

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA O ENTERRAMENTO DE CABOS DE FIBRA ÓPTICA

Sandro da Silva Alves¹
Poliana Schneider Durigon²

RESUMO

O desenvolvimento do setor de Telecomunicações tem um papel significativo na sociedade contemporânea, gerando renda, emprego e desenvolvimento, contando com equipamentos como o telefone, a comunicação de dados, os satélites, as redes de fibra óptica, a Internet e toda a infraestrutura mundial de telecomunicações. A evolução tecnológica permitiu o desenvolvimento de soluções cada vez mais arrojadas a fim de suportar as novas demandas dos diversos agentes sociais que decorreram da expansão natural das cidades. As fibras ópticas são uma tecnologia representativa devido a sua grande capacidade de transportar informações, sendo que a ampliação das redes se tornou questão emergencial para as empresas de telecomunicações. A infraestrutura aérea usada para a transmissão e distribuição de energia elétrica e a disseminação de sinais ópticos é amplamente empregada em muitas áreas, porém, frequentemente, está associada a problemas de confiabilidade e continuidade de serviço, poluição visual e conflitos na utilização dos postes, apresentando necessidade de aprimoramento. Assim, este trabalho propôs uma análise de viabilidade técnica para o enterramento dos cabos de fibra óptica em uma rua de uma cidade de Santa Catarina e a avaliação da situação atual, além de análise dos benefícios e dificuldades dessa alternativa, tendo concluído que o projeto de enterramento dos cabos de fibra óptica é inviável de forma individual mas coletivamente, em esforço conjunto do poder público e outras operadoras, torna-se uma alternativa viável, para locais onde os postes já se encontram acima da sua capacidade.

Palavras-chave: Telecomunicações; Fibra óptica; enterramento de cabos; viabilidade.

1 INTRODUÇÃO

A comunicação de dados tem desempenhado um papel fundamental na sociedade com a expansão da internet e o surgimento de novas tecnologias avançadas, como a internet das coisas e a inteligência artificial, sendo que o volume de dados e informações transmitidas e recebidas tem crescido exponencialmente (Anatel, 2022).

A velocidade e a confiabilidade nas comunicações de dados são cruciais para diversos setores, desde a indústria e o comércio até na área da saúde e o entretenimento. A transferência rápida e segura de informações possibilita a realização de transações comerciais, a troca de conhecimentos, a prestação de serviços essenciais, entre outros aspectos fundamentais para o

¹ Graduando (a) em Engenharia Elétrica (UCEFF, 2023). E-mail:sandroalvez13@gmail.com.

² Especialista em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). E-mail:poliana.durigon@uceff.com.br.

funcionamento das sociedades. Além disso, a implantação de infraestruturas eficientes também contribui para o avanço tecnológico e a inovação em diferentes áreas (Anatel, 2022).

Diante deste cenário, é necessário investir em infraestruturas eficientes que suportem a alta demanda de comunicação de dados. Isso implica na ampliação da capacidade das redes, no aprimoramento de tecnologias de transmissão e no uso de protocolos de informações transmitidas, de modo a possibilitar o acesso às comunicações de dados a todos os cidadãos (Vilaça, Araujo, 2016).

Como alternativa para os desafios impostos pela necessidade de ampliação da infraestrutura, está o enterramento dos cabos, que são redes de fibra óptica que ficam localizadas abaixo do nível do solo. O enterramento dos cabos possibilita benefícios como baixo índice de rompimento de cabos, facilidade de manutenção, diminuição dos acidentes de trabalho, como choques elétricos, por exemplo, menor probabilidade de vandalismo, aumento da vida útil da fiação e melhora da estética do ambiente urbano (Martins, 2021).

Ainda segundo Martins (2021), o compartilhamento da infraestrutura de postes entre os setores de distribuição de energia elétrica e telecomunicações enfrenta inúmeros conflitos, principalmente em relação à gestão do ativo e ao alto custo cobrado pelas empresas de distribuição de energia, tendendo as Telecomunicações (TELECON) ao uso irregular dos postes. Com o enterramento dos cabos em conjunto com outras operadoras que usariam esta estrutura de forma compartilhada esse problema diminuiria de forma significativa.

Nesse sentido esse estudo parte de um problema recorrente nos municípios das cidades em especial as de Santa Catarina, que seria a quantidade elevada de equipamentos de telecomunicações nos postes, acarretando poluição visual, além da poluição existe também as paradas de serviços devido aos rompimentos de fibra óptica, esse ocorre quando os cabos não estão na altura correta com isso os cabos enroscam nos caminhões que passam nas vias.

Assim, o objetivo deste trabalho é propor uma análise de viabilidade técnica para o enterramento dos cabos de fibra óptica em uma rua de uma cidade de Santa Catarina e avaliar a situação atual, analisar os benefícios e dificuldades dessa alternativa e sua viabilidade econômica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, será descrita a infraestrutura necessária para o funcionamento das redes de telecomunicações, iniciando-se com breve histórico das telecomunicações no Brasil e

introduzindo termos que serão necessários para o bom entendimento da proposta deste trabalho. A familiarização com os tópicos apresentados permitirá maior compreensão sobre a solução de enterramento dos cabos ópticos propostos, com detalhamento sobre as fibras ópticas, a tecnologia GPON e fatores envolvidos e as redes subterrâneas propriamente ditas.

2.1 PANORAMA GERAL DAS TELECOMUNICAÇÕES NO BRASIL

As telecomunicações no Brasil podem ser consideradas uma força econômica de grandes proporções. O desenvolvimento desse setor tem um papel significativo em uma sociedade globalizada, gerando renda e emprego, contando com equipamentos como o telefone, a comunicação de dados, os satélites, as redes de fibra óptica, a Internet e toda a infraestrutura mundial de telecomunicações. A tecnologia envolvida repercute resultados que elevam os índices de produção e estimulam o desenvolvimento econômico. A rapidez no avanço tecnológico e os progressos das comunicações possibilitaram a redução das distâncias de maneira notável, permitindo que as pessoas se comuniquem com qualquer pessoa do mundo, sem limites e fronteiras (Anatel, 2021).

Carvalho (2015), complementa a importância das telecomunicações na sociedade contemporânea e acrescenta que a evolução tecnológica apresentada permitiu o desenvolvimento de soluções cada vez mais arrojadas a fim de suportar as novas demandas dos diversos agentes sociais que decorreram da expansão natural das diversas culturas.

O crescimento informado pela Anatel (2022) é de 20 milhões de novos contratos de telecomunicações de janeiro de 2021 até fevereiro de 2022, quando somados os serviços de telefonia móvel, telefonia fixa, banda larga fixa e TV por Assinatura no Brasil 340,8 milhões de contratos ativos, conforme mostra Figura 1 (Anatel, 2022).

Figura 1 – Mapa de usa da Internet no Brasil.



Fonte: Anatel (2021).

Devido à crescente demanda, houve a necessidade de desenvolvimento de tecnologias digitais e de fibras ópticas que proporcionaram novos serviços e acirrada concorrência entre as empresas, que dependerão de sua capacidade de inovar para garantir seu desenvolvimento (Lucho Neto, 2021).

2.2 REDES FIBRAS ÓPTICAS

As fibras ópticas são uma tecnologia representativa e sua capacidade de uso foi apresentada por John Tyndall, em 1870. O físico inglês demonstrou o princípio de guiamento da luz utilizando um recipiente furado com água, um balde e uma fonte de luz. Assim, Tyndall observou que o feixe de água que saía através do furo do recipiente, estava iluminado. Tivemos então o primeiro relato da transmissão de luz (Lima, 2018).

Em 1956, o termo Fibra Óptica foi empregado pela primeira vez, pelo Dr. N. S. Kapany que fazia parte de uma equipe do Laboratório Bell (USA). Kapany pensava que sua criação só teria utilidade no campo da medicina. Mas o físico chinês Charles Kao teve a ideia de usar as fibras ópticas para a transmissão de chamadas telefônicas. A Fibra óptica então, como a conhecemos hoje, é um filamento composto por vidro, sílica, náilon, ou silicone de altíssima transparência, que são tão finos quanto um fio de cabelo humano e transmitem, simultaneamente, milhares de chamadas telefônicas ou dezenas de programas de televisão em cores (Lima, 2018).

Além disso, a grande capacidade da fibra óptica de transportar informações e substituir a tecnologia existente, tornou a aplicação da fibra uma questão emergente para as empresas de telecomunicações (Anatel, 2022).

2.3 REDES FTTH

Neste contexto de evolução, os provedores de conexão passaram a reestruturar os seus entroncamentos ópticos (*backbones*) já existentes, base para topologia de redes *Hybrid Fiber Coaxial* (HFC) e substituir a outra parte, chamada de ramificações (parte coaxial) por fibra óptica, tornando suas redes 100% fibra óptica *Fiber to the Home* (FITH), levando o sinal puramente óptico até o local de acesso do usuário (ONT's, IPTV's e etc). Deste modo, as redes FTTH se tornaram a solução para fornecer melhor qualidade nos serviços de banda larga, como dados de voz, vídeo e a suportar uma largura de banda muito maior, podendo expandir seu atendimento para longas distâncias com uma latência reduzida (Silva, 2022).

Conforme mencionado pelo autor, as redes FTTH emergiram como uma resposta para as empresas de telecomunicações que visavam disponibilizar taxas de transmissão mais elevadas com custos de manutenção reduzidos. Essa abordagem propicia um aumento nas taxas de download e upload, com baixa atenuação, fatores tecnológicos cruciais para a sobrevivência em um mercado altamente competitivo, (Silva, 2022).

A rede FTTH envolve o uso de fibras por todo o percurso, desde a *Central Optical Line Terminal* (OLT) até a residência do usuário final. Não obstante, ele tem potencial para prover banda infinita, devido às características das fibras ópticas e tendo em vista que sua rede externa é completamente livre de cobre, já que os meios de cobre possuem limitações físicas (Winter, 2010).

Para que este sistema de redes funcione três elementos são fundamentais: o transmissor, o receptor e o meio físico. O transmissor possui a função de transformar o sinal elétrico em óptico. O receptor, por sua vez, detecta o sinal óptico e converte em sinal elétrico e o meio físico é composto pelas fibras ópticas, em cujo interior a luz trafega, desde a extremidade emissora até a extremidade receptora (Ribeiro, 2022).

2.4 REDES PON E GPON

A Rede Óptica Passiva (PON) denominada rede de acesso construída por fibras ópticas, com configuração ponto-multiponto com componentes óticos passivos entre o OLT e a ONU (Unidade de rede óptica). OLT tem a função de emitir sinal da central do provedor de serviço até os usuários. ONU tem a função de converter sinal óptico em sinal elétrico recebido e fornecer acesso dos usuários concentrando o tráfego até que possa transmiti-los. Nas redes ópticas passivas não se usam elementos que necessitam de energia (Pinheiro, 2017).

Para Nascimento (2020), a fibra óptica representa um canal de transmissão com largura de banda ainda com muito potencial a ser explorado. Dessa forma, as redes *Fiber To The X* (FTTx) vem se tornando o padrão deste mercado.

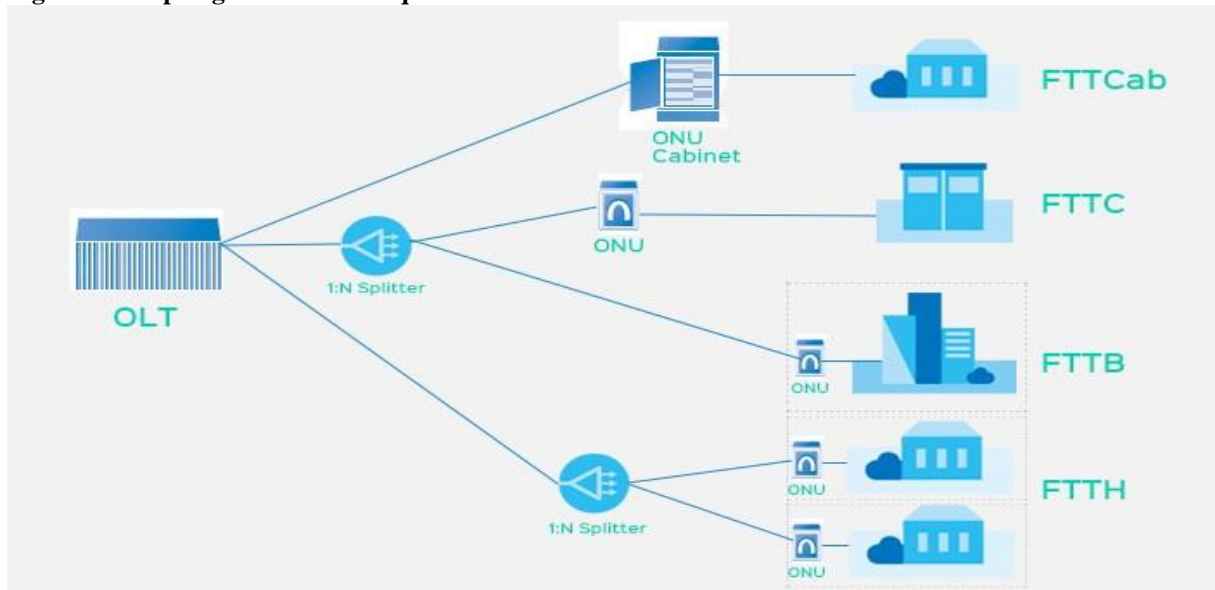
As FTTx formam um conjunto de arquiteturas de rede possíveis, e o entendimento desta topologia é essencial para o desenvolvimento do projeto de redes de fibra optica seguem abaixo, as principais topologias de rede utilizadas atualmente ver Quadro 1 e Figura 2.

Quadro 1 - Tipo de redes utilizadas atualmente.

<i>Fiber To The Home (FTTH)</i>	A fibra chega até a residência do usuário final. É o modelo de topologia mais utilizado. Nele, a rede de transmissão óptica adentra na casa do cliente, assim, cada um possui sua própria ONU/ONT para converter a rede óptica em rede elétrica.
<i>Fiber To The Antenna (FTTA)</i>	A fibra chega somente a uma caixa de distribuição e a partir daí, utiliza-se outra fibra instalada pelo próprio usuário – sistema pouco utilizado.
<i>Fiber To The Building (FTTB)</i>	Há semelhança a FTTA, porém, a estrutura interna do FTTB ainda é de par metálico e está associada aos prédios mais antigos.
<i>Fiber To The Curb (FTTC)</i>	A fibra chega a poucos metros dos usuários e é muito utilizada em grandes centros, onde as fibras principais passam nas grandes avenidas e em alguns trechos são feitas derivações para as ruas mais afastadas, A topologia de redes de fibra óptica, conforme descrito, pode ser observada na Figura 2.

Fonte: Adaptado de Nascimento (2020).

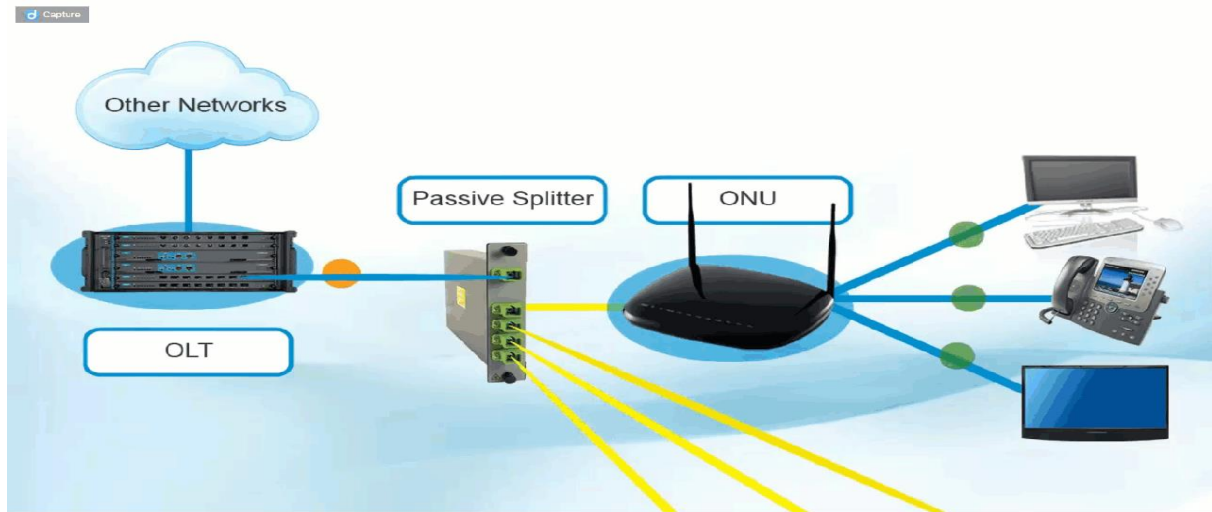
Figura 2 – Topologia de Rede ver quadro1.



Fonte: Hyc-System (2021).

O modelo *Fiber to the Home* (FTTH) é atualmente um dos mais buscados, onde o sinal, após sair da *Optical Line Terminal* - Terminal de Linha Óptica (OLT), é dividido de forma óptica pelos splitters até alcançar a residência do cliente, onde se conecta à *Optical Network Unit* - Unidade de Rede Óptica (ONU), oferecendo serviços em uma rede totalmente livre de cabos. O Terminal de Linha Óptica (OLT) é o ponto central de uma Rede Óptica Passiva (PON) e geralmente é instalado no provedor de serviços ou na área de servidores de TI, quando usado em empresas. Ele é o equipamento encarregado de gerenciar e encaminhar as informações para as ONUs ou ONTs.

Esse modelo de funcionamento (PON) pode ser mais bem compreendido na Figura 3, conforme ilustrado por (Nascimento, 2020).

Figura 3 - Topologia de Rede PON.

Fonte: Ribeiro (2008).

A normatização atualmente adotada no Brasil para redes de acesso é o padrão GPON, que representa "Rede Óptica Passiva com capacidade de Conexão em Gigabits" e é regulamentado pela *International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization sector* (ITU-T) na série de normas G.984.x. Esse padrão teve seu início em 2001, sob a supervisão do grupo FSAN (Full Service Access Network). O GPON é a principal tecnologia utilizada para redes de acesso FTTx/FTTH/FTTC, conforme mencionado anteriormente. Em essência, o sistema GPON opera com dois componentes ativos de transmissão, a OLT e ONT, além de componentes passivos, como fibras, splitters, caixas de terminação óptica (CTO) e caixas de distribuição (Horvath, 2020).

De acordo com Fujita (2011), as redes GPON oferecem vantagens significativas em comparação com outras tecnologias, devido à sua gerenciabilidade e manutenção simplificadas. Isso se deve ao fato de que a transmissão ocorre por meio de fibras ópticas, e os elementos da rede não requerem alimentação elétrica para funcionar. As vantagens incluem a longevidade da infraestrutura de fibra óptica, redução de custos operacionais por meio de componentes passivos, maior distância entre os nós de equipamentos e, mais crucialmente, largura de banda com taxas elevadas.

Como mencionado anteriormente, as redes GPON se baseiam na estrutura de rede FTTH, e cada ramificação da rede segue normativas específicas para a utilização de cabos. A fibra óptica que sai do provedor é a mesma que chega à residência do usuário final, mas é revestida por diferentes camadas de cabos, variando em espessura e número de fibras de acordo com o ponto da rede e as necessidades de proteção da fibra nesses diferentes pontos.

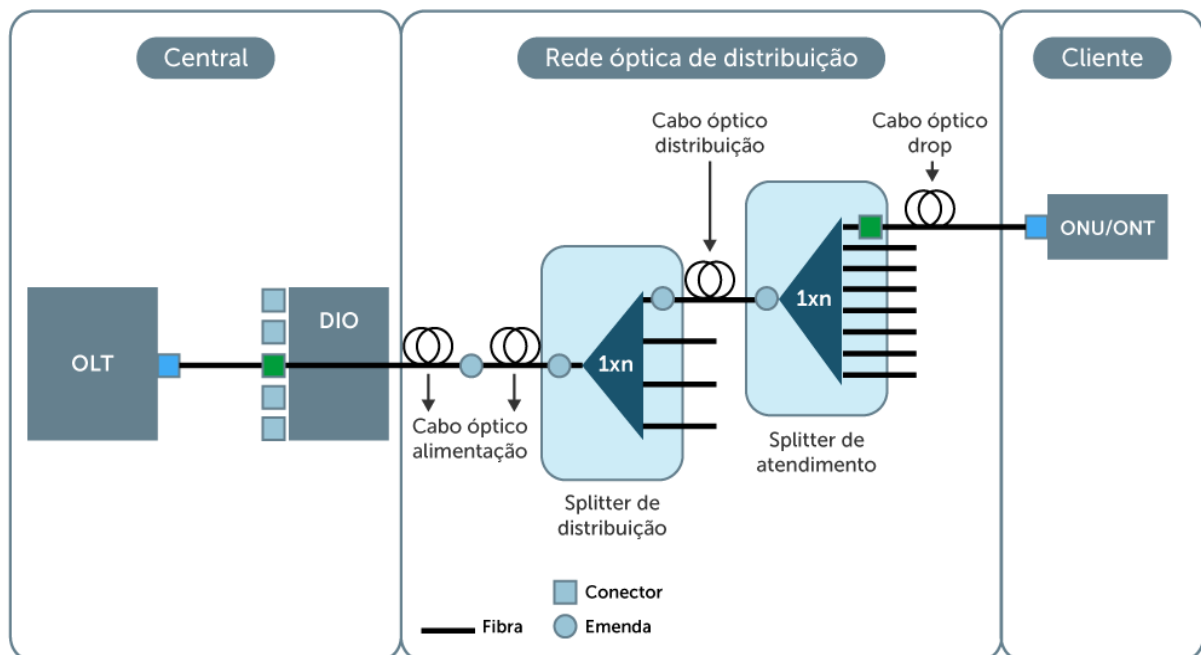
Na estrutura de rede FTTH, são geralmente utilizados três tipos de cabos de fibra óptica, Cabo de Backbone: Este é um cabo robusto que atua como a espinha dorsal da rede. Ele sai do DIO (Distribuidor Interno Óptico) conectado à OLT e transporta a fibra óptica até as CEOs (caixas de emenda óptica).

Cabo de Acesso (Distribuição): A partir das CEOs, saem os cabos de acesso (distribuição), que conectam a fibra óptica às CTOs (caixas de terminação óptica). As CTOs são responsáveis pela derivação óptica, usando splitters para dividir cada fibra em vários sinais que são levados até os assinantes.

Cabo de Terminação (Drop): Por fim, o cabo de terminação (Drop) é mais fino e sai das CTOs, levando a fibra óptica até o assinante.

Abaixo, segue a Figura 4 para uma ilustração que apresenta a utilização de cada um desses cabos descritos acima: este esquema visual ajudará a compreender melhor a disposição e interconexão desses cabos na rede FTTH.

Figura 4 – Topologia de Rede FTTH e GPON.



Fonte: Intelbras (2021).

Topologia de rede FTTH e GPON, desde a saída do provedor passando pela infraestrutura de rua, até a casa do cliente final.

2.5 REDES SUBTERRÂNEAS

A infraestrutura aérea usada para a transmissão e distribuição de energia elétrica e a disseminação de sinais ópticos é amplamente empregada em muitas áreas, porém, frequentemente, está associada a problemas de confiabilidade e continuidade de serviço. Isso inclui conflitos relacionados ao uso do solo, interferências no ambiente urbano, como perda de acessibilidade e incompatibilidade com a arborização urbana, riscos elétricos para a população e poluição visual, entre outros (Arango *et al.*, 2021).

Além disso, estamos testemunhando um aumento desenfreado na demanda por serviços que requerem a expansão de novas redes de distribuição e instalações, muitas vezes realizadas de forma desorganizada (Arango *et al.*, 2021).

De acordo com um estudo realizado pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD) e por Kubota *et al.*, (2021), a adoção de redes subterrâneas no Brasil ainda é baixa, representando aproximadamente 0,4% da rede total. No Brasil, enfrentamos o desafio adicional de conflitos de compartilhamento de postes entre os setores de distribuição de energia elétrica e telecomunicações. Esses conflitos abrangem questões como o excesso de cabos de telecomunicações em postes e a ocupação irregular, que podem resultar em problemas técnicos e de segurança.

No entanto, como apontado por Martins *et al.*, (2021), a implantação de redes subterrâneas oferece inúmeros benefícios, que podem ser resumidos da seguinte forma: a) proporciona uma redução significativa nas interrupções devido à menor exposição a fatores externos, aumentando a confiabilidade do serviço; b) aumenta a segurança para a população ao reduzir o risco de acidentes relacionados à ruptura de condutores elétricos e fibra óptica e contatos acidentais, além de reduzir os custos de manutenção, como poda de árvores e mobilização de equipes de emergência; c) melhora a confiabilidade do sistema, uma vez que apresenta índices menores de interrupção; d) economiza dinheiro ao reduzir os custos associados à poda de árvores, que é necessária em redes aéreas devido aos curtos-circuitos causados pelo contato dos galhos com os condutores de energia, afetando tanto a rede elétrica quanto a de telecomunicações; e) melhora o aspecto visual dos centros urbanos, uma vez que diminui a poluição visual causada pelo excesso de cabos aéreos.

A forma mais avançada de implantação de cabos subterrâneos, conhecida como galeria subterrânea, permite o compartilhamento de espaço entre os setores de energia, telecomunicações, saneamento, gás natural, transporte, entre outros. Devido à alocação de

recursos mais eficiente, a implementação dessa infraestrutura subterrânea traz benefícios significativos para várias partes interessadas, incluindo distribuidoras de energia elétrica, operadoras de telecomunicações, autoridades municipais e a sociedade em geral.

Hoje existem duas formas de enterramento de cabos, sendo que para trechos curtos é usado o método de vala aberta e para travessias maiores, principalmente em vias onde não pode haver interrupção de tráfego, opta-se pelo sistema Método não Destrutivo (MND) - Tubo Cravado (ou Pipe Jacking). Neste sistema são executados dois poços de visita (um para emboque e outro para desemboque), capazes de comportar a entrada do “Shield” (maquinário utilizado para execução do túnel) e o “macaco hidráulico” (maquinário utilizado para empurrar os tubos, um posterior ao outro). Esse sistema é considerado hoje o mais eficiente pois se pode controlar e verificar se há interferências de forma imediata. Como são poucas máquinas disponíveis no Brasil, esse método torna-se muito caro para ser aplicado em trechos curtos (Drachma, 2020).

O compartilhamento de infraestrutura física entre os setores reguladores de eletricidade e telecomunicações é uma discussão que perdura há mais de 20 anos e envolve até mesmo a coordenação de agências reguladoras, como a ANEEL e a ANATEL. Esse compartilhamento resulta de uma convergência de interesses entre empresas de setores distintos que buscam melhorar a eficiência econômica por meio de acordos de uso de espaços disponíveis.

O enterramento dos cabos de fibra óptica vem se tornando prática importante tanto quando pensadas as vantagens técnicas quanto as próprias vantagens estéticas já citadas anteriormente para os centros urbanos. Ainda que a viabilidade e a redução de custos na conversão ou implantação de redes subterrâneas dependam da capacidade de gerenciamento dos municípios, bem como do planejamento urbano integrado, o enterramento de cabos deve ser reconhecido como alternativa que trará, além das vantagens supracitadas, principalmente maior fluidez na comunicação de dados, necessidade indispensável para a sociedade contemporânea (CPFL, 2022).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, será descrito o detalhamento das etapas para realização deste estudo, organizados em subseções que permitirão a compreensão do desenvolvimento do trabalho.

3.1 ESTUDO DE VIABILIDADE DO ENTERRAMENTO DOS CABOS DE FIBRA ÓPTICA

3.1.1 Avaliação da Situação Atual

Para conhecimento da situação atual, foi realizada coleta de dados no ano de 2023, em uma rua de uma cidade de Santa Catarina. Foram coletadas as informações de forma visual e realizado relatório fotográfico e levantamento do número de rompimentos nos principais provedores que utilizam a infraestrutura daquela rua. Também foi realizada pesquisa bibliográfica acerca do enterramento dos cabos de Fibra Óptica.

Foram levantados os seguintes aspectos:

- Conflito relacionado ao compartilhamento de postes entre os setores de distribuição de energia elétrica e telecomunicações;
- Excesso de cabos de telecomunicação e ocupação irregular da estrutura do poste, ambos com potencial para causar problemas técnicos e de segurança, tendendo a agravamento com a implantação da Rede 5G;
- Número crescente de provedores de telecomunicação na área urbana;
- A estrutura de postes não consegue acomodar a quantidade de provedores que necessitam utilizar esta infraestrutura;
- Devido a quantidade de ocupantes que excedem a capacidade do poste, estes cabos que cruzam a rua tendem a gerar uma “flecha”, ou seja, o embarrigamento dos cabos no centro da pista de rolagem, podendo ocasionar choque dos caminhões que trafegam com os cabos, que acarretam o rompimento;
- Poluição visual: considerando-se que os provedores de internet precisam de equipamentos passivos (Caixa de terminação Óptica – CTO e Caixa de distribuição Óptica - CEO) a cada 100 metros, a demanda gera também acúmulo de equipamentos e piora significativa da aparência dos espaços urbanos, gerando poluição visual.
- Manutenção mais trabalhosa de elevado risco de choque elétrico;
- Por fim, há solicitação frequente das autoridades para melhoria das condições acima relatadas;

Segundo Martins, *et al* (2022), a ocupação do espaço dos postes, por ser um recurso escasso, concentrado majoritariamente por grandes empresas, com pouca fiscalização e praticamente nenhuma punição, algumas empresas de telecomunicações tendem a operar

clandestinamente, colocando a infraestrutura de energia elétrica e a segurança das pessoas em risco. Além de o modelo de compartilhamento de postes gerar conflitos entre as partes, a infraestrutura em questão provoca externalidades negativas para o visual do espaço urbano. Para os autores, há necessidade de repensar o uso de postes para a passagem de cabos de telecomunicações, principalmente em grandes vias de circulação, de modo a resolver os conflitos no que tange ao seu compartilhamento e, com isso, gerar incentivos para novos investimentos para os setores se adequarem à demanda de 5G.

3.1.2 Avaliação da Viabilidade Técnica

O estudo de viabilidade técnica pretende analisar a possibilidade de execução da conversão de cabos aéreos em cabos subterrâneos.

Projeto e engenharia: para a conversão de cabos aéreos em subterrâneos, inicialmente, foram analisadas, em campo, as interferências com outros agentes públicos, como os de distribuição de água e energia. Com esse estudo em mãos foi montado o plano de ação para início do projeto, no qual constam os tubos onde os cabos vão estar implantados e as caixas de derivação para atendimento dos clientes, travessias e futuras manutenções. A colocação de dutos para a implantação da rede subterrânea deverá ser precedida de concessão, ou seja, permissão ou autorização do Executivo Municipal. Esta concessão deverá estar em conformidade com a legislação que disciplina os serviços de infraestrutura que utilizam o solo e o subsolo de propriedade municipal. Além disso, a legislação estabelece remuneração pela utilização e pela passagem dos dutos no bem público, bem como prescreve normas referentes à preservação do meio ambiente.

3.1.3 Viabilidade Econômica

O estudo de viabilidade econômica, também conhecido como estudo de viabilidade financeira, tem como principais objetivos analisar quais os recursos financeiros necessários para execução do projeto para enterramento de cabos de fibra óptica e analisar as vantagens em comparação com outras opções.

Na estimativa econômica foram considerados os materiais e mão de obra que são necessários para o enterramento dos cabos em uma distância de 250 m, considerando-se os valores de mercado em 2023, nesse percurso foram utilizados os seguintes materiais: Eletroduto

galvanizado roscavel 4” C/6 metros; Fundição vesúvio – Tampão R2 Telefone simples; Areia média lavada caixa R2, valas; Tijolo 6 furos (Caixa R2); Fita subterrânea aviso rede elétrica abaixo; Asfalto pronto ensacado; Duto corrugado preto 32mm (1”) c/guia; Duto de PVC branco 100mm (8 vias); Mão de obra e aluguéis de máquinas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo de viabilidade técnica para o enterramento dos cabos de fibra óptica foi realizado em uma rua de uma cidade do Oeste de Santa Catarina, onde foi realizado o estudo de implantação do projeto que contempla 250m lineares na referida rua. Por necessidade de melhoria visual e pela falta de espaço nos postes da concessionária optou-se pelo enterramento dos cabos no modo vala aberta onde os custos são baixos. Foi observado em outros trechos em cidades diferentes e método diferente, que a manutenção e a atenuação da rede fibra foi praticamente zerada mostrando que o projeto de enterramento é um projeto viável no quesito de baixa manutenção, zera o risco de choque elétrico para os técnicos de campo. Ainda que em um primeiro momento não seja viável devido ao alto custo para executar esse sistema, a única forma de obtermos retorno no projeto apresentado seria uma parceria de mais empresas que hoje utilizam o mesmo trecho.

4.1 LEVANTAMENTO DE CAMPO

O levantamento de campo para instalações subterrâneas é uma etapa crítica no planejamento e execução de projetos que envolvem a colocação de infraestrutura, como cabos elétricos, tubulações de água, esgoto, gás e redes de telecomunicações sob o solo. Este processo visa garantir que a instalação seja realizada de forma eficiente, segura e precisa. Abaixo estão alguns dos principais aspectos envolvidos no levantamento de campo para instalações subterrâneas:

Localização de Utilidades Subterrâneas Existentes: O primeiro passo é identificar e mapear todas as utilidades subterrâneas já existentes na área, como cabos elétricos, tubulações de água, esgoto, gás e comunicações. Isso é fundamental para evitar danos a infraestruturas já existentes durante a instalação de novos componentes subterrâneos.

Levantamento Topográfico: Realizar um levantamento topográfico da área é essencial para entender a topografia do local e determinar a melhor rota para instalação subterrânea. Isso

inclui medições de elevação, declividade do terreno e outros detalhes geoespaciais que influenciarão o projeto.

Estudo de Solo: Analisar as características do solo é crucial para determinar a resistência, a capacidade de suporte e a drenagem do solo. Isso influenciará a seleção de técnicas de escavação e a escolha de materiais para a instalação.

Permissões e Regulamentações: Verificar as regulamentações locais, estaduais e federais relacionadas à instalação subterrânea é fundamental. Isso pode incluir obtenção de licenças e aprovações, bem como garantir que todas as normas de segurança sejam seguidas.

Análise de Impacto Ambiental: Em muitos casos, é necessário avaliar o impacto ambiental da instalação subterrânea. Isso pode envolver a proteção de áreas sensíveis, como reservas naturais, e garantir que os procedimentos de construção sejam ambientalmente responsáveis.

Identificação de Obstruções: Durante o levantamento de campo, é importante identificar quaisquer obstruções que possam afetar a instalação subterrânea, como raízes de árvores, rochas ou estruturas subterrâneas antigas.

Coleta de Dados de Engenharia: Os dados coletados no levantamento de campo, como a profundidade das escavações, o diâmetro das tubulações e a localização dos pontos de acesso, são cruciais para o dimensionamento correto dos componentes da instalação subterrânea.

Planos e Projeto de Engenharia: Com base nas informações coletadas durante o levantamento de campo, os engenheiros podem criar planos detalhados para a instalação subterrânea, incluindo o tipo de material, a profundidade e a localização exata dos componentes.

O levantamento de campo para instalações subterrâneas é uma etapa complexa e detalhada, mas é fundamental para o sucesso de projetos desse tipo. Ele ajuda a evitar surpresas desagradáveis durante a construção, garantindo que a instalação seja segura, eficiente e respeite todas as regulamentações e normas aplicáveis. Para melhor orientação, ver Figura 5:

Figura 5 - Levantamento de campo.



Fonte: Próprio Autor (2023).

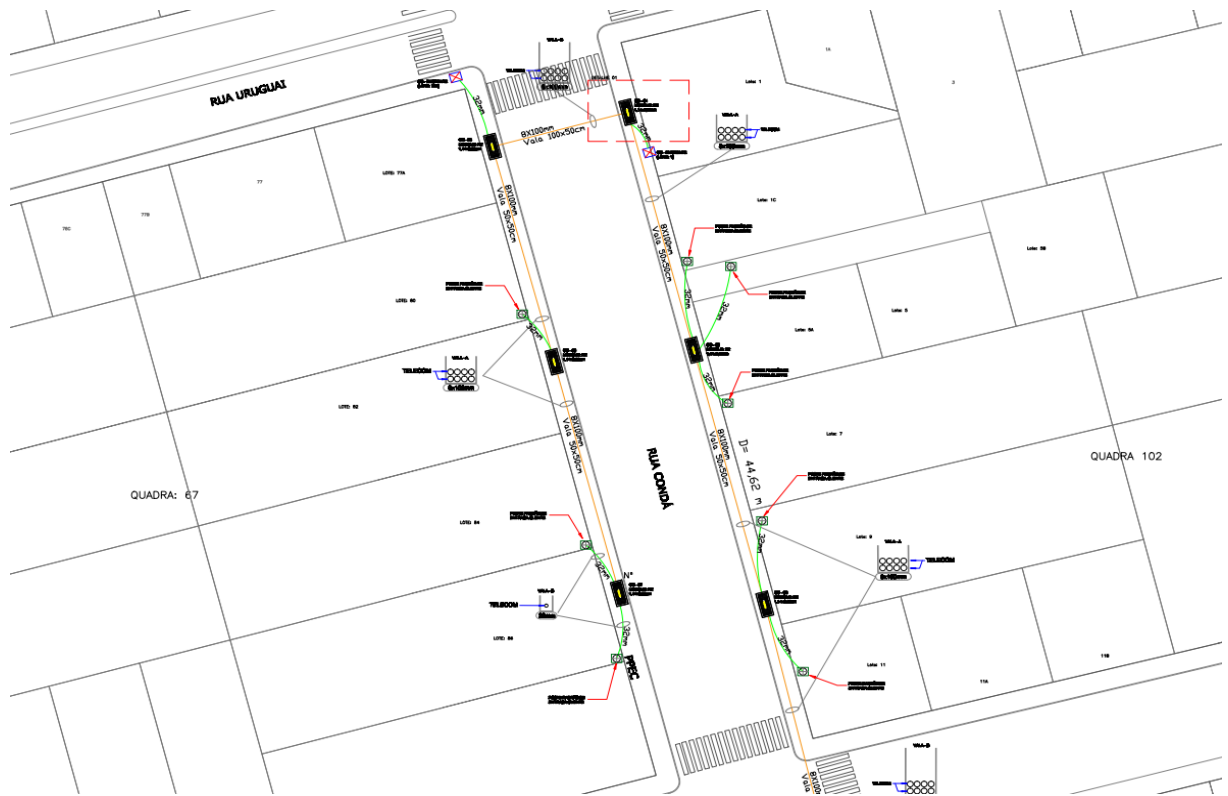
4.2 PROJETO E DIMENSIONAMENTO

Projetos subterrâneos de fibras ópticas envolvem a instalação de cabos de fibra óptica em dutos ou valas subterrâneas para transmitir dados, voz e vídeo. Isso é comum em redes de telecomunicações, provedores de internet, empresas de comunicação e até mesmo em projetos governamentais para melhorar a infraestrutura de comunicação.

O primeiro passo foi realizar um planejamento abrangente, que inclui a determinação da rota subterrânea e o método a ser utilizado. Hoje no mercado são encontradas duas opções: a vala aberta e o MND “Método não destrutivo”, a análise de viabilidade, a escolha do tipo de cabo de fibra óptica e a avaliação de custos. Um projeto detalhado deve ser criado, levando em consideração fatores como a topografia do terreno, regulamentações locais e a capacidade de acomodar futuras expansões.

Após isso é feito o estudo de viabilidade que envolve a análise da rota proposta, incluindo a verificação da existência de outras instalações subterrâneas, como dutos de serviços públicos que possam afetar a instalação. Isso ajuda a evitar conflitos durante a construção, conforme Figura 6

Figura 6 - Projeto Subterrâneo.

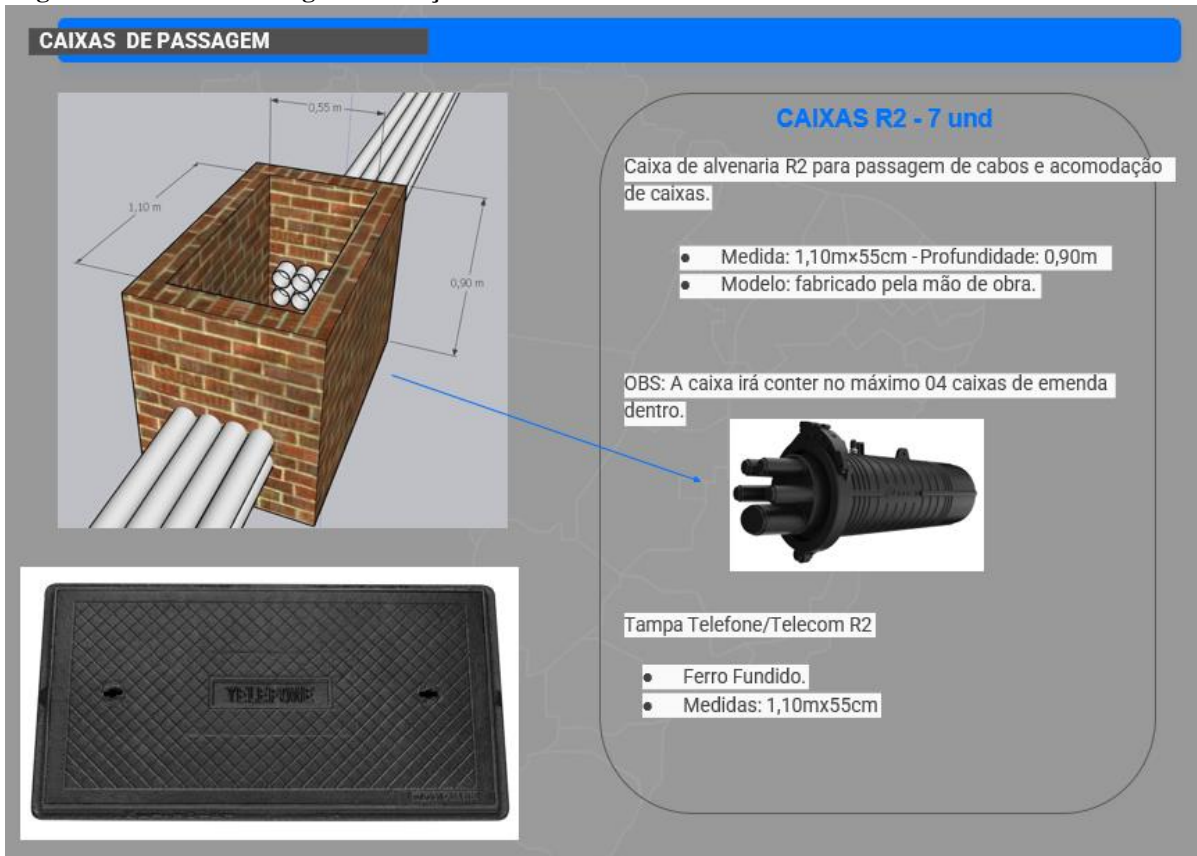


Fonte: Próprio Autor (2023).

4.3 MATERIAIS E CUSTO

Nesta etapa serão descritos os materiais e custos que foram empenhados no projeto subterrâneo, lembrando que este estudo foi de um trecho pequeno que será implantado futuramente. Para trechos maiores se faz necessário o uso de outra tecnologia conforme Figura 7.

Figura 7 - Caixa de Passagem derivação ao cliente.



Fonte: Próprio Autor (2023).

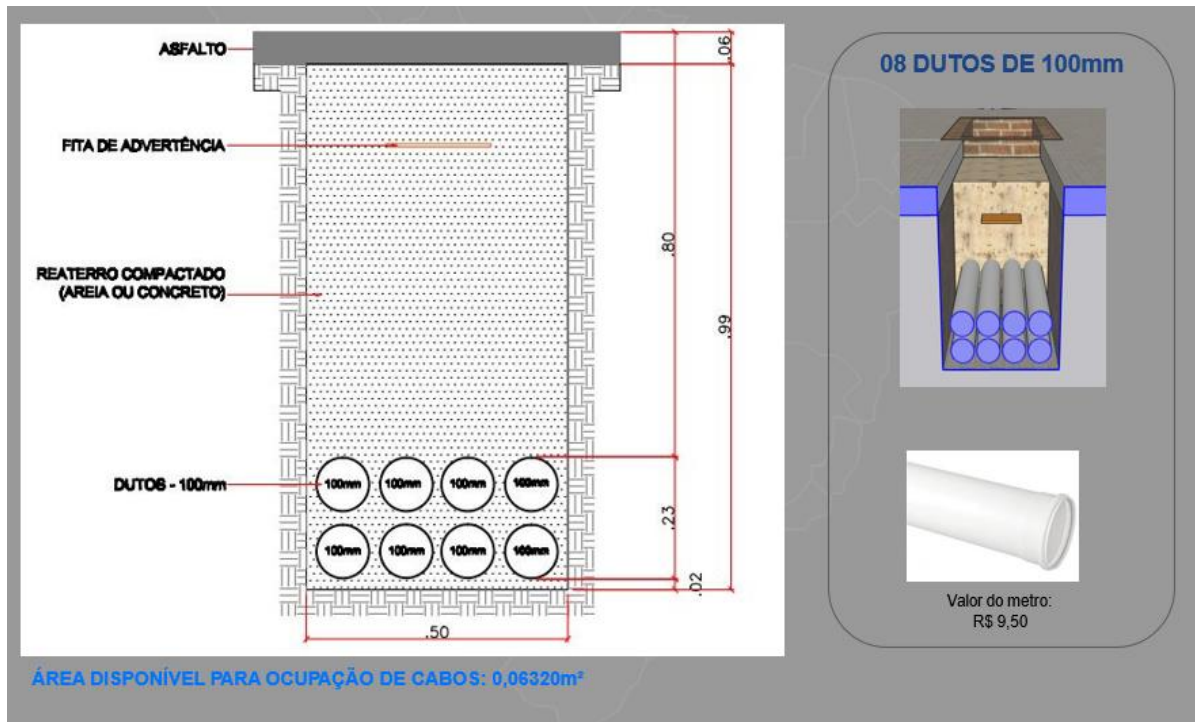
Neste projeto, está sendo utilizada uma caixa em alvenária conforme a norma: ABNT NBR 15214:2005, onde será deixada uma CTO para atendimento aos clientes. Esse projeto não será somente para uma única operadora, por esse motivo, estão sendo disponibilizados mais tubos para que se possa passar mais fibras neste local. Considerando-se que um dos problemas enfrentados é a limitação imposta pelas Concessionárias de energia elétrica para as operadoras de telecom, na caixa de alvenaria não será encontrado este problema, ou seja, a limitação de uso para até 4 ocupantes não haveria na condição apresentada.

Neste projeto foi considerado a possibilidade de ocorrer inundações na rede, por isso está sendo projetada uma caixa de atendimento junto com a caixa de terminação óptica, não sendo utilizados conectores SC/APC (que são os splitters). Para tanto, serão postas fusões, assim é possível reduzir o custo e garantir a não interrupção de serviço caso de entrada de água na caixa.

Nas caixas de travessias não tem necessidade de usar os equipamentos passivos, ela é uso exclusivo para passagens de cabos. Os condutos devem ser dispostos e dimensionados de modo a permitir espaço suficiente para a instalação inicial, bem como para a substituição

posterior de partes. Também deverão garantir acessibilidade para fins de operação, verificação, manutenção e reparos. Os eletrodutos de PVC deverão ser fabricados conforme prescrições da ABNT NBR 15465 e ABNT NBR 6150. R, conforme Figura 8:

Figura 8 – Caixa de passagem Travessia.



Fonte: Próprio Autor (2023).

Para garantir a melhor previsão de custo de uma obra a lista de materiais é fundamental. Nela devemos descrever todos os materiais e custos empregados no empreendimento dentro destes custo está o de projeto que foi descrito no item 11 como miscelâneas, foi adotado essa terminologia, pois o custo de engenharia e projeto é a parte menor da obra, e com ela é possível montar e saber em quanto tempo o projeto em questão nos dará o retorno. A seguir, será apresentada a lista de materiais e a tabela de retorno do projeto, ver Figuras 9:

Figura 9 – Lista de Materiais Projeto subterrâneo Vala Aberta.

QT.	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	IMAGEM	UND. M	QUANT.	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL OPÇÃO 04
1	Eletroduto Galvanizado roscável 4"polegada com 6 Metros		und	2,00	R\$ 193,80	R\$ 387,60
2	Fundição Vesuvio - Tampão R2 Telefone Simples (110x55cm)		und	7,00	R\$ 620,00	R\$ 4.340,00
3	Areia média lavada (caixas R2, valas)		m³	51,00	R\$ 235,00	R\$ 11.985,00
4	Tijolo 6 furos (Caixas R2)		und	980	R\$ 1,25	R\$ 1.225,00
5	Cimento Caue - saca 50kg - (Caixas R2)		und	4	R\$ 37,90	R\$ 151,60
6	Fita Subterrânea - Rede Elétrica Abaixo		m	470,00	R\$ 1,00	R\$ 470,00
7	Asfalto Pronto Ensacado - 25Kg		und	4	R\$ 70,00	R\$ 280,00
8	Duto Corrugado Preto 32mm (1"), Com Fio Guia		m	220,00	R\$ 2,08	R\$ 457,60
9	Duto PVC Branco 100mm (08 vias)		m	2.000,00	R\$ 9,50	R\$ 19.000,00
10	Mão de obra (Retirada/recolocar paver; Abertura das valas; Colocar dutos; Contruir caixas R2; Preenchimento das valas com areia; Corte em Asfalto.)		m	470,00	R\$ 97,00	R\$ 45.590,00
11	Micelânias (coisas adiversas)	-	und	1	R\$ 1.200,00	R\$ 1.200,00
TOTAL						R\$85.086,80 OPÇÃO 04

Fonte: Próprio Autor (2023).

4.3.1 Payback

O payback simples é uma métrica financeira direta e intuitiva que avalia o tempo necessário para recuperar o investimento inicial em um projeto que, neste caso, foi feito usando como base o método vala aberta. Esse indicador é obtido ao somar os fluxos de caixa ao longo do tempo até que o investimento inicial seja totalmente compensado. Como pode ser mostrado, de forma individual, o projeto não é viável. Conforme o valor mostrado na Figura 9, o valor de R\$85.086,80 que seria o investimento inicial, descontando as entradas mensais de R\$500,00, conforme pode ser visto abaixo na tabela, o tempo de retorno seria de 14 anos, ficando assim o projeto inviável de forma individualizada, conforme Tabela 1:

Tabela 1 - Payback simples projeto subterrâneo método vala aberta uso individual.

MÊS	Fluxo de Caixa	Saldo
0	R\$ 85.086,80	R\$ 85.086,80
1	R\$ 500,00	R\$ 84.586,80
2	R\$ 500,00	R\$ 84.086,80
3	R\$ 500,00	R\$ 83.586,80
4	R\$ 500,00	R\$ 83.086,80
5	R\$ 500,00	R\$ 82.586,80
6	R\$ 500,00	R\$ 82.086,80
7	R\$ 500,00	R\$ 81.586,80
8	R\$ 500,00	R\$ 81.086,80

9	R\$	500,00	R\$ 80.586,80
10	R\$	500,00	R\$ 80.086,80
11	R\$	500,00	R\$ 79.586,80
12	R\$	500,00	R\$ 79.086,80
13	R\$	500,00	R\$ 78.586,80
14	R\$	500,00	R\$ 78.086,80
15	R\$	500,00	R\$ 77.586,80
16	R\$	500,00	R\$ 77.086,80
17	R\$	500,00	R\$ 76.586,80
18	R\$	500,00	R\$ 76.086,80
19	R\$	500,00	R\$ 75.586,80
20	R\$	500,00	R\$ 75.086,80
21	R\$	500,00	R\$ 74.586,80
22	R\$	500,00	R\$ 74.086,80
Início do Projeto		14/12/2023	
Entrada mensal		R\$ 500,00	Mensalidades
Tempo de Retorno		170,1736	Meses
		14	Anos

Fonte: Próprio Autor (2023).

Ainda conforme a avaliação *payback simples*, o projeto de uso coletivo foi feito para 8 ocupantes, ou seja, 8 empresas participantes do projeto. Desta forma, o custo total da obra que é de R\$85.086,80, dividido por 8, resultaria em da obra de R\$10.632,10 para cada empresa e entradas de R\$500,00, que são as entradas mensais, sendo que o tempo de retorno será de 21 meses, desta forma o projeto de uso coletivo se tornaria viável, como pode ser ver na Tabela 2:

Tabela 2 - Payback simples projeto subterrâneo método vala aberta uso coletivo.

MÊS	Fluxo de Caixa		Saldo
0	-R\$	10.632,10	-R\$ 10.632,10
1	R\$	500,00	-R\$ 10.132,10
2	R\$	500,00	-R\$ 9.632,10
3	R\$	500,00	-R\$ 9.132,10
4	R\$	500,00	-R\$ 8.632,10
5	R\$	500,00	-R\$ 8.132,10
6	R\$	500,00	-R\$ 7.632,10
7	R\$	500,00	-R\$ 7.132,10
8	R\$	500,00	-R\$ 6.632,10
9	R\$	500,00	-R\$ 6.132,10
10	R\$	500,00	-R\$ 5.632,10
11	R\$	500,00	-R\$ 5.132,10
12	R\$	500,00	-R\$ 4.632,10
13	R\$	500,00	-R\$ 4.132,10
14	R\$	500,00	-R\$ 3.632,10
15	R\$	500,00	-R\$ 3.132,10
16	R\$	500,00	-R\$ 2.632,10
17	R\$	500,00	-R\$ 2.132,10
18	R\$	500,00	-R\$ 1.632,10
19	R\$	500,00	-R\$ 1.132,10
20	R\$	500,00	-R\$ 632,10
21	R\$	500,00	-R\$ 132,10

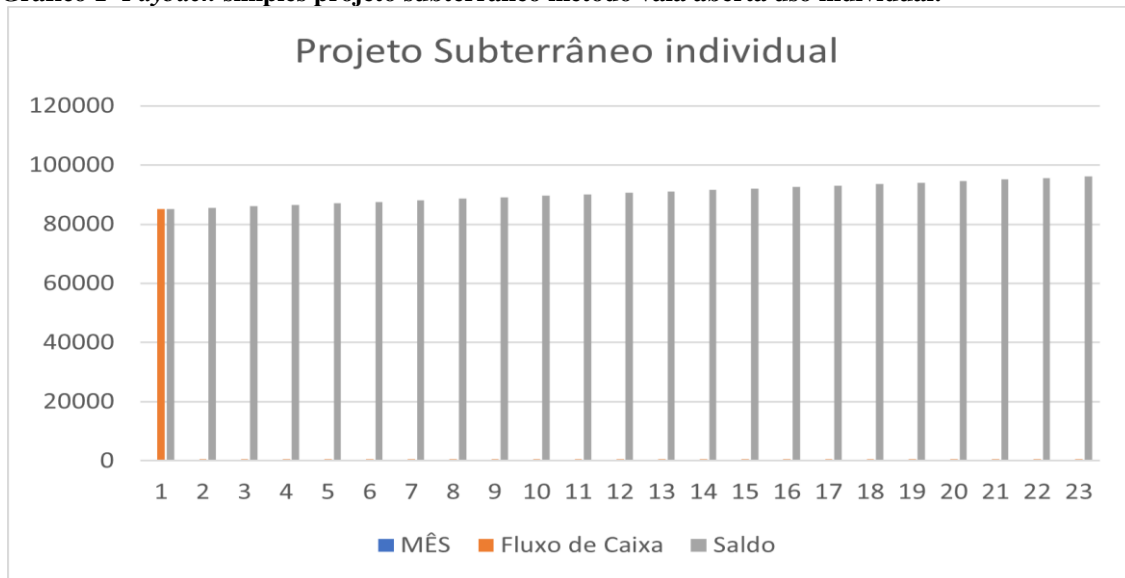
22	R\$	500,00	R\$ 367,90
Início do Projeto		14/12/2023	
Entrada mensal		R\$ 500,00	Mensalidades
Tempo de Retorno		21,2642	Meses
		1,8	Anos

Fonte: Próprio Autor (2023).

4.3.2 Gráfico *Payback*

O gráfico do *payback* é uma representação gráfica para entender a dinâmica temporal do retorno de investimento em um projeto subterrâneo. Ao longo do eixo horizontal, temos o tempo, em anos, enquanto o eixo vertical representa o percentual de retorno. O ponto em que a linha do gráfico cruza o eixo horizontal indica o período em que o investimento inicial é recuperado, marcando o ponto de *payback*. Esse gráfico oferece uma visão clara que o investimento de forma individual não é viável, como pode se ver no Gráfico 1:

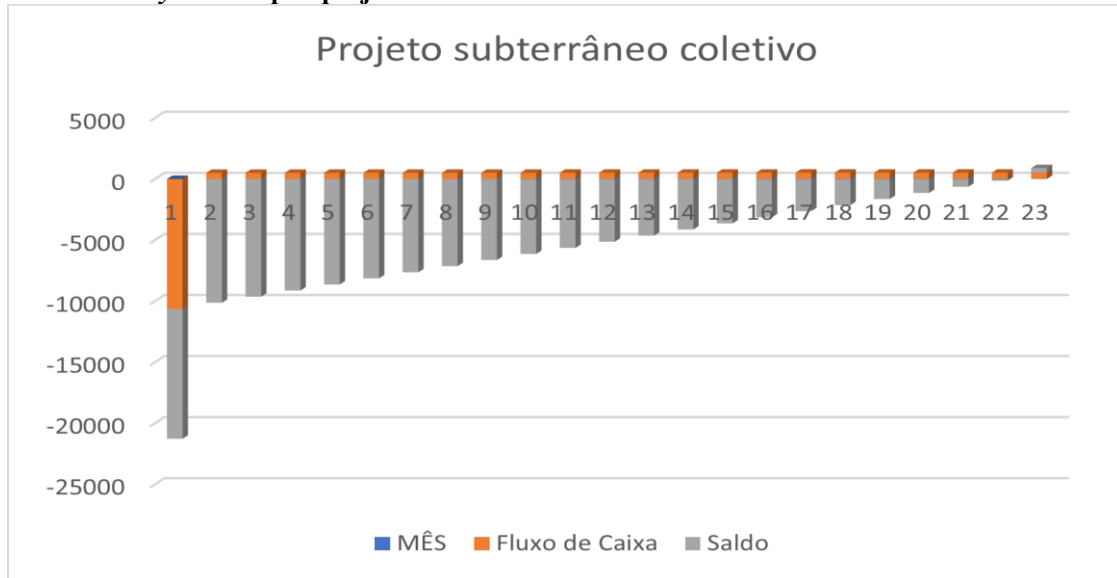
Gráfico 1- *Payback* simples projeto subterrâneo método vala aberta uso individual.



Fonte: Próprio Autor (2023).

Contudo, no gráfico a seguir, é possível visualizar que quando o projeto subterrâneo é realizado considerando-se o investimento de forma coletiva ele torna-se viável, como pode se ver no Gráfico 2

Gráfico 2- Payback simples projeto subterrâneo método vala aberta uso coletivo.



Fonte: Próprio Autor (2023).

Os gráficos de *payback* apresentados apresentam dois cenários distintos quanto à possibilidade ou não do projeto gerar lucros. No primeiro caso, o retorno acontece apenas a longo prazo, não sendo viável, e no segundo, o projeto terá retorno mais rápido, tornando-se viável economicamente.

O Gráfico *payback* é onde pode-se visualizar se o projeto realmente vai dar lucro ou não. Foi disponibilizado dois cenários, um onde pode se ver que o retorno é a longo prazo, ou seja, não é viável e o segundo caso ele dará um retorno mais rápido tornando-se viável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento das telecomunicações trouxe demandas exigentes quanto a infraestrutura e a necessidade de planejamento de novas formas de ampliação dos serviços bem como da manutenção de sua qualidade.

Neste sentido, o enterramento dos cabos de fibra óptica mostra-se uma alternativa que deve ser reconhecida pelos setores envolvidos e pelos agentes públicos, uma vez que traz melhorias na qualidade do serviço, melhora a segurança no momento da manutenção, minimiza a poluição visual nas cidades e reduz as taxas de rompimento dos cabos.

Contudo, este estudo apontou que o projeto de implantação dos cabos subterrâneos seria viável apenas considerando-se a participação dos setores envolvidos, uma vez que individualmente não pode ser avaliada como alternativa possível em função do seu alto custo de execução.

Conclui-se, portanto, que com iniciativa do poder público aliado as empresas privadas e com planejamento e gerenciamento adequado, torna-se importante estratégia de melhoria na infraestrutura de rede com impacto positivo nas cidades.

REFERÊNCIAS

ANATEL, 2021. Panorama Geral da Telecomunicações no Brasil. **Panorama Geral da Telecomunicações no Brasil**, [s. l.], ano 2021, v. 1, 24 fev. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/dados/relatorios-de-acompanhamento/2021>. Acesso em: 14 dez. 2023.

ANATEL, **AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES**. Espectro. 2022. Disponível em: . Acesso em 22 de maio de 2023.

ARANGO, Martins, Kubota. **Análise Da Implantação De Redes Subterrâneas Para Os Setores De Distribuição De Energia E Telecomunicações1..** No Brasil, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/>. Acesso em: 17 nov. 2023.

AS FIBRAS ÓPTICAS, **O Sensor CDD, e O Prêmio Nobel De Física (PNF) De 2009**. Disponível em: <https://seara.ufc.br/wp-content/uploads/2019/03/folclore276.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2023.

BASSALO, José Maria Filardo. **Tecnologia. Sociedade E Educação Na Era Digital**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2016. 300 p. Disponível em: <https://seara.ufc.br/wp-content/uploads/2019/03/folclore276.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2023

CPFL, **Manual Redes Subterraneas**. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/sites/cpfl/files/2022>. Acesso em: 16 nov. 2023.

CARVALHO, Priscila. **Aplicação Da Fibra Óptica Em Sistemas Fttx**. 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/139084>. Acesso em: 02 abr. 2020.

CARVALHO RAMOS, B. **Análise Da Evolução Dos Sistemas De Telecomunicações Móvel E Fixo No Brasil E Desenvolvimento De Uma Proposta Para A Prestação De Serviço Convergente**. 2006. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.DM – 272 A/06, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 220p.
<https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/49648/3/Artigo%20-%20Estudos%20e%20Solu%C3%A7%C3%B5es%20para%20uma%20Estrutura%20de%20Rede%20FTTH%20-%20F%C3%A1bio%20Rafael.pdf>

DRACHMA, 2020, **Métodos Não-Destrutivos**: drachmamnd. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://drachmamnd.com.br>. Acesso em: 17 nov. 2023.

HORVATH, T; MUNSTER, P; BAO, N-H. **Lasers in Passive Optical Networks and the Activation Process of an End Unit: A Tutorial**. Eletronics, v.9, p. 1114, 2020

LUCHO NETO, Osvaldo Antonio. Mercado das Telecom no Brasil: CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS - CCS. **Mercado das Telecom no Brasil**, PUC RIO, ano 2021, v. 2021, p. 10, 14 jun. 2021.

LIMA, Inforrede (ed.). Historia da Fibra Optica. *In: **Historia da Fibra optica***. 1. ed. Belo Horizonte: Inforrede, 15 dez. 2018. Disponível em: <https://www.inforrede.com.br/historia-da-fibra-optica/>. Acesso em: 15 dez. 2018

MARTINS, B. de A. et al. Avaliação dos conflitos do compartilhamento de postes entre os setores de distribuição de energia e telecomunicações. Brasília: Ipea, 2021. Versão preliminar.

NASCIMENTO, André Luiz do. **IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE FTTH**. 2020. 48. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Norte do Paraná, Maravilha, 2020.

PINHEIRO, J.M.S. **Redes ópticas de acesso em telecomunicações**. 1.ed. - Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

Projeto De Implantação De Uma Rede Ftth Para Provimento De Internet Em Um Provedor No Interior Do Estado Do Rio Grande Do Norte tecnologia. Sociedade e Educação na Era Digital. 2018. TCC (ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES) - LUAN ANDERSON TEIXEIRA DE LIMA, RIO GRANDE DO NORTE, 2018.

RIBEIRO, R.V. Passive Optical Network (PON). **Grupo de Teleinformática e Automação**, 2008. Disponível em: https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/rafael_ribeiro/index.html Acesso em: 18 de junho de 2022.

SILVA, V. H. X; Implantação de uma **Rede FTTH**. Memória Repositório Institucional – IFRN, 2016. Disponível em: <https://memoria.ifrn.edu.br/handle/1044/915>. Acesso em: 11 julho de 2022

VILAÇA, Márcio Luiz; ARAUJO, Elaine Vasquez. Tecnologia, Sociedade e Educação na Era Digital. **Tecnologia, Sociedade e Educação na Era Digital**, UNIGRANRIO, ano 2016, v. 2016, p. 10, 14 dez. 2023.