



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE**  
**TELECOMUNICAÇÕES**

Adriana da Silva Oliveira

Maria Lavínia Barbosa de Barros

# **Projeto de implantação de rede FTTH em zona rural - Estudo de caso na zona rural de Itatuba – Paraíba**

**João Pessoa - PB**  
**fev-26**

Adriana da Silva Oliveira  
Maria Lavínia Barbosa de Barros

# **Projeto de implantação de rede FTTH em zona rural - Estudo de caso na zona rural de Itatuba - Paraíba**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido à Coordenação do Curso  
Superior de Tecnologia em Sistemas  
de Telecomunicações do Instituto  
Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Paraíba, como parte  
dos requisitos para a obtenção do  
grau de Tecnólogo em  
Telecomunicações.**

**Orientador:** Prof. Dr. Gustavo Cavalcante de Araújo

**João Pessoa  
Fevereiro - 2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP  
Biblioteca Nilo Peçanha –IFPB, *Campus* João Pessoa

O48p Oliveira, Adriana da Silva.

Projeto de implantação de rede FTTH em zona rural - estudo de caso na zona rural de Itatuba - Paraíba / Adriana da Silva Oliveira, Maria Lavínia Barbosa de Barros. – 2026.

36 f. : il.

TCC (Graduação – Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações) – Instituto Federal da Paraíba – IFPB / Coordenação de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, 2026.

Orientação: Profº. Dr. Gustavo Cavalcante de Araújo.

1. Internet. 2. Rede FTTH. 3. Fibra óptica. 4. Zona rural. 5. Rede passiva. I. Barros, Maria Lavínia Barbosa de. II. Título.

CDU 004.738.5:666.189.21(043)

**ADRIANA DA SILVA OLIVEIRA e MARIA LAVÍNIA BARBOSA DE BARROS**

**PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DE REDE FTTH EM ZONA RURAL - ESTUDO DE CASO NA ZONA  
RURAL DE ITATUBA - PARAÍBA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO** submetido ao  
Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de  
Telecomunicações, do Instituto Federal da Paraíba (IFPB), em  
cumprimento aos requisitos institucionais para a obtenção do  
Grau de Tecnólogo em **SISTEMAS DE  
TELECOMUNICAÇÕES**..

Aprovado em 09 de fevereiro de 2026.

**Membros da Banca Examinadora:**

**Prof. Dr. Gustavo Araújo Cavalcante**

Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

*Orientador*

**Prof. Dr. Adaildo Gomes D'Assuncao Junior**

Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

*Examinador interno*

**Prof. Dr. Italo Oriente**

Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

*Examinador Interno*

Documento assinado eletronicamente por:

- **Gustavo Araujo Cavalcante**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/02/2026 10:25:35.
- **Adaildo Gomes D Assuncao Junior**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/02/2026 12:21:32.
- **Italo Oriente**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 12/02/2026 09:40:21.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/02/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 832159

Verificador: aa2520c980

Código de Autenticação:



## **AGRADECIMENTOS**

### **Adriana da Silva Oliveira**

Quero agradecer primeiramente a Deus, pela minha vida, e por me proporcionar ultrapassar todos os obstáculos no decorrer do curso.

Aos meus pais, Antônio Luiz de Oliveira (In Memoriam) e Maria José da Silva Oliveira, por todo incentivo e ao meu irmão Adriano Antônio, que sempre esteve disposto me incentivando a ultrapassar os momentos bons e difíceis no decorrer dessa jornada. A Mateus, por toda compreensão e companheirismo.

Em especial, aos professores, Dra. Rossana Moreno Santa Cruz e Dr. Gustavo Cavalcante de Araújo, por toda a disponibilidade que me ofereceu quando precisei, por todo apoio e compreensão, com certeza aprendi muito com as suas orientações e ensinamentos.

A todos os professores do corpo docente do curso de Sistemas de Telecomunicações que passaram parte de seus conhecimentos, e assim contribuindo de forma ampla na minha formação acadêmica, humana e profissional.

Aos meus amigos pessoais e aos colegas que fiz amizade durante a faculdade e na vida profissional, em especial, a minha amiga Maria Lavínia, a você sou grata por sua amizade e por estar junto comigo em vários momentos dessa trajetória.

Agradeço a minha banca pela disponibilidade de avaliar esse trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

**Maria Lavínia Barbosa de Barros**

O caminho até aqui foi árduo, mas me sinto lisonjeada de ter pessoas especiais ao redor as quais merecem meu agradecimento.

A princípio não posso deixar de enaltecer Deus que guia todos os meus passos e me faz acordar com saúde e disposição.

Meus entes queridos que tenho o prazer de chamar de família por todos os apoios e incentivos, mais especificamente minha mãe Maria Vitória por toda educação e maestria que me passou, ainda meu irmão Vinicius Maciel e pai Maciel Martins por sempre estar do meu lado e acreditar em mim, ao meu noivo Arthur Felipe por compartilhar a vida comigo e me direcionar sempre a melhora. E não menos importante minha amiga Adriana Oliveira, pela amizade e parceria em todos esses anos.

Aos professores Dra. Rossana Moreno Santa Cruz e Dr. Gustavo Cavalcante de Araújo, por sempre estar disponível, pelo seu conhecimento o qual foi de suma importância para esse projeto e confiança.

Aos meus amigos e professores que compartilharam os dias por esses anos de curso e que direta e indiretamente fazem parte dessa conquista: meu sincero obrigada!

## RESUMO

É evidente que as tecnologias de rede de internet estão progredindo de uma forma muito rápida. No entanto, em algumas regiões do Brasil, ainda se utiliza o serviço de internet por rádio, especialmente em regiões de zona rural. A implementação desse serviço é mais econômica pois se faz o uso apenas de antenas, se comparado ao serviço do uso da fibra óptica. No entanto, existem várias desvantagens, como a instabilidade do sinal que é bastante vulnerável a chuvas e ventos, dentre outras variações que podem impactar na qualidade do serviço. Levando em consideração que o desempenho e a estabilidade de uma conexão dependem de diversos fatores externos, como condições meteorológicas, topografia local, interferência de sinal e densidade de usuários. Portanto, foi realizado um estudo acerca da viabilidade de implantação de uma rede de fibra óptica com a tecnologia de rede passiva, mais precisamente a tecnologia FTTH (*Fiber to the Home*) na zona rural de Itatuba – Paraíba. Este tipo de rede proporciona baixas perdas e otimização na largura de banda, garantindo, assim, uma conexão estável para diferentes modos de comunicação. Este trabalho, baseia-se em um estudo de campo com residentes da área, dos quais aproximadamente 70% expressaram descontentamento com a internet via rádio e manifestaram interesse em adquirir um serviço de fibra óptica. Além disso, as condições geográficas e a infraestrutura existente foram analisadas, e o planejamento da rede foi elaborado com o suporte de ferramentas como Google Maps, Google Earth Pro e Microsoft Visio versão teste. O projeto inclui a instalação de 10 PONs, com capacidade total para atender até 1.280 clientes, beneficiando cerca de 930 residências. O cálculo de atenuação do enlace óptico foi executado, confirmando a viabilidade técnica do projeto, pois a potência do sinal na ONU permanece dentro dos limites toleráveis. A previsão é de que a implantação da rede custe R\$167.408,86.

**Palavras-chave:** Internet, Rede FTTH, Fibra óptica, Zona rural, Rede passiva.



## ABSTRACT

It is evident that internet network technologies are progressing very rapidly. However, in some regions of Brazil, radio internet service is still used, especially in rural areas. Implementing this service is more economical because it only uses antennas, compared to fiber optic service. However, there are several disadvantages, such as signal instability, which is quite vulnerable to rain and wind, as well as seasonal variations that can impact service quality. Considering that the performance and stability of a connection depend on several external factors, such as weather conditions, local topography, signal interference, and user density, a study was conducted on the feasibility of deploying a fiber optic network with passive network technology, more precisely FTTH (Fiber to the Home) technology, in the rural area of Itatuba – Paraíba. This type of network provides low losses and bandwidth optimization, thus guaranteeing a stable connection for different communication modes. This work is based on a field study with residents of the area, approximately 70% of whom expressed dissatisfaction with radio internet and showed interest in acquiring a fiber optic service. Furthermore, the geographical conditions and existing infrastructure were analyzed, and the network planning was developed with the support of tools such as Google Maps, Google Earth Pro, and Microsoft Visio trial version.. The project includes the installation of 10 PONs, with a total capacity to serve up to 1,280 customers, benefiting approximately 930 residences. The optical link attenuation calculation was performed, confirming the technical feasibility of the project, as the signal power at the ONU remains within tolerable limits. The estimated cost of network implementation is R\$ 167,408.86.

**Keywords:** Internet, FTTH network, Fiber optics, Rural area, Passive network.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Estrutura do cabo de fibra óptica.....                                 | 12 |
| Figura 2 - Anatomia da fibra óptica .....                                         | 12 |
| Figura 3 - Raios luminosos de uma fibra de índice degrau .....                    | 14 |
| Figura 4 - Trajetórias de raios em uma fibra de índice gradual .....              | 15 |
| Figura 5 - Topologia em barramento.....                                           | 19 |
| Figura 6 - Topologia em Anel.....                                                 | 20 |
| Figura 7 - Topologia em árvore.....                                               | 20 |
| Figura 8 - Fluxograma da Microsoft Visio Versão Teste.....                        | 23 |
| Figura 9 - Arquivo do Google Maps da região das áreas rurais de Itatuba - PB..... | 24 |
| Figura 10 - Arquivo .kmz dos sítios Juá, Jurema, Tabocas e Melancia .....         | 24 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Comparativo entre fibras multimodo e fibras monomodo.....                      | 16 |
| Tabela 2 - Perda de inserção nos splitters .....                                          | 21 |
| Tabela 3 - Precificação média dos materiais necessários para implantação da rede<br>..... | 25 |

## LISTA DE SIGLAS

|             |                                                                                                   |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CWDM</b> | <i>Coarse Wavelength Division Multiplexing - Multiplexação por divisão de comprimento de onda</i> |
| <b>FTTH</b> | <i>Fiber To The Home - Fibra até a casa</i>                                                       |
| <b>GPON</b> | <i>Gigabit Passive Optical Network - Rede Óptica Passiva Gigabit</i>                              |
| <b>ISP</b>  | <i>Internet Service Provider - Provedor de serviços de internet</i>                               |
| <b>OLT</b>  | <i>Optical line terminal - Terminal de linha óptica</i>                                           |
| <b>ONU</b>  | <i>Optical network unit - Unidade de rede óptica</i>                                              |
| <b>ONT</b>  | <i>Optical Network terminal - Terminal de rede óptica</i>                                         |
| <b>PON</b>  | <i>Passive Optical Network - Rede Óptica Passiva</i>                                              |
| <b>LAN</b>  | <i>Local Area Network - Rede de Área Local</i>                                                    |
| <b>IBGE</b> | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                                                   |
| <b>dB</b>   | Decibéis                                                                                          |
| <b>CEP</b>  | Caixa de Emenda Primária                                                                          |
| <b>CTO</b>  | Caixa de Terminação Óptica                                                                        |
| <b>CEO</b>  | Caixa de Emenda Óptica                                                                            |

## SUMÁRIO

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>RESUMO</b>                                                | <b>1</b>  |
| <b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b>                                  | <b>3</b>  |
| <b>LISTA DE TABELAS</b>                                      | <b>4</b>  |
| <b>LISTA DE SIGLAS</b>                                       | <b>5</b>  |
| <b>SUMÁRIO</b>                                               | <b>6</b>  |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>                                          | <b>8</b>  |
| <b>1.1 OBJETIVOS</b>                                         | <b>9</b>  |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>                               | <b>11</b> |
| <b>2.1 FIBRA ÓPTICA</b>                                      | <b>11</b> |
| <b>2.1.1 ESTRUTURA DO CABO DE FIBRA ÓPTICA</b>               | <b>11</b> |
| <b>2.1.2 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA</b>                           | <b>12</b> |
| <b>2.1.3 FIBRA MONOMODO</b>                                  | <b>13</b> |
| <b>2.1.4 FIBRA MULTIMODO</b>                                 | <b>13</b> |
| <b>2.1.5 FIBRA ÓPTICA MULTIMODO DE ÍNDICE DEGRAU</b>         | <b>13</b> |
| <b>2.1.6 FIBRA ÓPTICA MULTIMODO DE ÍNDICE GRADUAL</b>        | <b>14</b> |
| <b>2.1.7 COMPARAÇÃO ENTRE AS FIBRAS MULTIMODO E MONOMODO</b> | <b>15</b> |
| <b>2.1.8 ATENUAÇÃO E DISPERSÃO DA FIBRA ÓPTICA</b>           | <b>16</b> |
| <b>2.2 REDES PON</b>                                         | <b>17</b> |
| <b>2.2.1 COMPONENTES DAS REDES PON</b>                       | <b>18</b> |
| <b>2.2.2 TOPOLOGIAS DAS REDES PON</b>                        | <b>19</b> |
| <b>2.2.3 CÁLCULO DE ATENUAÇÃO EM REDES PON</b>               | <b>20</b> |
| <b>3 METODOLOGIA</b>                                         | <b>22</b> |
| <b>3.1 ÁREA DE ESTUDO</b>                                    | <b>23</b> |
| <b>3.2 OBJETIVO DO ESTUDO DE CASO DO PROJETO</b>             | <b>25</b> |

|                                                   |           |
|---------------------------------------------------|-----------|
| <b>3.3 MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA IMPLANTAÇÃO</b> | <b>25</b> |
| <b>4 PROPOSTAS DE MELHORIAS FUTURAS</b>           | <b>27</b> |
| <b>5 CONCLUSÕES</b>                               | <b>28</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b>                                | <b>29</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Com a popularidade da internet no Brasil, que vem se desenvolvendo e crescendo a cada dia mais, atualmente a procura por acesso à internet aumentou de forma exponencialmente, os usuários de uso doméstico e corporativo precisam de internet para interagir, se comunicar, e se conectar com o mundo, assim exigindo um serviço de alta qualidade e sendo assim para suprir determinada demanda é necessário o uso de rede inteligentes com capacidade de divisão e aprimoramento no sistema de transmissão de dados.

O termo FTTH (*Fiber To The Home*) é um tipo de conexão, o qual traduzindo significa "fibra para casa", esse nome é utilizado porque faz uso de conexão via fibra óptica, em que se faz uma interligação direta do servidor até a casa do cliente. Ainda que contenha a palavra "home", também é usada em empresas de pequeno e médio porte, fornecendo benefícios como largura de banda maior e taxa de transmissão alta [1].

Apesar dos grandes avanços das redes de internet cabeada, como as que utilizam fibra óptica, em muitas regiões a internet via rádio ainda é umas das únicas opções de acesso à internet. Como a internet via rádio faz uso apenas de antenas na sua implementação, o que se torna, comparado à rede de fibra óptica, muito mais barata. No entanto, há inúmeras desvantagens relacionadas à internet via rádio, uma das principais é a instabilidade do sinal, onde há vulnerabilidade à chuva e vento, tornando essa tecnologia dependente de alguns fatores da natureza para uma melhor conectividade e bom funcionamento.

Este trabalho propõe uma análise técnica de implantação de rede de fibra óptica nas localidades dos sítios Juá, Jurema, Tabocas e Melancia de cima, zonas rurais de Itatuba que é uma cidade brasileira situada no estado da Paraíba, com população estimada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no ano de 2022, em 10.499 habitantes, distribuídos em 251,749 km<sup>2</sup> [2]. A região do projeto fica intermediada pelas imediações da barragem Argemiro de Figueiredo, popularmente conhecida como barragem de Acauã, e também nas proximidades do canal Acauã Mirim, e às margens da passagem do rio Paraíba, o qual atravessa as localidades informadas. Nessas áreas rurais, o acesso é feito por estradas de barro.

Na travessia do rio Paraíba, atualmente existe uma ponte chamada Passagem Molhada (possui estrutura composta de areia e tubos de cimento).

Grande parte das áreas abordadas neste projeto não possui sinal de operadoras telefônicas; em algumas residências, a população faz o uso de antenas outdoor para captar o sinal telefônico, e assim conseguir fazer uso da telefonia móvel. O projeto tem como base entregar um serviço de internet fibra óptica com qualidade, com bom custo benefício, para que, assim, a população possa usufruir de uma boa navegação e comodidade. A economia do município de Itatuba é proveniente da agricultura e do comércio local.

Mediante a viabilidade técnica e geográfica da região abordada, a estrutura de cabeamento óptico adequada é a utilização do cabeamento aéreo, o qual tem postes em toda região que é de responsabilidade da concessionária de serviço de energia elétrica. Para utilizar esses postes, é necessário realizar contrato formal com a concessionária de energia com pagamento mensal mediante autorização e contrato. O cabo aéreo apresenta vantagens como facilidade de implantação, manejo na manutenção, baixo custo e facilidade para identificar problemas, porém, há também desvantagens como a facilidade de quebra do cabo óptico, que pode ser ocasionada por acidentes com veículos e vandalismo, além do fato de estar mais exposto a agentes climáticos.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1. OBJETIVO GERAL**

Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo de caso para implantação e análise técnica da estrutura de rede de fibra óptica com tecnologia FTTH em uma área rural na cidade de Itatuba-PB, utilizando redes ópticas de tecnologia passiva, com a finalidade de melhorar a velocidade e instabilidade da conexão à internet nesta localidade, permitindo ter um serviço de melhor qualidade.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**



- Analisar a viabilidade técnica para implantação de rede FTTH em área rural;
- Ressaltar as vantagens e características das redes passivas;
- Implantar rede GPON na região abordada do projeto.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 FIBRA ÓPTICA**

A fibra óptica é um filamento transparente e flexível, produzido a partir de vidro ou plástico. Apresenta diâmetro de alguns micrômetros, um pouco maior que um fio de cabelo humano. A fibra óptica, por não ser afetada por interferências eletromagnéticas, desempenha um papel de extrema importância nos sistemas de transmissão de dados [3].

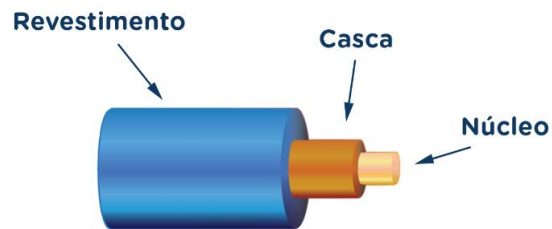
Os sistemas de comunicação por fibra óptica são sistemas que usam ondas luminosas para transmitir informações através de fibras ópticas. Eles vêm sendo desenvolvidos globalmente desde meados da década de 1970, transformando o setor do mundo das telecomunicações. O Brasil foi um dos países pioneiros a dominar a tecnologia das fibras ópticas, através da universidade da Unicamp (Universidade Estadual de Campinas), a qual foi o primeiro instituto no desenvolvimento e produção das fibras ópticas. Logo após isso, a tecnologia foi transferida para a Estatal Telebrás e se iniciou a produção por iniciativas privadas [4].

#### **2.1.1 Estrutura do cabo de fibra óptica**

A estrutura da fibra óptica é composta por três componentes: Núcleo, Casca e Revestimento, conforme mostrado na Figura 1.

O Núcleo é responsável pela condução dos sinais luminosos, normalmente com diâmetros de 9  $\mu\text{m}$ , 50  $\mu\text{m}$  ou 62,5  $\mu\text{m}$ , embora também haja núcleos com diâmetro de 100  $\mu\text{m}$ . Através da reflexão total, a luz é restrita ao núcleo da fibra. Já a casca tem um diâmetro tipicamente de 125  $\mu\text{m}$  [5].

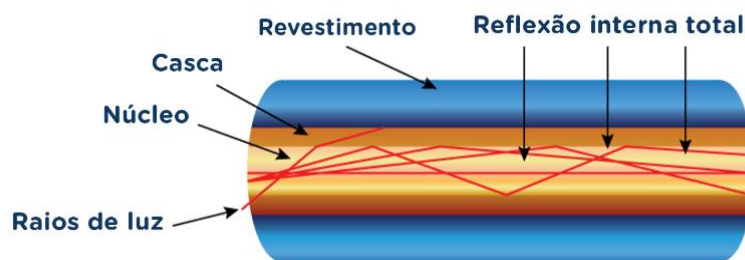
*Figura 1 - Estrutura do cabo de fibra óptica*



Fonte: [5]

O revestimento de proteção para a fibra óptica, é composto por duas camadas, assegurando proteção mecânica e óptica para ela. A camada primária mede aproximadamente 190  $\mu\text{m}$  de diâmetro, enquanto a secundária mede 245  $\mu\text{m}$  [4].

*Figura 2 - Anatomia da fibra óptica*



Fonte [5].

### **2.1.2 Tipos de fibra óptica**

Existem duas denominações comuns para as fibras ópticas, cada uma com suas próprias características e propósitos.

### 2.1.3 Fibra Monomodo

A fibra óptica *monomodo*, que possui apenas um trajeto viável para propagação e é a mais empregada em transmissões de longa distância, devido às baixas perdas de dados.

Os sistemas que empregam as fibras monomodo têm um rendimento superior, com relação aos sistemas que empregam as fibras multimodo. As fibras em redes monomodo são predominantes nas operadoras de telecomunicações, provedores de Internet ISP (*Internet Service Provider*) e de TV a cabo.

A fibra monomodo, se distingue das fibras multimodo, exclusivamente devido a propagação do feixe luminoso que se propaga em apenas uma linha (único modo), tendo-se dimensões típicas de 2  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  para o núcleo e 80  $\mu\text{m}$  a 125  $\mu\text{m}$  para a casca, sendo assim evitando diversos caminhos da propagação da luz dentro do núcleo, portanto ocorre a diminuição da dispersão do impulso luminoso, no entanto, para a transmissão de uma fibra de apenas um modo, o diâmetro do núcleo consequentemente deve-se ser maior que o comprimento de onda da luz mediante a transmissão [4].

### 2.1.4 Fibra Multimodo

A fibra *multimodo* possibilita a transmissão de luz em várias direções, e é a mais empregada em redes de curta distância, como as redes locais (LAN – *Local Area Network*), devido ao seu preço acessível [3].

Existe também uma classificação das fibras ópticas quanto ao perfil de índice de refração. Esta classificação divide as fibras em dois tipos básicos: índice degrau e índice gradual.

### 2.1.5 Fibra Óptica Multimodo de Índice Degrau

Em uma fibra com índice de refração degrau, tanto o núcleo quanto a casca da fibra apresentam valores de índice de refração constantes. Tanto fibras multimodo quanto fibras monomodo podem apresentar esse perfil de índice de refração.

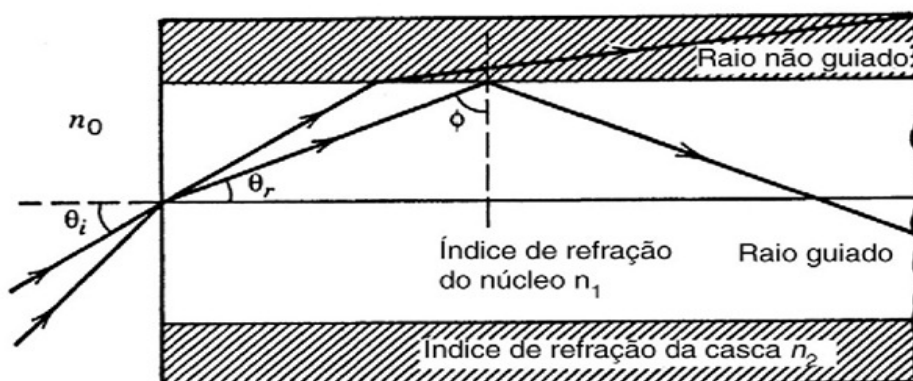
Os raios que atingem a interface ar-fibra se desviam da normal devido à refração provocada pela variação dos índices de refração. A medida do ângulo de refração  $\theta_r$  é obtida através da Lei de Snell [6], de acordo com a Equação (1):

$$n_0 \sin(\theta_i) = n_1 \sin(\theta_r), \quad (1)$$

Em que,  $n_0$  e  $n_1$  representam, respectivamente, os índices de refração do ar e do núcleo da fibra,  $\theta_i$  representa o ângulo incidente e  $\theta_r$  é o ângulo de refração.

O feixe pode passar por uma nova refração, quando atinge a interface entre o núcleo e a casca, se  $\sin(\varphi) < n_2/n_1$ , na qual,  $n_2$  representa o índice de refração da casca [2]. Caso  $\sin(\varphi) > n_2/n_1$ , o raio de luz não sofre refração para a casca e é totalmente refletido de volta para o núcleo da fibra (condição de reflexão interna total). Na Figura 3, os raios incidente, refletido e refratado dentro e fora da fibra são mostrados, para um perfil de índice de refração degrau.

Figura 3 - Raios luminosos de uma fibra de índice degrau



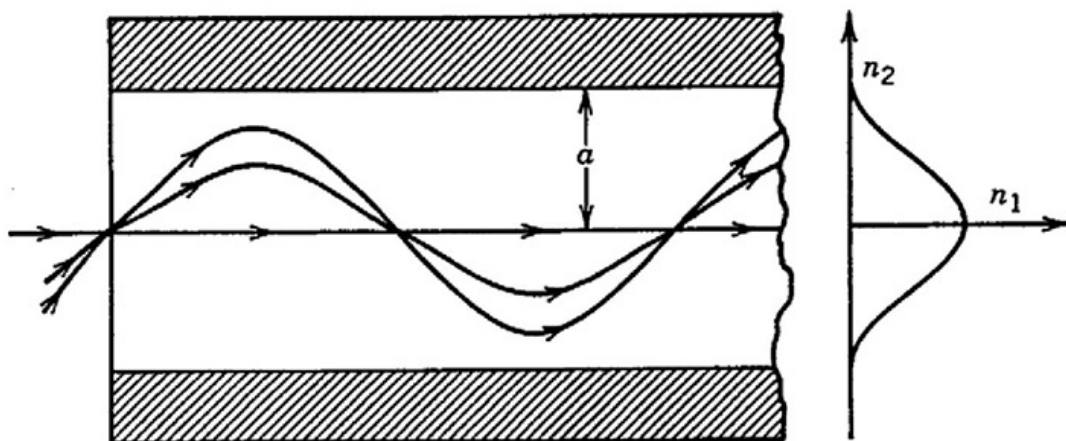
Fonte: [6].

### 2.1.6 Fibra Óptica Multimodo de Índice Gradual

Sobre essas fibras, o índice de refração do núcleo varia de forma gradual, do centro, de onde sai de um valor máximo  $n_1$ , em direção à casca, até um valor mínimo  $n_2$ . Sendo assim, os raios luminosos assumem velocidades diferentes de propagação no interior do núcleo de uma fibra óptica de índice gradual, uma vez que sofrem a influência de diferentes valores de índice de refração, a depender do caminho

percorrido. Em outras palavras, os feixes que se propagam ao longo do eixo da fibra percorrem caminhos mais curtos, mas apresentam uma menor velocidade, pois sofrem a influência de maiores valores de índice de refração. Já os raios que percorrem percursos maiores dentro da fibra (indo até a casca ou mais próximo a ela) tendem a sofrer a influência de valores de índice de refração menores, logo, assumem maior velocidade. Desta forma, a dispersão luminosa é compensada, uma vez que os raios de luz chegam praticamente ao mesmo tempo na outra extremidade da fibra, devido à variação gradual do índice de refração do núcleo [7].

*Figura 4 - Trajetórias de raios em uma fibra de índice gradual*



Fonte [6]

### **2.1.7 Comparação entre as Fibras Multimodo e Monomodo**

A principal diferença entre uma fibra multimodo e uma fibra monomodo está na sua capacidade de transmissão, e se dá em como a luz é transmitida através do núcleo da fibra. Contudo, há também diferenças em relação às propriedades construtivas e ao uso de cada uma [4].

*Tabela 1 - Comparativo entre fibras multimodo e fibras monomodo.*

|                            | <b>Fibra multimodo</b>                                                    | <b>Fibra monomodo</b>                                                                                                                                                                        |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Núcleo                     | 50 µm até 200 µm, padronizado comercial e tecnicamente em 50 µm e 62,5 µm | 8 µm a 10 µm, padronizado comercial e tecnicamente em 9 µm                                                                                                                                   |
| Casca                      | 125 µm até 400 µm, padronizado comercialmente em 125 µm                   | 125 µm até 240 µm, padronizado comercialmente em 125 µm                                                                                                                                      |
| Ângulo de incidência       | Incidência de luz em diferentes ângulos                                   | Incidência de luz em um único ângulo                                                                                                                                                         |
| Comprimento de onda        | Entre 850 nm e 1.300 nm                                                   | Entre 1.310 nm e 1.650 nm                                                                                                                                                                    |
| Atenuação                  | Conforme ITU-T G.651.1:<br>4,0 dB/km em 850 nm<br>2,0 dB/km em 1.300 nm   | Conforme ITU-T G.652.D:<br>0,4 dB/km em 1.310 nm até 1.625 nm (aplicações externas)<br>0,3 dB/km em 1.550 nm (aplicações externas)<br>1,0 dB/km em 1.310 nm e 1.550 nm (aplicações internas) |
| Transmissores e receptores | Mais simples e de menor custo                                             | Mais complexos e de maior custo                                                                                                                                                              |
| Aplicação principal        | Normalmente, utilizada em LAN e curtas distâncias                         | Normalmente, utilizada em WAN e grandes distâncias                                                                                                                                           |

Fonte [4]

### 2.1.8 Atenuação e Dispersão da fibra óptica

A atenuação de uma fibra óptica é definida pela relação entre a potência luminosa na entrada da fibra e a potência luminosa na sua saída, podendo ser determinada, assim, a distância de transmissão do sinal óptico. Podemos citar os principais fatores de atenuação nas fibras ópticas, como: atenuação em emendas e conectores, perdas por microcurvaturas e irradiação devido às curvaturas. Outros fatores influenciam na atenuação total da fibra óptica, como a qualidade de sua fabricação, o comprimento de onda da luz guiada (referente a estrutura do guia dielétrico) e o grau de pureza do material [8].

A dispersão é um fenômeno resultante da dependência do comprimento de onda da luz guiada com o índice de refração do material, ocasionando diferentes velocidades de propagação para diferentes valores de comprimento de onda dentro de um mesmo material e, conseqüentemente, atraso, distorção e limitação na

capacidade de transmissão. Na fibra óptica, existem alguns tipos de dispersão que devem ser considerados: dispersão modal (presente em fibras multimodo), dispersão cromática (formada pelas dispersões material e de guia de onda e presente tanto em fibras monomodo quanto em fibras multimodo) e dispersão do modo de polarização (mais evidente em fibras monomodo) [8].

- Dispersão Modal: Trata dos diferentes caminhos que um sinal luminoso pode percorrer dentro de uma fibra óptica multimodo, devido aos seus múltiplos modos de propagação, sendo a dispersão predominante em fibras multimodo;
- Dispersão Cromática: Trata mais especificamente da dependência do comprimento de onda da luz guiada e o índice de refração do material dielétrico. Também depende da largura espectral da fonte de luz. É resultante dos fenômenos de dispersão material e dispersão de guia de onda e ocorre em ambos os tipos de fibra, multimodo e monomodo, sendo, nesta última, o tipo de dispersão predominante;
- Dispersão do modo de polarização: Mais evidente em fibras monomodo e trata do fenômeno de birrefringência no interior da fibra, devido a assimetrias no diâmetro do núcleo, ocasionadas durante a fabricação ou com o manuseio da fibra óptica. Isto faz com que o único modo de propagação apresenta diferenças de velocidades de propagação entre os campos, resultando em uma dispersão e conseqüentemente atraso na transmissão. Deve ser controlada, uma vez que tende a aumentar com o tamanho da fibra, podendo limitar as taxas de transmissão em enlaces de longa distância [8].

## 2.2 REDES PON

As redes ópticas passivas (PON - *Passive Optical Network*) constituem uma arquitetura de rede de fibra óptica. Em uma rede PON, não existem componentes ativos na intermediação entre o escritório central e as instalações do cliente, por isso se chama de rede “passiva”, devido ao fato de os componentes da rede de distribuição não necessitarem de energia elétrica para funcionar. Dessa forma, nessa rede, dentre



os componentes passivos se incluem os divisores ópticos passivos. Os divisores ópticos distribuem o sinal óptico do terminal de origem (OLT - *Optical Line Terminal*) aos terminais de destino da rede fibra óptica, por meio de uma unidade de interface de rede (ONU - *Optical Network Unit*) [8].

## 2.2.2 Componentes das redes PON

As redes de acesso por fibra óptica são compostas por equipamentos e componentes além da fibra óptica, como OLT, ONU e divisores ópticos passivos (*splitters*). Nesta subseção, serão descritas as principais informações de cada um deles.

**Terminal da linha óptica (OLT – *Optical Line Terminal*):** É um equipamento responsável por realizar a transmissão do tráfego de voz, dados e vídeo de uma rede óptica aos seus usuários. Normalmente, fica localizado em um escritório central, e tem como finalidade controlar o fluxo bidirecional em uma rede. Uma OLT consegue realizar transmissão de dados em distâncias de até 20 km [8].

**Unidade de rede óptica (ONU – *Optical Network Unit*):** É um equipamento que faz parte da arquitetura de redes passivas de fibra óptica, que atua como um ponto de terminação de rede de fibra óptica para conectar os usuários. Sendo assim, a ONU recebe o sinal óptico que é transmitido pela OLT e realiza a conversão em um sinal elétrico. É instalada internamente ou externamente à casa ou empresa do cliente. Na maioria dos casos, o que se é também instalado internamente é a ONT (*Optical Network Terminal*), sendo assim, são os principais responsáveis em conectar os usuários à rede de fibra óptica [9].

**Divisor Óptico Passivo (*Splitter*):** O divisor óptico fica instalado entre a OLT e a ONU, e o mesmo é bidirecional, dessa forma, o sinal da luz é dividido ou se combina entre as fibras ópticas. No sentido *downstream* (central – usuário), o sinal de entrada é dividido e enviado para todas as portas de saída, já no sentido *upstream* (usuário – central), o sinal de todas as ONUs é combinado e mandado para a OLT. O *splitter* não necessita de energia elétrica para o seu funcionamento, daí o termo passivo.

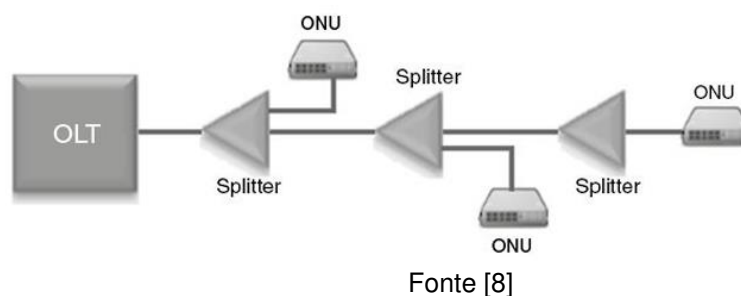
### 2.2.1 Topologias das redes PON

As redes ópticas passivas são divididas em 3 principais topologias de rede: barramento, anel e árvore. Cada topologia tem uma abordagem diferente, que é implementada conforme cada necessidade.

#### Topologia em barramento:

Nessa topologia, a OLT se conecta com várias ONUs, interligada por apenas um cabo de fibra óptica, que tem a conexão com vários divisores passivos (*splitters*), com derivação de 1:2, tendo cada um duas ramificações, uma para se interligar à ONU de destino, e a outra para interligá-lo a outro divisor óptico [8].

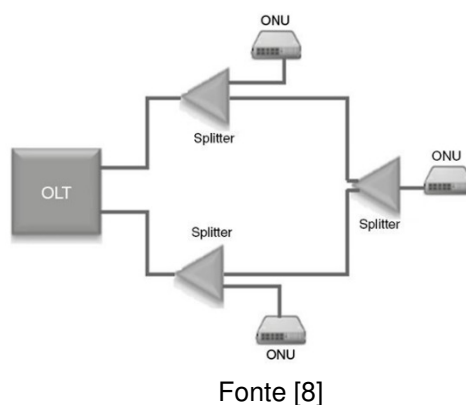
Figura 5 - Topologia em barramento



#### Topologia em Anel:

Nessa topologia, as ONUs se conectam à OLT mediante um barramento óptico. Para um melhor entendimento, duas ONUs interligam-se diretamente à OLT, formando dois segmentos diferentes. Dessa forma, o restante das ONUs vai se conectando de forma serial, tendo formação de um anel óptico. A vantagem desta topologia é a redundância da rede no caso de falhas, pois ocorrendo o rompimento de uma fibra, o tráfego de rede irá operar na outra direção [8].

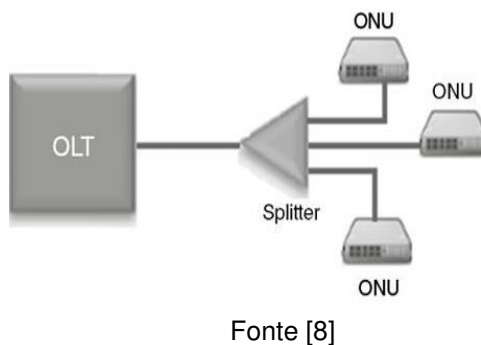
*Figura 6 - Topologia em Anel*



### **Topologia em Árvore:**

Nessa topologia, as ONUs são conectadas à OLT por um único divisor passivo, sendo seu fator de derivação segmentado pelo número de subsegmentos para cada fibra óptica. Esse tipo de topologia é usada quando as ONUs estão mais distantes da OLT, ou estão agrupadas em uma determinada região [8].

*Figura 7 - Topologia em árvore*



### **2.2.3 Cálculo de atenuação em redes PON**

Em um projeto de rede PON, é necessário garantir que a potência do sinal que chega até o cliente ( $P_{ONU}$ ) esteja dentro de um limite mínimo para o funcionamento na ONU. Por causa disso, o menor valor considerado aceitável é -27 dBm. Este valor mínimo deve ser obtido mediante o cálculo dos fatores de atenuação presentes no caminho da transmissão do sinal até o cliente. Como exemplo, existe a atenuação da

fibra ( $P_{fib}$ ) que é da ordem de 0,2 dB/km, as atenuações ocasionadas pelas emendas por fusão ( $P_e$ ) que é em média 0,5 dB por fusão, além das atenuações inerentes dos *splitters* ( $P_{dop}$ ), que são os divisores ópticos passivos [8]. Na Tabela 2, são mostradas as perdas de potência típicas de splitters balanceados.

*Tabela 2 - Perda de inserção nos splitters*

| Tipo de Splitter | Perda de Inserção |
|------------------|-------------------|
| 1:2              | 3,7 dB            |
| 1:4              | 7,3 dB            |
| 1:8              | 10,5 dB           |
| 1:16             | 13,7 dB           |
| 1:32             | 17,1 dB           |
| 1:64             | 20,5 dB           |

Fonte [10]

Pela Equação (2), é mostrado como se deve calcular a potência que chega até a ONU, considerando uma determinada distância da OLT.

$$P_{ONU} = P_{OLT} - P_{fib} - P_{dop} \quad (2)$$

Em que:  $P_{OLT}$  é a potência da OLT,  $P_{ONU}$  é a potência efetiva que chega na ONU,  $P_{dop}$  é a potência perdida nos splitters e  $P_{fib}$  é a potência perdida devido a atenuação característica da fibra.

Sendo assim, a potência que chega na ONU, é a potência de transmissão da OLT, subtraída pelas quedas de potência que ocorrem no caminho da transmissão do sinal.

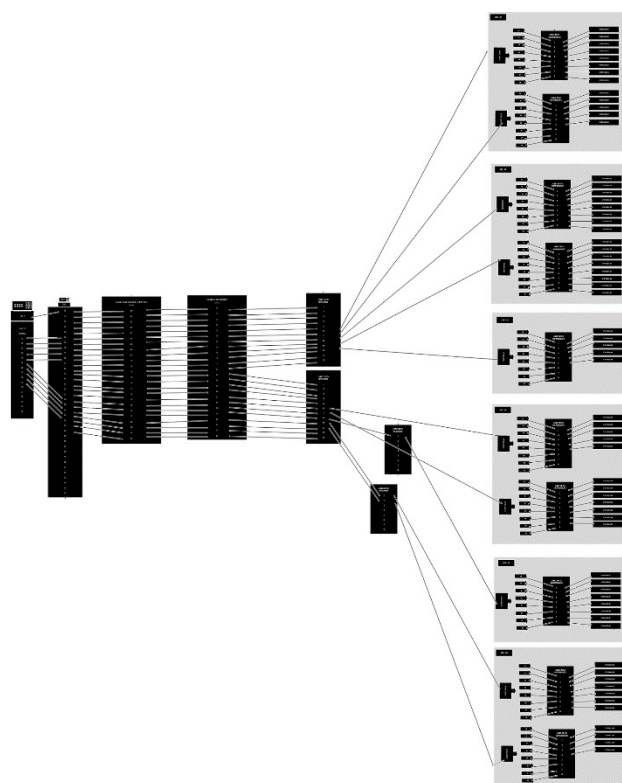
### **3 METODOLOGIA**

Para este projeto, foi realizado um estudo de campo nas regiões rurais dos sítios Juá, Jurema, Tabocas e Melancia, localizados no município de Itatuba, no interior da Paraíba. Durante o estudo, foram feitas perguntas sobre a satisfação dos serviços de internet contratados pelos entrevistados. Aproximadamente 70% deles afirmaram ter problemas com os serviços de internet contratados, que são serviços de internet via rádio. A maioria estaria disposta a pagar a mais por um serviço de internet melhor, com estabilidade, o qual seria o serviço por fibra óptica. Foram analisadas as condições geográficas da região para implantação da rede, e assim averiguados os postes existentes na região para a passagem do cabeamento da fibra óptica, e também averiguado o vão para passagem do cabo adequado.

Posteriormente, foi realizado um estudo bibliográfico, para fins de conhecimentos para implantação de uma rede, incluindo o funcionamento dos dispositivos necessários para implantação e a melhor tecnologia para ser utilizada na rede.

Foi elaborado um diagrama multifilar no software Microsoft Visio versão teste, com o objetivo de auxiliar no esquema de fusão para a ativação do circuito da rede. Além disso, foi feito um levantamento dos custos da rede proposta.

Figura 8 - Fluxograma da Microsoft Visio Versão Teste

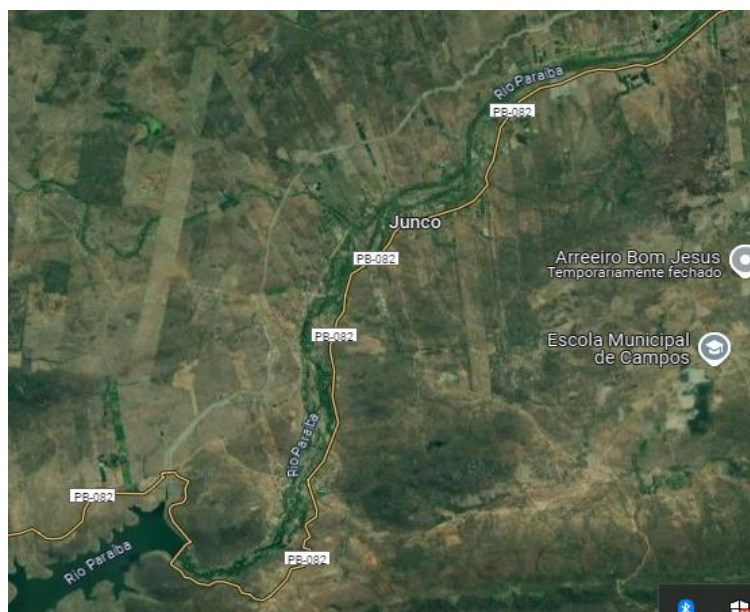


Fonte: Elaborada pelo Autor

### 3.1 Área de Estudo

Para avaliar a área de estudo, foi utilizado o Google Maps para assim poder mapear a região geográfica a ser atendida. Como não há imagens de *street view* disponíveis para toda a região que será atendida, foi necessário realizar deslocamentos em campo para localizar alguns postes e realizar sua marcação, a fim de determinar onde será feita a passagem do cabeamento de fibra óptica e a instalação das caixas de atendimento.

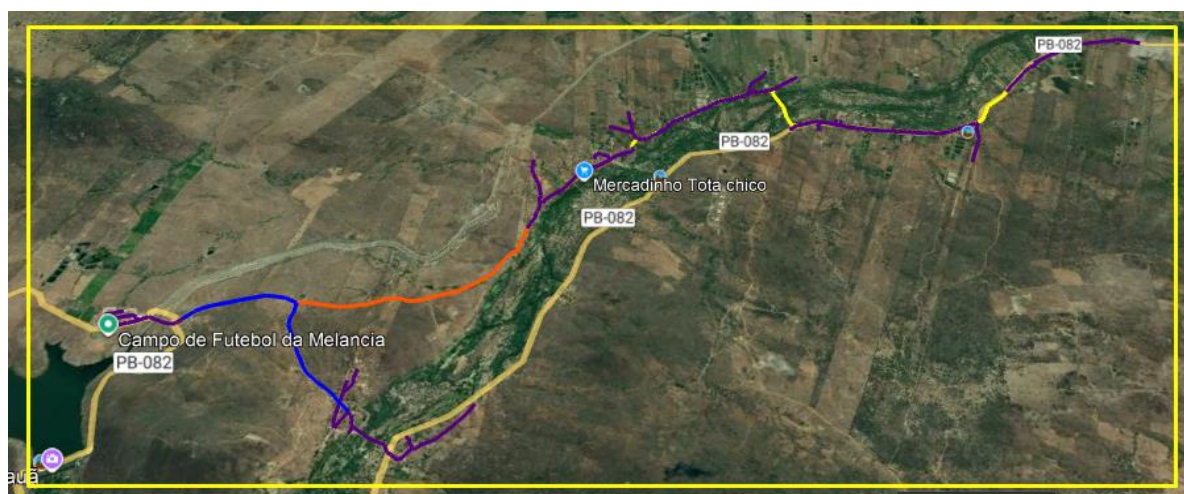
*Figura 9 - Arquivo do Google Maps da região das áreas rurais de Itatuba - PB*



Fonte: Elaborada pelo Autor

Em seguida, foi utilizado o Google Earth Pro, para a criação do arquivo .kmz, que permite estipular a quantidade e o tipo dos cabos ópticos, as localizações de cada caixa, denominadas CEP (Caixa de Emenda Primária), CTO (Caixa de Terminação Óptica) e CEO (Caixa de Emenda Óptica) e onde ficará posicionada cada uma, que serve como base para o detalhamento dos esquemas de fusões que serão implementados no projeto. Na Figura 5, é mostrada a imagem criada por meio do Google Earth Pro, no formato de arquivo .kmz.

*Figura 10 - Arquivo .kmz dos sítios Juá, Jurema, Tabocas e Melancia*



Fonte: Elaborada pelo Autor

### 3.2 Objetivo do estudo de caso do projeto

O projeto de implantação de rede FTTH na área rural de Itatuba-PB tem como objetivo beneficiar a população da região, que precisa de internet de boa qualidade para estudar e realizar trabalhos remotos. Esta região rural possui grande volumetria de população, o que faz necessária a implantação de uma rede óptica eficiente, com velocidades de transmissão adequadas à demanda citada. Por isso, optou-se pela implantação da tecnologia GPON.

### 3.3 Materiais necessários para implantação

*Tabela 3 - Precificação média dos materiais necessários para implantação da rede.*

| <b>Material</b>                                                 | <b>Quantidade</b> | <b>Valor da unidade</b> | <b>Valor total</b> |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------|
| OLT Huawei MA5800-X2 /<br>Controladora Huawei H901MPSC<br>Board | 1                 | R\$: 10.952,32          | R\$: 10.952,32     |
| Placa laser C++                                                 | 1                 | R\$: 17.640,76          | R\$: 17.640,76     |
| DIO (Distribuidor Interno óptico)<br>FURUKAWA B48 - 36 FO       | 1                 | R\$: 1.590,00           | R\$: 1.590,00      |
| Retificador Protecto -48VDC 5AMP                                | 1                 | R\$: 6.306,67           | R\$: 6.306,67      |
| Baterias estacionárias 60 A Moura                               | 4                 | R\$: 499,00             | R\$: 1.996,00      |
| Cordão Óptico SC/UPC – SC/APC<br>2,5 metros                     | 1                 | R\$: 32,00              | R\$: 32,00         |
| GBIC GPON-OLT-CLASS C++<br>OM5052                               | 1                 | R\$:275,00              | R\$:275,00         |
| 1:8 Splitter                                                    | 83                | R\$:37,60               | R\$: 3.120,80      |
| Cabo óptico CFOA-SM-AS120-RA<br>24F NR-FURUKAWA                 | 6.952 km          | R\$:5,69                | R\$: 39.556,88     |



|                                                               |           |             |                 |
|---------------------------------------------------------------|-----------|-------------|-----------------|
| Cabo óptico CFOA-SM-AS80 MINI-RA 08F NR – FURUKAWA            | 13.233 km | R\$:5,69    | R\$: 75.295,77  |
| Cabo óptico drop 08FO                                         | 1000 m    | R\$:279,99  | R\$:279,99      |
| Caixa de terminação óptico (CTO) com adaptação até 1x16 Xwave | 69        | R\$: 99,90  | R\$: 6.893,10   |
| Caixa De Emenda Óptica (CEO) 24FO, Expansível Até 144FO.      | 2         | R\$: 189,90 | R\$: 379,80     |
| Caixa de emenda primária (CEP)                                | 6         | R\$:248,31  | R\$: 1.489.86   |
| Aluguel de postes (Mensal)                                    | 200       | R\$:8,00    | R\$: 1.600,00   |
| Custo Total                                                   |           |             | R\$: 167.408,86 |

No projeto, foram estipuladas dez PONs, em que cada PON tem capacidade de atendimento de até 128 clientes mediante a implantação de rede FTTH com tecnologia GPON. Foi contabilizada uma quantidade de 930 unidades habitacionais na região avaliada para o projeto.

Considerando a maior distância da OLT até o último cliente que seria atendido de aproximadamente 5490 metros, considerando a perda de 2 dB referente a fibra óptica devido à distância, fazendo o somatório de perdas dos splitters de primeiro e segundo nível de 1:8, somadas em 21 dB, além de 5 fusões ao longo do caminho, com perda de 0,1 dB cada, totalizando em 0,5 dB, e ainda a perda de 2 dB referente a 4 conectores, a perda total é de 25,5 dB. A potência do laser da OLT C+ é de 5 dBm, dessa forma, a potência que será possível de chegar na ONU é de -20,5 dBm. Sendo este o pior caso a ser considerado, ainda chegaria um sinal bom ao cliente.

## **4 PROPOSTAS DE MELHORIAS FUTURAS**

Levando em consideração os resultados alcançados, algumas sugestões de melhorias futuras para aumentar a eficácia, a confiabilidade e a sustentabilidade da rede estabelecida:

### **01. Redundância de conexões**

A criação de rotas redundantes em áreas críticas da rede pode melhorar a disponibilidade do serviço, diminuindo os efeitos de quebras de fibra provocadas por acidentes, vandalismo ou eventos climáticos.

### **02. Aumento futuro da capacidade da rede**

O estudo é desenvolvido com possibilidade de melhorias no futuro, utilizando fibras reservas nos cabos ópticos e considerando a adoção de tecnologias mais avançadas, como XG-PON ou XGS-PON, para atender à crescente demanda por banda.

### **03. Gestão e monitoramento da rede**

A implementação de sistemas de monitoramento remoto e gerenciamento proativo da rede possibilitará a rápida detecção de falhas, a melhoria do desempenho e a minimização do tempo de inatividade do serviço.

### **04. Proteção física da infraestrutura**

Em áreas mais suscetíveis a danos, sugere-se o reforço da proteção dos cabos ópticos, utilização de caixas mais robustas e sinalização adequada nos postes, visando reduzir riscos de rompimento e vandalismo.

### **05. Parcerias institucionais e incentivos públicos**

Fechar parceria com municípios ou estados pode permitir o acesso a incentivos fiscais, subsídios ou programas de inclusão digital, expandindo a rede para incluir escolas, centros de saúde e outros serviços fundamentais.

## 5 CONCLUSÕES

O estudo realizado demonstrou que a implementação de uma rede de fibra óptica com tecnologia FTTH na zona rural de Itatuba–PB é viável tanto do ponto de vista técnico e econômico quanto do social. As análises de campo revelaram que a população está bastante insatisfeita com os serviços de internet via rádio disponíveis atualmente, especialmente devido à instabilidade do sinal, baixa velocidade e dependência de condições climáticas. Nesse cenário, a fibra óptica se apresenta como uma solução sólida, estável e apta para atender à crescente demanda por conectividade. A fundamentação teórica demonstrou que as redes ópticas passivas, particularmente a tecnologia GPON, oferecem benefícios consideráveis, incluindo elevada capacidade de transmissão, redução de custos operacionais, maior alcance e confiabilidade, além da capacidade de atender a muitos usuários com uma única infraestrutura. Os cálculos de atenuação realizados mostraram que, mesmo no pior cenário de enlace, a potência recebida na ONU permanece dentro dos limites aceitáveis, assegurando a qualidade do serviço oferecido aos usuários finais. A abordagem utilizada, que envolveu pesquisa de campo, análise geográfica, mapeamento da infraestrutura existente e avaliação das quantidades de materiais necessários, possibilitou um planejamento minucioso da rede. A utilização de cabeamento aéreo, utilizando os postes da concessionária de energia elétrica, mostra-se a opção mais apropriada para a área, levando em conta o custo-benefício, a simplicidade na implantação e na manutenção. O investimento total previsto mostra-se alinhado com o retorno esperado, especialmente considerando o número de unidades residenciais a serem atendidas. Portanto, é possível concluir que a implementação da rede FTTH nas localidades de Juá, Jurema, Tabocas e Melancia de Cima terá um impacto significativo na inclusão digital da população rural, melhorando o acesso à educação, ao trabalho remoto, à comunicação e ao desenvolvimento econômico local. No contexto geral, o projeto não só atende as demandas atuais de conectividade da região em estudo, mas também cria fundamentos para o desenvolvimento tecnológico e social das comunidades rurais de Itatuba–PB. Além disso, ajuda a diminuir a desigualdade digital e a melhorar a qualidade de vida dos habitantes.

## REFERÊNCIAS

- [1] CASA DO WIRELESS, “CASA DO WIRELESS”. [Online]. Available: <https://casadowireless.com.br/ftth-o-que-e/> [Acesso em 20 de Outubro 2024].
- [2] IBGE, “Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística,” 22 Dezembro 2023. [Online]. Available: <https://cidades.ibge.gov.br/>. [Acesso em 10 de Abril de 2024].
- [3] WIKIPEDIA, “WIKIPEDIA” 05 out 2024. [Online]. Available: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_%C3%B3ptica/](https://pt.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica/). [Acesso em 19 Outubro 2024].
- [4] José Maurício S. Pinheiro, Redes Ópticas de Acesso em Telecomunicações, Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.
- [5] MAXDICAS, “MAXDICAS” 4 jun, 2021. [Online]. Available: <https://maxdicas.com.br/o-que-e-fibra-optica-entenda-como-essa-tecnologia-funciona/>. [Acesso em 20 Outubro 2024].
- [6] G. AGRAWAL, Sistemas de comunicação por fibra óptica, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- [7] PUC, “PUC” [Online]. 10 maio 2021. [Online]. Available: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/5261/5261\\_3.PDF/](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/5261/5261_3.PDF/) [Acesso em 21 outubro 2024].
- [8] G. KEISER, Comunicações por fibras ópticas, Porto Alegre: AMGH, 2014.
- [9] FIBRACEM, “FIBRABEM” [online] 08 março 2019. [Online]. Available: <https://www.fibracem.com/o-que-difere-uma-onu-de-uma-ont/> [Acesso em 25 de outubro 2024].
- [10] SLIDESHARE, “SLIDESHARE” 30 de julho de 2016. [Online] Available: <https://pt.slideshare.net/WellingtonMartins21/fibra-ptica-perdas-na-rede-pon#1> [Acesso em 01 de novembro 2024].

|                                                                                   |                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|  | <b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA</b> |
|                                                                                   | Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850                            |
|                                                                                   | Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB) |
|                                                                                   | CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200                   |

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC - VERSÃO FINAL

|                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| Assunto:             | TCC - VERSÃO FINAL  |
| Assinado por:        | Adriana Oliveira    |
| Tipo do Documento:   | Projeto             |
| Situação:            | Finalizado          |
| Nível de Acesso:     | Ostensivo (Público) |
| Tipo do Conferência: | Cópia Simples       |

Documento assinado eletronicamente por:

- Adriana da Silva Oliveira, ALUNO (20172430033) DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES - JOÃO PESSOA, em 27/02/2026 14:38:06.

Este documento foi armazenado no SUAP em 27/02/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1782220  
Código de Autenticação: f056c1907b

