latência elevada pode resultar em atrasos na execução de comandos e, conseqüentemente, afetar a precisão e a eficácia da operação (GOMES, 2020).

Outro fator importante que contribui para a maior latência da conexão via satélite é a necessidade de que os satélites estejam localizados em órbitas geossíncronas, o que implica em uma distância considerável entre os pontos de transmissão e recepção. O aumento da distância também implica em um maior tempo para que o sinal seja processado e retransmitido, o que acentua a latência. A maior latência é, portanto, um reflexo de uma necessidade técnica da própria tecnologia, sendo um desafio estrutural difícil de mitigar sem mudanças significativas na infraestrutura de satélites ou na maneira como as comunicações são realizadas (SOUZA, 2021).

Porém, apesar das limitações em termos de latência, a conectividade via satélite possui algumas vantagens notáveis que podem atenuar esse problema. Primeiramente, o sistema satelital não está sujeito às mesmas interferências que afetam as redes terrestres. Desastres naturais, como terremotos, inundações ou furacões, podem danificar a infraestrutura de redes físicas, como as de fibra ótica ou cabos subterrâneos, mas os satélites continuam operando normalmente. Em locais afetados por tais eventos ou em áreas com infraestrutura de

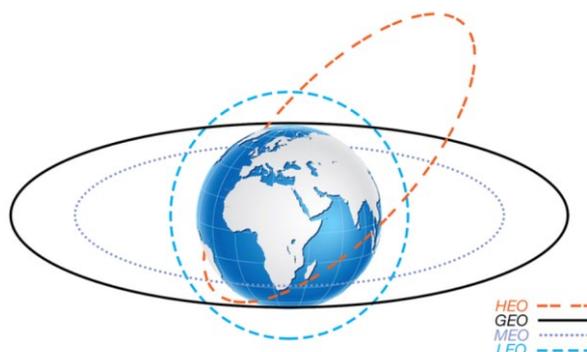
telecomunicações debilitada, a conexão via satélite oferece uma alternativa robusta e resiliente para manter a conectividade (LIMA, 2018).

Além disso, a conectividade via satélite é fundamental para o desenvolvimento de áreas que não são economicamente atrativas para os provedores de internet tradicionais, como zonas rurais e áreas de difícil acesso. Isso possibilita uma democratização do acesso à informação, contribuindo para a inclusão digital de populações que, de outra forma, ficariam à margem do avanço tecnológico. No entanto, a maior latência é um obstáculo para aqueles que dependem de conexões rápidas para atividades mais interativas, como o consumo de conteúdos em alta definição ou atividades de colaboração em tempo real (COSTA, 2021).

Portanto, a análise da conexão via satélite requer uma avaliação cuidadosa entre os benefícios de cobertura global e os desafios impostos pela maior latência. Para determinadas aplicações, como o fornecimento de internet para áreas rurais e regiões com infraestrutura limitada, a conectividade via satélite pode ser a única alternativa viável. Contudo, para usuários que necessitam de uma latência baixa e comunicação em tempo real, outras tecnologias, como as redes terrestres ou até mesmo as redes 5G, podem ser mais adequadas, a depender das circunstâncias.

### **3.1.2. Empresas e projetos relevantes: Starlink, Viasat, OneWeb.**

O mercado de conexão via satélite tem evoluído significativamente nos últimos anos, especialmente com o avanço de tecnologias que buscam superar as limitações históricas das redes tradicionais. Empresas como **Starlink**, **Viasat** e **OneWeb** têm desempenhado papéis fundamentais na transformação da conectividade global, levando a internet a regiões remotas e oferecendo novas soluções para necessidades específicas de conectividade. Cada uma dessas empresas adota diferentes abordagens tecnológicas e estratégicas, visando atender a uma diversidade de mercados, desde consumidores individuais em áreas rurais até grandes empresas e governos. A Figura 3 a seguir mostra as diferenças das órbitas baixa e geoestacionárias.

**Figura 3:** Constelação de Satélites

Fonte: ELBAHAAY et al. (2023).

A tabela 1 a seguir sintetiza as principais diferenças e semelhanças entre as três empresas em relação a aspectos técnicos, operacionais e estratégicos.

**Tabela 1:** Comparativo entre as soluções de conectividade via satélite das empresas Starlink, Viasat e OneWeb

Empresa	Tipo de Órbita	Altitude (Km)	Inclinação Orbital	Características Principais
Starlink	LEO	~550	~53°	Latência ultrabaixa, cobertura global, mega constelação com milhares de satélites
OneWeb	LEO	~1.200	~87.9°	Cobertura quase global, latência baixa, menor quantidade de satélites que o Starlink
Viasat	GEO	~35.786	~0°	Alta capacidade, alta latência (~600 ms), ideal para áreas fixas e banda larga satelital tradicional

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Souza, 2021; Fernandes, 2020; Costa, 2021

A **Starlink**, iniciativa da SpaceX, é uma das mais ambiciosas e inovadoras no campo da conectividade via satélite, conforme Figura 4. Seu principal diferencial é o uso de satélites em órbitas baixas, em comparação com os satélites tradicionais, que estão posicionados a aproximadamente 35.000 km da Terra, na órbita geostacionária. Essa abordagem permite que a Starlink consiga reduzir a latência da conexão, um fator crucial para atividades como videoconferências, jogos online e outras aplicações que exigem respostas em tempo real. A latência da Starlink apresenta uma melhoria significativa quando comparado com a latência de até 600 ms dos satélites geostacionários (SOUZA, 2021).

**Figura 4:** Satélite Starlink



Fonte: COWING, K (2022).

Outro aspecto que distingue a Starlink de outros projetos é sua escalabilidade e o modelo de constelação de satélites. A empresa já lançou milhares de satélites e tem planos de expandir sua constelação para cerca de 12.000 unidades, com uma possível expansão para 42.000 no futuro. A Starlink está proporcionando acesso à internet de alta velocidade em áreas que historicamente eram desatendidas, como zonas rurais e regiões periféricas ao redor do mundo. Esse avanço tem um impacto significativo no aumento da inclusão digital, permitindo que escolas, hospitais e pequenas empresas se conectem à rede global. No entanto, o modelo de negócios da Starlink também apresenta desafios, como o custo inicial de instalação do terminal de usuário e a dependência de uma infraestrutura de satélites que, embora inovadora, pode ser mais cara em comparação com soluções terrestres.

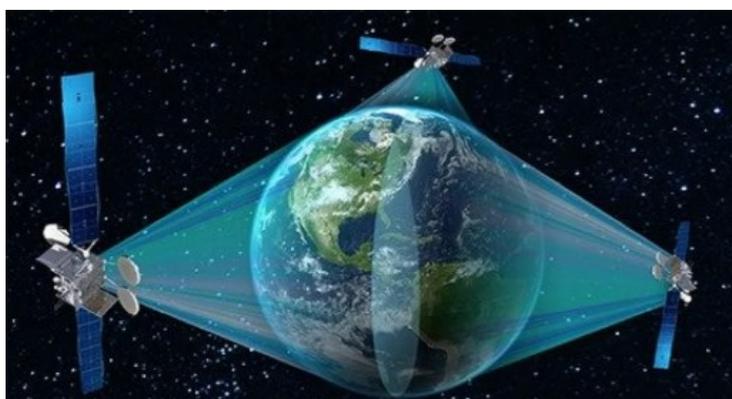
A expansão da Starlink tem gerado expectativas em várias partes do mundo, mas também enfrenta desafios regulatórios e ambientais. A crescente quantidade de satélites na órbita baixa levanta preocupações sobre a poluição espacial e os riscos de colisões, além de questões relacionadas à privacidade e segurança de dados. A empresa tem investido em tecnologias para mitigar esses riscos, incluindo satélites com capacidades de manobra para evitar colisões, mas os desafios permanecem.

A **Viasat** é outra empresa que tem desempenhado um papel significativo no fornecimento de internet via satélite. Ao contrário da Starlink, que se baseia em satélites de órbita baixa, a Viasat utiliza satélites posicionados em órbitas geoestacionárias (GEO). Esses satélites, oferecem uma cobertura mais ampla e, inicialmente, são uma solução mais acessível para oferecer conectividade global. No entanto, a latência desses satélites é significativamente

maior, o que pode ser uma desvantagem em certas aplicações, como chamadas de vídeo ou interações que exigem respostas rápidas.

Apesar dessa limitação, a Viasat tem trabalhado para melhorar sua oferta, desenvolvendo satélites de última geração, como o **Viasat-3**, representado na Figura 5, que é projetado para fornecer uma conectividade de alta velocidade com uma capacidade de dados muito maior. O **Viasat-3** promete ser uma das maiores plataformas de satélites comerciais, com uma cobertura que deve abranger a maior parte do mundo, proporcionando uma internet mais estável e de maior capacidade para áreas rurais e regiões com infraestrutura limitada.

**Figura 5:** Ilustração do satélite ViaSat-3 em órbita geoestacionária



Fonte: GAVINE, A (2021).

A Viasat também tem se destacado no fornecimento de serviços de internet via satélite para clientes corporativos, governos e militares, além de ser uma importante fornecedora de conectividade para aviões, navios e outros meios de transporte. Seu foco tem sido a combinação de alta capacidade de dados com soluções personalizadas para diversos mercados. Embora sua tecnologia tenha uma latência mais alta do que as redes de satélites de órbita baixa, a Viasat se mantém competitiva por sua cobertura ampla e a estabilidade do sinal, especialmente em áreas onde as conexões terrestres não são viáveis (FERNANDES, 2020).

A **OneWeb** é outra empresa que busca fornecer internet via satélite, com uma proposta de conectar regiões em desenvolvimento e zonas rurais em todo o mundo. Com um foco em países emergentes e áreas com dificuldades de acesso à internet, a OneWeb utiliza uma rede de satélites em órbita baixa para fornecer serviços de conectividade de alta velocidade e baixa latência, como representado na Figura 6 a seguir. Seu modelo de negócios é voltado para a colaboração com governos e organizações internacionais, a fim de superar as barreiras

econômicas e logísticas que impedem a implementação de redes de telecomunicações tradicionais em muitas partes do mundo.

**Figura 6:** Satélite OneWeb em órbita baixa



Fonte: OMAN OBSERVER (2022).

A OneWeb foi fundada com a missão de garantir que as populações de regiões remotas, especialmente na África, Ásia e América Latina, possam acessar a internet de maneira confiável. Embora tenha enfrentado dificuldades financeiras nos primeiros anos, com um período de falência em 2020, a empresa conseguiu reestruturar-se e retomou os lançamentos de satélites. Atualmente, a OneWeb tem um total de mais de 300 satélites em órbita, com a meta de lançar um total de 648 unidades, para cobrir a totalidade da Terra (COSTA, 2021).

A estratégia da OneWeb é bem alinhada com as necessidades de conectividade de áreas em desenvolvimento, onde a infraestrutura terrestre é limitada ou inexistente. A empresa busca oferecer soluções que possam ser adaptadas a diferentes mercados, levando a conectividade a escolas, hospitais e pequenas empresas, de maneira acessível e eficiente. A OneWeb também tem trabalhado em estreita colaboração com governos para desenvolver soluções de conectividade pública, especialmente em países que priorizam o acesso à internet como uma ferramenta de desenvolvimento econômico e social.

O impacto dessas empresas vai além da simples oferta de internet via satélite. Elas estão transformando a dinâmica de conectividade global, criando oportunidades para o desenvolvimento econômico e social, especialmente em áreas que historicamente ficaram à margem do progresso tecnológico. Empresas como a Starlink, a Viasat e a OneWeb estão revolucionando o setor de telecomunicações ao oferecer soluções mais acessíveis e eficientes,

permitindo que comunidades rurais, escolas, hospitais e empresas de pequeno porte tenham acesso à internet de alta qualidade.

Além disso, essas empresas também têm contribuído para o avanço das tecnologias de comunicação via satélite, melhorando a capacidade de dados, a latência e a cobertura global. Embora cada uma adote abordagens distintas, todas compartilham o objetivo comum de ampliar o acesso à informação e às oportunidades que a internet pode proporcionar.

### **3.3. Vantagens e Desvantagens: Facilidade de Instalação versus Suscetibilidade a Interferências.**

A utilização de diferentes tecnologias de comunicação tem sido um fator determinante na forma como as informações são transmitidas e recebidas, especialmente em áreas com infraestrutura limitada. Dentre essas tecnologias, destacam-se a conexão via satélite e o rádio, ambas com suas vantagens e limitações, sendo a facilidade de instalação e a suscetibilidade a interferências dois aspectos essenciais para uma análise comparativa dessas soluções.

A facilidade de instalação da rádio e das conexões via satélite é um dos principais atrativos dessas tecnologias, especialmente em áreas remotas ou de difícil acesso. No caso da rádio, a instalação de uma estação transmissora pode ser relativamente simples e rápida, dependendo do tipo de equipamento utilizado. Em muitas situações, uma antena e um transmissor básico são suficientes para cobrir uma área de grande extensão, o que torna a rádio uma solução eficaz para comunicação em áreas rurais ou isoladas, onde outras formas de conectividade, como a telefonia fixa ou a internet, são inviáveis devido à falta de infraestrutura. Esse tipo de instalação pode ser realizado com custos mais baixos, o que facilita a implementação de rádios comunitárias, por exemplo, que atendem a populações em regiões carentes.

Da mesma forma, as conexões via satélite oferecem uma instalação relativamente simples, especialmente para usuários individuais ou pequenos grupos em localidades isoladas. As antenas parabólicas, necessárias para a recepção do sinal, são fáceis de configurar e podem ser instaladas com pouco mais que um técnico especializado e algum equipamento básico. Para conexões de internet via satélite, a instalação de antenas também é simplificada, e o serviço pode ser ativado rapidamente, proporcionando acesso a regiões onde outras infraestruturas de conectividade não estão presentes, como no caso das zonas rurais, montanhosas ou em regiões

com baixa densidade populacional. A Starlink, por exemplo, promete fornecer acesso à internet em áreas remotas por meio de sua rede de satélites de baixa órbita, o que simplifica a instalação e aumenta a cobertura.

Entretanto, tanto a rádio quanto as conexões via satélite enfrentam desafios relacionados à suscetibilidade a interferências, o que compromete a qualidade do sinal e a confiabilidade das transmissões. No caso da rádio, um dos problemas mais comuns é a interferência causada por fatores ambientais, como clima, terreno e até mesmo outros sinais eletrônicos. Em regiões de relevo acidentado ou com grandes distâncias entre a estação transmissora e os ouvintes, o sinal de rádio pode sofrer degradação, resultando em uma cobertura limitada ou com qualidade de áudio comprometida. Além disso, a interferência de outros sinais de rádio ou de dispositivos eletrônicos, como rádios amadores, geradores de energia ou até mesmo linhas de alta tensão, pode prejudicar a clareza do sinal, dificultando a recepção e o entendimento da transmissão.

A transmissão de rádio em frequências AM, em particular, é mais vulnerável a interferências do que as transmissões em FM. As ondas de AM podem ser afetadas por fenômenos atmosféricos, como tempestades solares, e por distúrbios elétricos, que podem gerar zumbidos ou estalos no áudio, tornando a recepção incômoda para os ouvintes. Embora a FM ofereça uma qualidade de som superior e menos suscetível a interferências, o alcance do sinal é limitado, o que exige o uso de mais torres de transmissão para cobrir áreas maiores, o que aumenta o custo e a complexidade da instalação.

No caso das conexões via satélite, a suscetibilidade a interferências também é um fator importante a ser considerado. O sinal de satélite pode ser afetado por condições climáticas adversas, como chuvas intensas, nevoeiro ou tempestades, o que pode causar a perda temporária do sinal, um fenômeno conhecido como "chuva atenuada". Embora os satélites de baixa órbita, como os utilizados pela Starlink, tenham maior resistência a esse tipo de interferência devido à proximidade com a Terra, as conexões via satélite ainda são sensíveis a condições atmosféricas extremas, o que pode resultar em períodos de instabilidade no serviço.

Além disso, o satélite também pode ser afetado por interferências provenientes de outras fontes, como radiações eletromagnéticas, ou por congestionamento de tráfego, quando há uma alta demanda por recursos de satélite, o que pode prejudicar a qualidade da conexão e aumentar a latência, como acontece em alguns serviços de internet via satélite.

Outro fator relevante que interfere na qualidade da conexão via satélite é o problema de "lag" ou latência. Como o sinal precisa viajar até o satélite e retornar à Terra, o tempo de resposta da conexão pode ser consideravelmente maior do que em outras tecnologias, como as de fibra ótica ou as conexões via rádio. Esse atraso pode ser um inconveniente para aplicações que exigem uma comunicação em tempo real, como videoconferências, jogos online ou atividades que demandam transferência rápida de dados.

Por outro lado, a facilidade de instalação das conexões via satélite, tanto para usuários individuais quanto para pequenas comunidades, pode ser vantajosa em comparação com outras formas de conectividade, como a construção de infraestrutura terrestre, que pode ser financeiramente inviável em áreas isoladas. A capacidade de cobertura global, sem a necessidade de uma rede terrestre extensa, faz do satélite uma opção atrativa para regiões com limitações geográficas.

Em suma, tanto a rádio quanto as conexões via satélite oferecem soluções viáveis para a comunicação em áreas remotas, com a rádio destacando-se pela simplicidade de instalação e custo mais baixo, mas enfrentando limitações de alcance e qualidade devido às interferências. As conexões via satélite, por sua vez, oferecem uma cobertura mais ampla, mas são suscetíveis a interferências climáticas e outros fatores que podem prejudicar a qualidade do serviço. Ambas as tecnologias apresentam vantagens claras, mas também têm suas desvantagens, o que exige uma análise cuidadosa ao escolher qual delas utilizar em determinada região ou contexto.

#### **4. IMPACTOS NA EDUCAÇÃO BRASILEIRA**

A conectividade digital tem se consolidado como um fator essencial para o desenvolvimento educacional, e, no contexto brasileiro, a expansão dessa infraestrutura tem gerado um impacto profundo, especialmente no que se refere ao Ensino a Distância (EAD) e à inclusão digital. A ampliação das redes de internet, possibilitada em grande parte pela instalação de cabos submarinos, tem contribuído diretamente para a melhoria da qualidade do ensino em diversas regiões do país. Este capítulo busca explorar como a melhoria da conectividade,

possibilitada por essas tecnologias, tem transformado a educação no Brasil, com foco nas áreas mais desafiadoras e nas políticas públicas voltadas para a educação digital.

Primeiramente, será discutido o papel fundamental do Ensino a Distância, que tem se tornado uma solução viável para milhares de estudantes em regiões distantes dos centros urbanos. A melhoria da conectividade, em especial por meio da ampliação da infraestrutura de cabos submarinos, tem viabilizado o acesso a plataformas educacionais, promovendo a acessibilidade ao conhecimento, mesmo para aqueles localizados em áreas mais remotas. Além disso, a inclusão digital será abordada como uma das consequências diretas dessa conectividade, destacando como o acesso à internet tem facilitado a participação de comunidades isoladas na educação digital, proporcionando oportunidades educacionais antes inacessíveis.

O capítulo também apresentará exemplos de programas educacionais que têm se beneficiado dessas melhorias, destacando iniciativas bem-sucedidas que têm sido pioneiras no uso da conectividade para transformar o acesso à educação no Brasil. Entretanto, para que o impacto dessa infraestrutura seja pleno, ainda existem desafios a serem superados, especialmente no que se refere às políticas públicas. Analisaremos as iniciativas governamentais voltadas para a expansão do acesso à internet e a integração digital, bem como os obstáculos encontrados pelo poder público na implementação dessas políticas. A reflexão sobre esses desafios será essencial para compreender as ações necessárias para garantir uma educação mais inclusiva e acessível a todos os brasileiros.

#### **4.1. Ensino a Distância e Acessibilidade**

A melhoria da conectividade tem se consolidado como um pilar essencial para o avanço e a transformação do Ensino a Distância (EAD) no Brasil. Com o aumento da qualidade da infraestrutura digital, especialmente por meio de cabos submarinos e redes de alta capacidade, o país tem se aproximado da universalização do acesso à educação online. Isso é especialmente relevante no contexto atual, em que as desigualdades educacionais, acentuadas por questões geográficas, socioeconômicas e de acessibilidade, continuam sendo desafios significativos a serem superados. A conexão de qualidade é o fator central para a implementação eficaz do EAD, pois, ao facilitar o acesso a conteúdos digitais, ela garante que mais alunos possam usufruir de uma educação de qualidade, independentemente de sua localização (SILVA et al., 2021).

O ensino a distância no Brasil, impulsionado pela conectividade melhorada, tem facilitado a inclusão de alunos em áreas remotas e periféricas, onde o ensino presencial ainda enfrenta grandes obstáculos. A implementação do EAD como modalidade de ensino, por meio de plataformas como Google Classroom, Moodle, Canvas, entre outras, tem permitido que alunos de regiões mais afastadas possam acessar o mesmo conteúdo e recursos digitais que seus colegas localizados em centros urbanos. Para essas regiões, a conectividade de qualidade tem um impacto direto na redução das desigualdades educacionais, proporcionando, assim, uma educação mais equitativa. Com as melhorias nos cabos submarinos, que interligam o Brasil a diversos outros países da América Latina, a latência da conexão tem diminuído, permitindo que os alunos acessem vídeos, aulas ao vivo e outros recursos sem os longos períodos de espera que anteriormente dificultavam a experiência de aprendizagem online (MARTINS, 2020).

Além disso, a conectividade tem sido crucial para a evolução das metodologias de ensino dentro do EAD. As plataformas de ensino digital oferecem uma variedade de ferramentas interativas, como fóruns de discussão, webinars, quizzes e jogos educativos, que não só tornam o aprendizado mais dinâmico e interessante, mas também promovem uma maior interação entre alunos e professores. A possibilidade de interagir em tempo real com os tutores, além de participar de discussões e atividades colaborativas, amplia o envolvimento dos estudantes e permite que o aprendizado se aprofunde, superando as limitações do modelo tradicional. Esse tipo de abordagem, além de melhorar a experiência do aluno, ajuda a construir um ambiente educacional mais engajador e interativo, ao mesmo tempo em que prepara os alunos para o uso de ferramentas tecnológicas que são cada vez mais exigidas no mercado de trabalho (SOUZA; ALMEIDA, 2019).

A conectividade também tem proporcionado uma significativa melhoria na acessibilidade educacional, principalmente para alunos com necessidades especiais. Por meio de plataformas digitais que oferecem recursos como legendas, audiodescrição, e-books acessíveis, e interfaces amigáveis para deficientes visuais e auditivos, o EAD tem promovido a inclusão de alunos com deficiência, garantindo que todos tenham as mesmas oportunidades de aprendizado. As plataformas também têm sido desenvolvidas para permitir a adaptação do conteúdo às necessidades específicas de cada aluno, o que favorece a participação de indivíduos com diferentes condições. Essa melhoria na acessibilidade tem sido um passo importante na construção de um sistema educacional mais inclusivo e igualitário (LIMA; SOUZA, 2020).

Entretanto, a melhoria da conectividade e o avanço do EAD não têm sido isentos de desafios. Embora muitos alunos, especialmente nas grandes cidades, tenham acesso a conexões de alta qualidade, a realidade de muitas regiões do Brasil ainda é marcada por deficiências significativas no acesso à internet. As áreas rurais e periféricas, por exemplo, ainda enfrentam dificuldades para ter acesso a uma internet estável e rápida, o que limita as oportunidades educacionais desses alunos. Dados do Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br) indicam que aproximadamente 30% das escolas públicas no país ainda enfrentam problemas de conectividade, o que compromete o potencial do EAD e a criação de um ambiente de aprendizado digital eficaz. Além disso, a falta de infraestrutura e a alta tarifa de dados em algumas regiões dificultam ainda mais o acesso a materiais online, representando uma barreira significativa para aqueles que mais necessitam de educação digital (BRASIL, 2021).

Outro desafio relevante é a formação de educadores para o uso eficaz das tecnologias educacionais. Apesar do avanço nas ferramentas de ensino digital, muitos professores ainda não têm a formação necessária para utilizá-las de maneira adequada e tirar proveito de suas funcionalidades. A integração de metodologias ativas e a gestão de aulas online demandam conhecimentos específicos que nem todos os educadores possuem. Para que o EAD atinja seu potencial máximo, é imprescindível que os educadores recebam capacitação constante, tanto no uso das plataformas digitais quanto na aplicação de estratégias pedagógicas que se adaptem ao ambiente online. A falta dessa formação contínua compromete a qualidade do ensino e impede que os alunos aproveitem ao máximo os recursos oferecidos pelas tecnologias digitais (SILVA, 2019).

Além disso, a falta de políticas públicas consistentes para garantir o acesso à conectividade em áreas mais afastadas continua a ser um dos maiores obstáculos para a efetivação da educação digital no Brasil. O governo federal tem se empenhado em implementar programas para ampliar a conectividade, como o “Internet para Todos” e o “Educa Mais Brasil”, mas ainda existem lacunas em termos de alcance e efetividade dessas iniciativas. A implementação de cabos submarinos e de redes de fibra ótica tem sido um avanço importante, mas é necessário intensificar os esforços para que esses investimentos cheguem de maneira mais eficiente às regiões mais carentes, garantindo a democratização do acesso à educação digital. A coordenação entre os níveis federal, estadual e municipal é crucial para garantir que as infraestruturas de conectividade sejam adequadamente distribuídas por todo o território nacional (FONSECA, 2021).

Em conclusão, a melhoria da conectividade no Brasil tem permitido uma expansão significativa do Ensino a Distância, tornando-o uma ferramenta poderosa para a inclusão educacional, especialmente para alunos em áreas isoladas e com dificuldades de acesso à educação presencial. As plataformas digitais têm se mostrado fundamentais na promoção de um ensino mais acessível, interativo e inclusivo. Contudo, ainda existem desafios a serem enfrentados, como as desigualdades regionais no acesso à internet de qualidade e a necessidade de capacitação contínua de professores. Para que o EAD atinja seu pleno potencial no Brasil, é fundamental que o país invista de maneira consistente em infraestrutura, capacitação de educadores e políticas públicas voltadas para a democratização do acesso à internet. Somente assim será possível garantir que a educação digital atinja todos os brasileiros, sem deixar ninguém para trás.

#### **4.2. Inclusão Digital em Regiões Remotas**

A inclusão digital em regiões remotas é um dos maiores desafios enfrentados pela educação brasileira. A expansão do acesso à internet, especialmente em áreas isoladas, tem se mostrado uma estratégia fundamental para garantir que todos os cidadãos, independentemente de sua localização, tenham as mesmas oportunidades educacionais e de desenvolvimento. No Brasil, a disparidade no acesso à conectividade ainda é um fator que contribui para a ampliação das desigualdades sociais e educacionais, especialmente em regiões rurais e periféricas. A conectividade é vista como uma ferramenta vital para a inclusão de populações que, até então, estavam à margem do acesso a recursos educacionais e culturais proporcionados pela internet (BRASIL, 2020).

A implementação de programas e políticas públicas voltadas à expansão da conectividade tem sido um passo crucial para superar essa barreira. Em regiões remotas, onde as dificuldades de infraestrutura são ainda mais acentuadas, a inclusão digital não se limita apenas à instalação de cabos ou antenas de internet. Ela exige uma abordagem mais abrangente, que leve em consideração as peculiaridades locais, como o custo elevado de instalação, a necessidade de capacitação dos habitantes para o uso das tecnologias e a adaptação de conteúdos educativos às especificidades dessas regiões. Os cabos submarinos, por exemplo, que aumentaram a capacidade de banda larga e reduziram a latência da internet no Brasil, são fundamentais para aumentar a velocidade e a estabilidade das conexões em regiões afastadas (SOUZA, 2021).

Programas como o “Internet para Todos”, lançado pelo governo federal, têm sido implementados com o intuito de expandir a conectividade nas áreas mais distantes, levando internet de alta qualidade a escolas, postos de saúde e residências em localidades isoladas. O programa tem como objetivo levar fibra ótica, satélite e outras tecnologias para áreas que, tradicionalmente, enfrentam dificuldades de acesso à internet. Além disso, iniciativas como a expansão do uso de satélites de órbita baixa (LEO), como os projetos da Starlink, têm ajudado a melhorar a cobertura de internet nas regiões mais remotas do país, oferecendo uma alternativa à infraestrutura terrestre, que é difícil de ser implementada devido ao terreno acidentado e à falta de investimentos (BRASIL, 2021). Essas tecnologias oferecem conexões rápidas, mesmo em locais onde a construção de cabos e torres de transmissão seria inviável ou economicamente inviável.

Entretanto, a implementação da inclusão digital em regiões remotas enfrenta desafios significativos. A principal barreira é o alto custo da infraestrutura necessária para a instalação de redes de internet nessas áreas, o que ainda representa um grande obstáculo para a expansão da conectividade. A instalação de fibra ótica, torres de transmissão ou satélites exige investimentos elevados, e as empresas que operam no setor de telecomunicações muitas vezes não veem essas regiões como áreas rentáveis o suficiente para justificar os custos de implementação. Além disso, a manutenção dessas redes em locais isolados é outro desafio, pois muitas vezes a logística de acesso a essas regiões é complexa e cara. Por isso, a implementação de políticas públicas que incentivem o investimento em infraestrutura de conectividade nessas áreas é essencial para garantir que a inclusão digital seja efetiva (SILVA, 2021).

Além das questões de infraestrutura, a capacitação digital da população também é uma questão crucial para garantir que a inclusão digital seja realmente eficaz. Muitas das pessoas que vivem em regiões isoladas ou rurais não têm familiaridade com o uso de tecnologias digitais, o que pode limitar o potencial da internet para melhorar suas condições de vida e de aprendizado. Portanto, além de fornecer o acesso à conectividade, é necessário investir em programas de alfabetização digital, que ensinem as pessoas a usar de maneira adequada as ferramentas oferecidas pela internet, como plataformas de ensino online, sistemas de videoconferência e outros recursos tecnológicos essenciais para a educação (LIMA; COSTA, 2019).

A inclusão digital também tem impactos significativos no setor de saúde, uma vez que possibilita o acesso a telemedicina e a outras formas de atendimento remoto, melhorando a

qualidade do atendimento em regiões onde os recursos médicos são limitados. A possibilidade de consulta online com médicos especializados e a disponibilização de informações de saúde por meio da internet tem contribuído para a melhoria da qualidade de vida das populações em regiões remotas, onde o acesso aos serviços de saúde é precário.

Porém, a inclusão digital em regiões remotas não se limita apenas à expansão da conectividade em áreas rurais ou periféricas. Ela também está diretamente relacionada a questões culturais e socioeconômicas, como a falta de equipamentos adequados, como computadores e smartphones, e o custo elevado do acesso à internet. Isso significa que, mesmo que a infraestrutura de conectividade esteja disponível, a falta de recursos financeiros e a escassez de equipamentos podem continuar sendo uma barreira para muitas famílias que vivem em regiões isoladas. Para que a inclusão digital seja eficaz, é fundamental que o acesso à tecnologia seja acompanhado por políticas públicas que promovam o acesso a dispositivos tecnológicos acessíveis, bem como a redução de custos no acesso à internet.

Em resumo, a expansão do acesso à internet em áreas isoladas é fundamental para garantir a inclusão digital no Brasil, especialmente em regiões remotas. As tecnologias como os cabos submarinos, satélites de órbita baixa e outros investimentos em infraestrutura têm sido essenciais para melhorar a conectividade e permitir o acesso à educação a distância e a outros serviços essenciais. Contudo, o desafio de garantir que todos tenham acesso real à internet de qualidade continua a ser um obstáculo significativo, exigindo esforços contínuos tanto por parte do governo quanto das empresas de telecomunicações. Além disso, a capacitação digital da população e o fornecimento de equipamentos acessíveis são questões que precisam ser abordadas para garantir que a inclusão digital tenha resultados efetivos.

#### **4.3. Exemplos de Programas Educacionais Beneficiados**

Nos últimos anos, diversas iniciativas educacionais no Brasil têm se destacado por aproveitar os avanços na conectividade, beneficiando milhões de alunos e contribuindo para a democratização do acesso à educação. A melhoria da infraestrutura digital, com a expansão de cabos submarinos e a utilização de tecnologias de internet via satélite, tem permitido que regiões antes marginalizadas no acesso à informação, como áreas rurais e remotas, possam participar de programas educacionais que buscam superar as desigualdades no sistema educacional brasileiro. A seguir, são apresentados alguns exemplos de programas educacionais que se beneficiaram diretamente da melhor conectividade no Brasil.

O programa **Escola Conectada** é uma das iniciativas mais emblemáticas no país. Lançado pelo Ministério da Educação (MEC), o programa tem como objetivo levar conectividade de alta qualidade a escolas públicas em todo o Brasil, especialmente aquelas situadas em regiões mais afastadas dos centros urbanos. A iniciativa busca promover a inclusão digital de estudantes e professores, proporcionando o acesso a recursos educacionais e a plataformas de ensino a distância (EAD) que ampliam o alcance do conteúdo pedagógico. Em 2021, o programa conseguiu conectar mais de 70 mil escolas públicas, abrangendo milhares de estudantes, com destaque para as regiões Norte e Nordeste, onde as dificuldades de acesso à internet são mais acentuadas. A conectividade tem sido fundamental para a utilização de recursos como aulas online, conteúdo multimídia e projetos interativos, melhorando a qualidade do ensino em localidades remotas (BRASIL, 2020).

Outro exemplo importante é o **Conecta Escola**, projeto desenvolvido pela Fundação Telefônica Vivo em parceria com o MEC. Com foco na conectividade em escolas públicas de todo o Brasil, o programa busca oferecer acesso à internet e capacitação digital para professores e alunos, além de disponibilizar conteúdos educacionais digitais que atendem às necessidades do currículo escolar. O **Conecta Escola** foi implementado em várias cidades, com foco nas regiões mais periféricas, e tem como objetivo melhorar a qualidade do ensino e a formação digital dos estudantes. Esse projeto também se beneficia de tecnologias como a internet via satélite, permitindo que escolas de locais remotos se conectem a plataformas educacionais e acessem conteúdos digitais, superando a falta de infraestrutura de internet em diversas regiões (FUNDACIÓN TELEFÓNICA, 2021).

Além disso, o **Programas de Inclusão Digital nas Escolas**, do governo federal, tem sido uma ferramenta importante para a promoção de uma educação mais inclusiva. Através da iniciativa, foi possível levar acesso à internet e equipamentos de informática a escolas de ensino fundamental e médio em locais isolados. Com o auxílio de parcerias público-privadas, o governo federal tem expandido os investimentos na melhoria da infraestrutura digital das escolas, permitindo que o acesso ao mundo virtual se torne uma realidade para milhares de estudantes em regiões antes desprovidas de conectividade. A conectividade é essencial para que as escolas possam adotar metodologias de ensino mais modernas, como o uso de plataformas de ensino a distância, que permitem aos alunos um aprendizado mais flexível e dinâmico (BRASIL, 2019).

Outro exemplo que se destaca no cenário brasileiro é a plataforma **Se Liga, Professor**, uma ferramenta desenvolvida pelo MEC com o objetivo de capacitar professores para o uso de tecnologias digitais no processo de ensino-aprendizagem. Essa plataforma online oferece cursos gratuitos e conteúdos educativos que ajudam os educadores a utilizar a internet e recursos digitais de maneira eficaz em suas aulas. O uso de tecnologias como a internet de alta velocidade e os satélites de comunicação tem permitido que professores de escolas em regiões mais afastadas, que anteriormente enfrentavam dificuldades para acesso à formação continuada, possam participar dos cursos e se beneficiar de uma educação mais moderna e adaptada às necessidades dos alunos do século XXI (BRASIL, 2020).

Em termos de políticas públicas, o governo também tem promovido a **Iniciativa Brasil Conectado**, que visa levar internet banda larga para escolas, bibliotecas, unidades de saúde e centros de pesquisa em todo o país. Através de parcerias com empresas de telecomunicações, o programa expande a conectividade em áreas que, até então, não tinham acesso à infraestrutura necessária para implantar essas tecnologias. O benefício direto dessa inclusão digital é a ampliação da capacidade de acesso a conteúdos educacionais, o desenvolvimento de novas metodologias de ensino, e a redução das desigualdades educacionais, especialmente em locais isolados ou em regiões com dificuldades socioeconômicas (BRASIL, 2021).

Por fim, programas voltados para o ensino superior também têm se beneficiado da melhoria da conectividade. A **Universidade Aberta do Brasil (UAB)**, por exemplo, oferece cursos de graduação e pós-graduação a distância, com foco em regiões onde o acesso à educação superior era limitado. A expansão da conectividade nas últimas décadas tem permitido que estudantes de localidades remotas possam acessar essas oportunidades de ensino superior sem a necessidade de se deslocar para grandes centros urbanos, democratizando o acesso ao conhecimento e à formação acadêmica de qualidade (SILVA, 2020).

Esses exemplos demonstram como a melhoria na conectividade tem transformado o cenário educacional no Brasil, proporcionando acesso à educação de qualidade para populações de diferentes regiões do país. A conectividade não apenas facilita o ensino a distância, mas também viabiliza a capacitação de professores, a expansão do acesso a conteúdos educacionais e a inclusão digital de alunos em locais remotos. Contudo, a implementação dessas iniciativas ainda enfrenta desafios, como a falta de infraestrutura em algumas regiões e a capacitação digital de professores e alunos, questões que precisam ser constantemente abordadas para que o impacto positivo da conectividade na educação seja duradouro e efetivo.

#### 4.4. Políticas Públicas e Desafios

No Brasil, a implementação de políticas públicas voltadas para a melhoria da conectividade e a inclusão digital na educação tem sido uma estratégia importante para reduzir as desigualdades educacionais e promover a inclusão social. No entanto, apesar dos avanços em iniciativas como o **Escola Conectada** e o **Conecta Escola**, a expansão da conectividade ainda enfrenta desafios significativos, especialmente em áreas remotas e de difícil acesso. O governo brasileiro tem buscado soluções para promover a equidade educacional por meio da conectividade, mas existem obstáculos a serem superados para garantir que todos os estudantes, independentemente de sua localização geográfica ou condição socioeconômica, possam usufruir dos benefícios da internet de alta qualidade.

Uma das principais políticas públicas implementadas pelo governo federal é o programa **Escola Conectada**, conforme representa a Figura 7 a seguir, que visa fornecer conectividade à internet para escolas públicas em todo o Brasil, com especial foco nas regiões mais isoladas. O objetivo do programa é garantir que as escolas tenham acesso à infraestrutura necessária para o uso de recursos educacionais digitais, além de possibilitar a participação de estudantes e professores em aulas online e no uso de plataformas de ensino a distância. No entanto, a implementação dessa política enfrenta desafios relacionados à infraestrutura de telecomunicações em muitas regiões do país, principalmente nas áreas rurais e em comunidades isoladas da Amazônia, Nordeste e Centro-Oeste. A dificuldade de acesso a cabos submarinos de fibra ótica e a falta de antenas de satélite adequadas são obstáculos técnicos que limitam a expansão da conectividade em várias dessas regiões (BRASIL, 2020).

**Figura 7:** Política de Inovação Educação Conectada



**Fonte:** BRASIL (2023)

Além disso, o programa **Conecta Escola**, que busca levar internet de alta qualidade a escolas públicas de todo o Brasil, também enfrenta limitações. Embora a iniciativa tenha atendido a milhares de escolas, o número de instituições educacionais conectadas ainda é insuficiente para garantir que todos os estudantes no país tenham acesso ao ambiente digital. Uma das barreiras é o custo de implementação e a manutenção das redes de internet nas regiões mais afastadas, onde a demanda por conectividade é alta, mas o retorno econômico para as operadoras de telecomunicações é baixo. Em muitos casos, as empresas de telecomunicações não veem viabilidade econômica em instalar infraestrutura em locais com baixa densidade populacional, o que dificulta a universalização da conectividade em áreas remotas (FUNDACIÓN TELEFÓNICA, 2021).

Outro exemplo de política pública importante é a **Iniciativa Brasil Conectado**, uma ação do governo federal que visa levar internet banda larga para unidades de ensino, bibliotecas públicas e centros de pesquisa em regiões isoladas. Essa política busca garantir a universalização da internet no Brasil, promovendo a inclusão digital de populações em áreas periféricas e rurais. No entanto, a implementação dessa iniciativa ainda enfrenta dificuldades em função das distâncias geográficas e da falta de infraestrutura necessária para a conexão de localidades remotas. Além disso, os custos elevados de instalação e manutenção das redes de telecomunicações em regiões de difícil acesso continuam a ser um grande obstáculo (BRASIL, 2021).

Em termos de desafios específicos para a educação, a capacitação de professores e alunos para o uso efetivo das tecnologias digitais também é um ponto crítico. Mesmo em regiões que já possuem conectividade, a falta de formação digital adequada dificulta a implementação de metodologias de ensino mais inovadoras. Os professores, especialmente aqueles que atuam em áreas rurais, muitas vezes não possuem a formação necessária para utilizar as tecnologias de maneira eficaz em sala de aula, o que compromete o impacto positivo da conectividade na qualidade da educação. A implementação de programas de formação digital para educadores é essencial, mas ainda é um desafio devido à falta de recursos e de uma infraestrutura educacional que possibilite esse tipo de capacitação em todas as regiões do Brasil (SILVA, 2020).

Além disso, as questões relacionadas à equidade no acesso à conectividade também representam desafios significativos. Enquanto as áreas urbanas já têm acesso a internet de alta velocidade, as regiões rurais e periféricas ainda enfrentam uma conectividade deficiente. Isso cria uma lacuna educacional entre as regiões mais desenvolvidas e as mais isoladas, uma vez

que estudantes de áreas remotas não têm as mesmas oportunidades de acesso aos recursos educacionais digitais disponíveis em centros urbanos. Esse desnível digital contribui para o aumento da desigualdade educacional no país e exige políticas públicas mais eficazes para garantir uma maior inclusão digital e reduzir essas disparidades (LIMA, 2021).

Por fim, um dos maiores desafios enfrentados pelas políticas públicas de conectividade é a falta de uma coordenação eficaz entre os diferentes níveis de governo. A implementação de soluções para a inclusão digital depende de parcerias entre os governos federal, estadual e municipal, além de empresas privadas de telecomunicações. No entanto, a falta de uma visão integrada e de um planejamento conjunto entre as esferas de governo tem dificultado o alcance de resultados mais efetivos. É necessário, portanto, que o governo federal adote uma abordagem mais coordenada e que envolva a colaboração de todos os stakeholders no processo de inclusão digital, desde a construção de infraestrutura até a capacitação de professores e alunos (SILVA, 2020).

Portanto, a conectividade tem o potencial de transformar o cenário educacional brasileiro, mas a implementação das políticas públicas voltadas para a inclusão digital ainda enfrenta obstáculos significativos. A ampliação da infraestrutura de telecomunicações, a capacitação de professores, a redução das desigualdades no acesso à internet e a melhoria da coordenação entre os diferentes níveis de governo são questões que precisam ser abordadas para garantir que a educação digital seja acessível a todos os brasileiros, independentemente de sua localização geográfica ou condição socioeconômica.

## **5. RESULTADOS**

O capítulo 5 explora os resultados da evolução dos cabos submarinos no Brasil e no mundo, com foco em seu impacto significativo na conectividade e na inclusão digital. A expansão dessa infraestrutura tem sido crucial para a redução das desigualdades digitais, permitindo o acesso a serviços essenciais, como educação e saúde, em regiões remotas e isoladas. Além disso, o capítulo analisa como a melhoria da conectividade influenciou o acesso à informação e detalha exemplos de localidades que se beneficiaram diretamente dessa evolução, ilustrando o papel dos cabos submarinos na transformação digital de várias áreas do país.

## 5.1. Impactos na Inclusão Digital

A infraestrutura de cabos submarinos tem desempenhado um papel crucial na inclusão digital, principalmente ao proporcionar maior acesso à internet em diferentes regiões do mundo. A inclusão digital não se resume apenas ao acesso à internet, mas também à democratização do uso da tecnologia, permitindo que populações de áreas remotas ou economicamente desfavorecidas tenham as mesmas oportunidades de acesso à informação que aquelas em regiões mais conectadas. A instalação de cabos submarinos de fibra ótica, que formam a espinha dorsal da internet global, tem sido um dos principais meios para garantir que a conectividade alcance áreas que, anteriormente, estavam isoladas e com acesso limitado.

A inclusão digital no Brasil, por exemplo, foi ampliada significativamente com o avanço dos cabos submarinos. Antes da década de 1990, a conectividade internacional do Brasil era limitada, e a comunicação com outros países era mais lenta e de menor capacidade. A chegada dos cabos submarinos de fibra ótica proporcionou uma melhoria substancial na velocidade e estabilidade da conexão de internet, facilitando a integração do país à economia digital global. Um exemplo desse impacto foi a instalação do cabo submarino "Monaco", que ligou o Brasil à Europa e aumentou a qualidade das comunicações entre os dois continentes (SILVA, 2009).

Com a expansão dessa infraestrutura, muitos estados brasileiros, principalmente aqueles nas regiões Norte e Nordeste, que historicamente enfrentavam dificuldades no acesso à internet, passaram a ter conexões mais rápidas e estáveis. Essa melhoria na conectividade permitiu o desenvolvimento de várias iniciativas de inclusão digital, como programas de educação a distância, que puderam ser ampliados e oferecidos a comunidades afastadas dos grandes centros urbanos. A internet tornou-se uma ferramenta essencial para a educação, a saúde, a governança e o mercado de trabalho, permitindo que mais pessoas tivessem acesso a essas áreas vitais.

A expansão da infraestrutura de cabos submarinos também tem contribuído diretamente para o fortalecimento de outras iniciativas sociais e econômicas. No contexto educacional, a possibilidade de conectar escolas e universidades a uma rede mundial de informações tem permitido que instituições de ensino em regiões remotas ou carentes ofereçam cursos online e acesso a bibliotecas virtuais. Além disso, o aumento da conectividade também tem possibilitado o acesso a informações relevantes sobre saúde, como serviços de telemedicina, e a inclusão no mercado de trabalho globalizado, permitindo que empreendedores de regiões isoladas possam expandir seus negócios através da internet (FERRAZ, 2011).

Em um nível global, a melhoria da conectividade gerada pelos cabos submarinos tem sido um impulsionador fundamental da inclusão digital em países da África, Ásia e América Latina, que se beneficiaram do aumento da capacidade de transmissão e da redução das lacunas de conectividade. Países como o Brasil e a África do Sul, por exemplo, têm investido fortemente em cabos submarinos como parte de suas estratégias para reduzir a exclusão digital e fortalecer suas economias digitais. Isso tem facilitado o acesso das populações em áreas periféricas e rurais a serviços públicos, como saúde e educação, além de permitir que os cidadãos se beneficiem da troca de informações e conhecimentos globais (ALMEIDA, 2016).

## **5.2. Estudos de Caso: Regiões Beneficiadas**

A implementação de cabos submarinos tem sido um marco fundamental no desenvolvimento da infraestrutura de conectividade global, com impactos especialmente significativos em regiões que enfrentam dificuldades históricas para o acesso à internet de alta qualidade, como áreas rurais e remotas. Esses cabos, que funcionam como um dos principais meios de transmissão de dados entre continentes, têm desempenhado um papel crucial na redução da exclusão digital, permitindo que populações em localidades isoladas tenham acesso a serviços essenciais, incluindo educação, saúde e comércio. A expansão dessa infraestrutura, além de promover a inclusão digital, tem transformado positivamente diversas regiões, particularmente aquelas que estavam antes marginalizadas pela falta de acesso à internet de alta velocidade.

No Brasil, a inclusão digital proporcionada pela expansão de cabos submarinos tem sido um fator determinante na ampliação do acesso à educação. Regiões tradicionalmente mais isoladas, como a Amazônia, o semiárido nordestino e as áreas rurais do Centro-Oeste, agora podem acessar recursos digitais que antes eram inacessíveis. A conexão de cidades como Manaus ao restante do mundo por meio de cabos submarinos como o "Monaco", que conecta o Brasil à Europa, tem sido um grande impulsionador dessa transformação. Com maior capacidade de transmissão de dados, essas regiões puderam integrar a tecnologia no cotidiano das escolas públicas e privadas, possibilitando o uso de plataformas de ensino a distância (EAD) e outras ferramentas digitais que promovem a aprendizagem.

Em Manaus, por exemplo, a melhoria da conectividade resultou em uma série de benefícios no campo educacional. A cidade, antes limitada por uma infraestrutura de internet deficiente, agora pode oferecer cursos de graduação e pós-graduação a distância para alunos de

diversas partes do estado. Além disso, escolas públicas localizadas em áreas remotas, que anteriormente não tinham acesso a recursos educacionais online, agora podem se beneficiar de materiais de estudo atualizados e de programas de educação a distância, como o **Programa Universidade para Todos (ProUni)**, que conecta os alunos a cursos oferecidos por universidades e institutos de ensino superior de todo o Brasil.

A inclusão digital no Brasil também se reflete no impacto positivo de iniciativas como o **Educando pelo Brasil**, que oferece cursos técnicos e profissionalizantes a jovens em localidades isoladas. Com a melhoria da conectividade, a comunicação entre escolas e estudantes foi aprimorada, permitindo o uso de videoconferências e outras tecnologias digitais no ensino de disciplinas técnicas e preparatórias para o mercado de trabalho. Em áreas do semiárido nordestino, a conectividade ampliada tem permitido a alunos de pequenas comunidades o acesso a cursos de capacitação e qualificação profissional oferecidos por plataformas digitais. O **Instituto Federal do Sertão Pernambucano**, por exemplo, utiliza recursos digitais para facilitar o acesso à educação para alunos de regiões afastadas, proporcionando uma formação de qualidade e combatendo a evasão escolar.

Além disso, no Brasil, o aumento da conectividade gerado pelos cabos submarinos tem sido fundamental para fortalecer os negócios locais e estimular a economia digital. Pequenos empresários e comerciantes em localidades remotas passaram a utilizar plataformas de e-commerce e redes sociais para divulgar seus produtos, alcançar novos mercados e melhorar a gestão de suas atividades. A inclusão digital, ao facilitar o acesso a ferramentas de negócios, tem contribuído para o crescimento de pequenas empresas, gerando novas oportunidades de emprego e aumentando a competitividade em mercados antes restritos a consumidores locais. Isso reflete a importância da conectividade no fortalecimento das economias locais, especialmente em regiões historicamente carentes de infraestrutura.

Exemplos como o de Manaus e o do semiárido nordestino também ilustram o impacto dos cabos submarinos na melhora da conectividade e no acesso a serviços essenciais como saúde. Com a melhoria da infraestrutura de telecomunicações, unidades de saúde em áreas isoladas começaram a utilizar a telemedicina, permitindo que pacientes localizados em locais remotos tenham acesso a consultas e diagnósticos feitos por especialistas em grandes centros urbanos. A tecnologia de videoconferência tem sido particularmente útil nesse sentido, permitindo que médicos de hospitais e clínicas em grandes cidades interajam diretamente com pacientes em áreas rurais, oferecendo uma assistência médica mais rápida e eficiente.

No contexto global, é possível observar o impacto dos cabos submarinos em diversas outras regiões, particularmente na África e em países da Ásia. Na África, por exemplo, o Quênia tem se destacado no uso da tecnologia para impulsionar o acesso à educação e à inclusão digital. Com a expansão de cabos submarinos que conectam o continente à Europa e à Ásia, o país experimentou um crescimento na utilização de plataformas de ensino digital, que agora são acessadas por milhões de estudantes, especialmente em zonas rurais e remotas. O uso de tecnologias móveis também tem sido facilitado pela melhoria na conectividade, permitindo que muitos quenianos acessem cursos online por meio de seus celulares, superando as limitações de infraestrutura e proporcionando uma educação de qualidade para aqueles que, de outra forma, não teriam acesso a ela.

No entanto, a inclusão digital, mesmo com os avanços promovidos pelos cabos submarinos, ainda enfrenta desafios. A falta de dispositivos adequados, como computadores e smartphones, em muitas comunidades de áreas remotas ainda é uma barreira significativa. Além disso, embora a infraestrutura de conectividade tenha melhorado, o acesso à internet de alta qualidade ainda pode ser restrito em algumas regiões devido ao alto custo dos planos de dados e à falta de capacitação digital em várias populações. Assim, a inclusão digital depende não apenas da expansão da infraestrutura, mas também de políticas públicas voltadas para a redução dessas desigualdades e para a formação de pessoas que saibam utilizar as novas tecnologias.

Em síntese, a melhoria da conectividade proporcionada pelos cabos submarinos tem impactado diretamente a inclusão digital e o acesso à informação em diversas regiões. No Brasil, essa evolução tem possibilitado a ampliação do acesso à educação, saúde e oportunidades de negócios, especialmente em locais historicamente excluídos. O sucesso dessas iniciativas, no entanto, depende de uma abordagem integrada que considere não só a infraestrutura tecnológica, mas também as políticas públicas e os programas sociais necessários para garantir que todos os cidadãos possam se beneficiar igualmente da revolução digital.

### **5.3. Cabos Submarinos que Conectam o Brasil**

O cabo submarino Monet representa uma infraestrutura estratégica fundamental para a conectividade entre o Brasil e os Estados Unidos, estendendo-se por mais de 10.500 km e oferecendo uma capacidade de até 64 Tbps. Um aspecto relevante desse projeto é a participação da Algar Telecom, uma empresa brasileira de destaque regional, que contribui para fortalecer a

presença do Brasil no cenário global de telecomunicações. Essa parceria estratégica entre a Algar e grandes players internacionais não apenas amplia a capacidade e qualidade das conexões internacionais, mas também traz importantes benefícios para a segurança e autonomia da infraestrutura digital brasileira. Com o Monet, o Brasil reduz sua dependência de redes estrangeiras, promovendo maior soberania digital e facilitando o tráfego de dados com menor latência e maior eficiência entre a América do Sul e a América do Norte. Além disso, a iniciativa reforça o desenvolvimento tecnológico local e regional, criando condições para futuras atualizações e expansão da capacidade do cabo, acompanhando o crescimento contínuo da demanda por serviços digitais no país e na América Latina. A Figura 8 a seguir, mostra o trecho do sistema Monet.

**Figura 8:** Detalhe do trecho de aterramento do sistema de cabo submarino Monet.



**Fonte:** TE SUBCOM (2016)

Por outro lado, o cabo submarino Seabras-1 é uma peça-chave na infraestrutura de telecomunicações que conecta diretamente São Paulo, onde está localizada a B3 — a principal bolsa de valores do Brasil — a Nova York, o coração do mercado financeiro mundial, conforme mostrado na Figura 9. Com cerca de 10.800 km de extensão e capacidade de 48 Tbps, o Seabras-1 proporciona uma conexão de baixa latência e alta confiabilidade, essencial para operações financeiras rápidas e seguras entre as duas maiores economias das Américas. Essa conexão fortalece o mercado econômico brasileiro, facilitando o fluxo de dados e informações críticas para investidores, bancos e instituições financeiras, contribuindo para a integração dos mercados financeiros e a competitividade global do Brasil. A existência do Seabras-1 reforça a importância estratégica do Brasil no contexto econômico internacional e destaca o papel da infraestrutura de cabos submarinos na sustentação das operações financeiras globais.

**Figura 9:** Mapa representando o sistema de cabo submarino Seabras-1

Fonte: SEABORN NETWORKS (2025)

A Tabela 2 a seguir apresenta um panorama dos principais cabos submarinos com trajeto no Brasil, detalhando seus nomes, rotas principais, extensões, capacidades de transmissão e os respectivos anos de entrada em operação. Esses cabos desempenham papel fundamental na conectividade internacional do país, permitindo a comunicação eficiente entre o Brasil e outras regiões como América do Norte, Europa e África.

**Tabela 2:** Principais cabos submarinos com passagem pelo Brasil.

Nome	Trajeto Principal	Comprimento (Km)	Capacidade	Ano de Início
Brazilian Festoon	Rio ↔ Natal (nacional)	~2 550 km	—	1996
Junior	Rio ↔ Santos/Praia Grande	~390 km	—	2018
<b>Monet</b>	Fort./Praia Gd ↔ EUA (Boca Raton)	10 556 km	64 Tbps	2017
AMX-1	BR ↔ EUA + Caribe	~17 500 km	—	2014
<b>Seabras-1</b>	São Paulo ↔ New York	10 800 km	48 Tbps	2017
BRUSA	BR ↔ EUA	~11 000 km	160 Tbps	2018
SACS	Angola ↔ Fortaleza (+ Noronha)	6 165 km	40 Tbps	2018
SAIL	Kribi ↔ Fortaleza	~6 000 km	32 Tbps	2018
EllaLink	Fortaleza ↔ Portugal (e Cabo Verde)	~5 900 km	100 Tbps	2021
Malbec	Rio/Santos ↔ Las Toninas	~2 500 km	—	2021
Tannat	Uruguai ↔ Brasil (com extensão AR)	2 000 km	—	2018

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Souza, 2021; Fernandes, 2020; Costa, 2021

#### 5.4. Programas Educacionais no Brasil

Na Tabela 3 a seguir, são consolidadas as principais informações sobre os programas previamente apresentados, incluindo o ano de início, o número estimado de pessoas beneficiadas e os valores investidos. Esses dados permitem uma visão comparativa do alcance e do impacto de cada iniciativa, contribuindo para a análise da efetividade das políticas públicas voltadas à conectividade e à inclusão digital no Brasil.

**Tabela 3:** Programas Educacionais

<b>Programa</b>	<b>Ano</b>	<b>Pessoas Beneficiadas</b>	<b>Valor Investido (R\$)</b>
Educação Conectada	2019	~ 47 milhões	2 bilhões
Conecta Escola)	2023	~ 50.000 escolas publicas	1,5 bilhão
Se Liga, Professor	2020	350 mil professores	100 milhões
Plano Nacional de Banda Larga (PNBL)	2010	15 a 20 milhões	3 bilhões
Programa Nacional de Inclusão Digital (PNID)	2015	2.000 centros de inclusão	150 milhões

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Souza, 2021; Fernandes, 2020; Costa, 2021

A distribuição regional dos esforços em conectividade e inclusão digital mostra uma priorização das regiões Norte e Nordeste, conforme mostra a Tabela 4, com foco em áreas rurais, periferias urbanas e cidades do interior com menor acesso à internet. As iniciativas também contemplam localidades com baixa cobertura de operadoras privadas e baixos indicadores educacionais, evidenciando uma tentativa de mitigar desigualdades regionais e ampliar o acesso às tecnologias digitais no país.

**Tabela 4:** Regiões Alcançadas pelos Programas Brasileiros

<b>Programa</b>	<b>Regiões Mais Beneficiadas</b>
Educação Conectada	Norte, Nordeste e Centro-Oeste
Conecta Escola)	Norte e Nordeste
Se Liga, Professor	Nacional, foco em regiões com baixo IDEB
Plano Nacional de Banda Larga (PNBL)	Norte e interior do Nordeste
Programa Nacional de Inclusão Digital (PNID)	Periferias urbanas e pequenas cidades do interior

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Souza, 2021; Fernandes, 2020; Costa, 2021

## **6. CONCLUSÃO**

A conclusão deste trabalho tem como objetivo recapitular os principais pontos discutidos ao longo do estudo sobre a importância da infraestrutura de telecomunicações, especialmente os cabos submarinos, no contexto da inclusão digital e seus impactos na educação no Brasil. A pesquisa abordou a evolução histórica dos cabos submarinos, destacando como sua implementação no Brasil e no mundo tem contribuído para o avanço da conectividade e para a redução das desigualdades digitais. Além disso, analisou as vantagens e desafios que a melhoria na infraestrutura de telecomunicações tem trazido para o país, especialmente no que diz respeito ao ensino a distância, à inclusão digital em regiões remotas e ao fortalecimento da educação em áreas tradicionalmente excluídas.

Ao longo deste estudo, foi possível observar que a expansão da conectividade proporcionada pelos cabos submarinos tem sido um fator determinante na melhoria do acesso à educação em diversas regiões do Brasil, com destaque para as áreas mais isoladas, como o Norte e o Nordeste. A inclusão digital tem se mostrado uma ferramenta crucial para

democratizar o acesso à informação e aos serviços educacionais, com a implementação de plataformas de ensino a distância sendo um exemplo claro dessa transformação. Programas educacionais beneficiados por essa conectividade, como o *Programa Universidade para Todos (ProUni)* e outras iniciativas estaduais e federais, têm sido fundamentais para levar o ensino superior a alunos de áreas periféricas e de difícil acesso.

Além disso, a pesquisa revelou que a implementação de políticas públicas eficazes, aliada a investimentos contínuos em infraestrutura de telecomunicações, é essencial para garantir que os benefícios da conectividade sejam amplamente distribuídos, não apenas nas grandes cidades, mas também nas regiões mais remotas. A análise dos estudos de caso em localidades como Manaus, o semiárido nordestino e outras áreas isoladas demonstrou que a melhoria na conectividade tem o potencial de transformar a educação e outros setores, proporcionando novas oportunidades para os cidadãos que antes estavam excluídos do acesso à informação e ao conhecimento.

Em relação às perspectivas futuras, espera-se que a evolução da infraestrutura de telecomunicações no Brasil continue a se expandir, com investimentos em novos cabos submarinos e no aprimoramento das redes de fibra ótica. Isso permitirá a redução da latência, o aumento da capacidade de dados e o fortalecimento da conectividade em todo o território nacional. Além disso, as inovações tecnológicas, como as redes 5G e a crescente utilização de satélites de órbita baixa, prometem ampliar ainda mais o acesso à internet de alta velocidade, contribuindo para a inclusão digital e a melhoria do ensino no Brasil.

Com base nos resultados obtidos, algumas recomendações podem ser feitas para garantir o sucesso contínuo dessas transformações. Primeiramente, é fundamental que o governo invista em programas de capacitação digital, especialmente nas regiões mais afastadas, para que a população local tenha a habilidade de utilizar as ferramentas digitais de forma eficaz. A ampliação do acesso a dispositivos tecnológicos adequados também é uma necessidade urgente, visto que a inclusão digital vai além da conectividade e envolve a acessibilidade aos meios necessários para a utilização das tecnologias. Além disso, políticas públicas que incentivem a competitividade e a expansão do mercado de serviços de internet de alta qualidade são essenciais para garantir que o acesso seja mais amplo e econômico.

Em suma, a melhoria da infraestrutura de telecomunicações, em especial os cabos submarinos, representa um passo significativo para a inclusão digital e o fortalecimento da educação no Brasil. A conectividade é, sem dúvida, um dos principais motores para o desenvolvimento social, educacional e econômico do país. Contudo, a continuidade do progresso dependerá de uma abordagem integrada entre governo, setor privado e sociedade

civil, para que os avanços tecnológicos sejam utilizados de forma a beneficiar a todos, sem exceção.

## **REFERÊNCIAS**

ALMEIDA, Carlos. **Infraestrutura de Telecomunicações no Brasil: Desafios e Oportunidades**. Brasília: Editora UnB, 2016.

BRASIL. CETIC.br: **Pesquisa sobre o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nas escolas públicas brasileiras**. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2021.

BRASIL. **Escola Conectada: Iniciativa de conectividade para escolas públicas**. Brasília: Ministério da Educação, 2020.

BRASIL. **Internet para Todos: Conectividade para a educação e saúde nas áreas remotas**. Brasília: Ministério das Comunicações, 2021.

BRASIL. **Adesão ao Educação Conectada termina hoje**. Ministério da Educação, Gov.br, 6 nov. 2023. Acesso em: 18 jun. 2025.

CGI.BR. **TIC Domicílios 2021: Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros**. Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2021. Disponível em: <https://www.cgi.br>. Acesso em: 25 fev. 2025.

COSTA, José Roberto. **OneWeb: desafios e soluções para a conectividade global**. São Paulo: Editora FGV, 2021.

COSTA, José Roberto. **Tecnologias de comunicação e inclusão digital: desafios e perspectivas**. São Paulo: Editora FGV, 2021.

COWING, K. **Understanding the impact of Starlink on ground-based astronomy**. SpaceRef, 2022. Disponível em: <https://spaceref.com/space-commerce/understanding-the-impact-of-starlink-on-ground-based-astronomy/>. Acesso em: 21 jul. 2025.

DICKSON, David. **História da comunicação de massa**. São Paulo: Atlas, 2014.

ELBAHAAY, Mohamed Adel; SAMIR, Ahmed; GABER, Ayman; ABDELBAKI, Nashwa. **5G and Satellite Network Convergence: Survey for Opportunities, Challenges and Enabler Technologies**. *IEEE Access*, [s.l.], v. 11, p. 16573–16598, 2023.

GOLDSMITH, Bernard. **A evolução da mídia no século XX**. Rio de Janeiro: Record, 2011.

FERNANDES, André Luiz. **Conectividade via satélite: a evolução das tecnologias e seus impactos**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2020.

FERNANDES, André Luiz. **Tecnologia e latência: desafios nas comunicações via satélite**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2019.

FERRAZ, Ricardo. **Cabos Submarinos e a Globalização da Internet**. São Paulo: Editora Atlas, 2011.

FONSECA, J. **A expansão da conectividade no Brasil: impacto das redes de cabos submarinos no ensino e na inclusão digital**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2021.

FUNDACIÓN TELEFÓNICA. **Conecta Escola: A educação no Brasil e o papel da conectividade digital**. São Paulo: Fundación Telefónica Vivo, 2021.

GAVINE, Adam. **ViaSat-3 satellite achieves development milestone. Aircraft Interiors International**, 2021. Disponível em: <https://www.aircraftinteriorsinternational.com/news/inflight-connectivity/viasat-3-satellite-achieves-development-milestone.html>. Acesso em: 21 jul. 2025.

GOMES, Carlos Henrique. **A conexão via satélite no Brasil: desafios e soluções**. Brasília: Editora UNB, 2020.

GOMES, Roberto. **O impacto das interferências nas tecnologias de comunicação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

LIMA, Mariana Souza. **Conectividade em áreas remotas: uma análise das soluções via satélite**. Campinas: Editora Unicamp, 2018.

LIMA, Mariana Souza. **Starlink e Viasat: o futuro da internet via satélite**. Campinas: Editora Unicamp, 2020.

LIMA, R. **Transformação digital na educação pública brasileira: Desafios e oportunidades**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2021.

LIMA, R.; COSTA, M. **Desafios da inclusão digital no Brasil rural: desafios e soluções para a educação e a saúde**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2019.

LIMA, R.; SOUZA, M. **Inclusão digital e acessibilidade no ensino a distância: desafios e oportunidades**. São Paulo: Editora Unesp, 2020.

MACHADO, Fernando. **Infraestrutura de Telecomunicações: História e Evolução Tecnológica**. São Paulo: Blucher, 2020.

MARTINS, A. **Transformação digital na educação rural: conectividade e inclusão social.** São Paulo: Editora PUC, 2020.

MATTOSO, Renato. **As telecomunicações no Brasil e no Mundo: Uma História de Conectividade.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

OMAN OBSERVER. **OneWeb signs pact to enhance connectivity across Oman.** *Oman Observer*, 2022. Disponível em: <https://www.omanobserver.om/article/1128232/business/economy/oneweb-signs-pact-to-enhance-connectivity-across-oman/>. Acesso em: 21 jul. 2025.

PEREIRA, Juliana. **Sistemas de comunicação em áreas remotas: análise das alternativas tecnológicas.** Brasília: Editora UnB, 2017.

SEABORN NETWORKS. **Seabras-1 – Next Generation Technology in today’s Network for the Americas.** Seaborn Networks. Disponível em: <https://seabornnetworks.com/rede/seabras-1/>. Acesso em: 21 jul. 2025.

SILVA, Ana Paula. **A rádio comunitária no Brasil: desafios e possibilidades.** Belo Horizonte: UFMG, 2015.

SILVA, Emerson A. **Google ativa cabo submarino Monet no Brasil.** Tecnoblog, 14 nov. 2017. Disponível em: <https://tecnoblog.net/noticias/google-ativa-cabo-submarino-monet-brasil/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

SILVA, F. **A conectividade no ensino superior no Brasil: Acesso e inclusão no século XXI.** São Paulo: Editora UNESP, 2020.

SILVA, F. **Educação digital no Brasil: uma análise das barreiras e soluções no uso de tecnologias na educação básica.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2019.

SILVA, João Carlos. **Tecnologias de comunicação: desafios e soluções no campo.** São Paulo: Manole, 2018.

SILVA, José. **A História das Telecomunicações no Brasil.** São Paulo: Editora Pioneira, 2009.

SILVEIRA, Daniel. **Redes Submarinas e a Evolução da Comunicação Global**. Porto Alegre: Bookman, 2019.

SOUZA, M.; ALMEIDA, P. **Tecnologias educacionais e suas implicações no ensino a distância: perspectivas e desafios**. São Paulo: Editora PUC, 2019.

SOUZA, Roberto. **A internet no futuro: como as constelações de satélites vão transformar a conectividade global**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2021.

TELEBRASIL. **Panorama das Telecomunicações no Brasil 2022**. Brasília: Associação Brasileira de Telecomunicações, 2022.

TE SUBCOM. **TE SubCom completes U.S. shore landing Monet submarine cable system**. Cable Technology News, 2016. Disponível em: <https://www.cabletechnologynews.co.uk/te-subcom-completes-u-s-shore-landing-monet-submarine-cable-system/>. Acesso em: 21 jul. 2025.