

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
ESPECIALIZAÇÃO EM TELEINFORMÁTICA E REDES DE COMPUTADORES**

**RODRIGO RUIZ PALOMA**

**ESPECIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES ÓPTICAS DE USINAS  
HIDRELÉTRICAS DE GRANDE PORTE**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA  
2014**

RODRIGO RUIZ PALOMA

**ESPECIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES ÓPTICAS DE USINAS  
HIDRELÉTRICAS DE GRANDE PORTE**

Monografia de Especialização, apresentado ao Programa de Pós Graduação em Teleinformática e Redes de Computadores, do Curso de Especialização em Teleinformática e Redes de Computadores do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para o título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Valmir de Oliveira.

CURITIBA  
2014

RODRIGO RUIZ PALOMA

**ESPECIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES ÓPTICAS DE USINAS  
HIDRELÉTRICAS DE GRANDE PORTE**

Esta Monografia foi julgada e aprovada como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Teleinformática e Redes de Computadores, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 25 de setembro de 2014.

---

Prof. Augusto Foronda, Dr.  
Coordenador de Curso

**ORIENTAÇÃO**

---

Prof. Valmir de Oliveira, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Orientador

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Valmir de Oliveira, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Augusto Foronda, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## **AGRADECIMENTOS**

À minha esposa Silvana, pela paciência e incentivo durante todo este árduo percurso de estudos.

O autor agradece de maneira muito especial ao Engenheiro Valmir de Oliveira e também aos Engenheiros José Aparecido Xavier de Souza, José Eduardo Ceccarelli, Alceni Serio e Moacir de Oliveira. Todos estes de alguma maneira fizeram com que fosse possível a realização deste trabalho.

## RESUMO

PALOMA, Rodrigo R. Especificação dos Sistemas de Comunicações Ópticas de Usinas Hidrelétricas de Grande Porte. 2014, 56f. Monografia de Especialização (Especialização em Teleinformática e Redes de Computadores). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

O projeto da disciplina de telecomunicações de usinas hidrelétricas de grande porte deve ser elaborado considerando todas as necessidades do empreendimento como comunicação com o meio externo e transmissão de informações entre as áreas internas da usina afim de que não haja interrupções na geração ou deixar o empreendimento inseguro. Desta forma, equipamentos e materiais que compõem os sistemas de comunicações, neste caso o óptico, deverão ser especificados com requisitos e demandas que forneçam os serviços necessários exigidos para o início de operação do empreendimento bem como visando possíveis alterações, ampliações e futuras modernizações. Estas especificações são baseadas principalmente nas condições físicas do empreendimento, taxa de transmissão, confiabilidade, qualidade e segurança das informações transmitidas e descritas com as necessidades requeridas por normas e organizações nacionais e internacionais.

**Palavras-chave:** Especificação técnica. Usinas Hidrelétricas. Comunicações Ópticas.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Chegada de cabo OPGW ao topo do pórtico .....	26
Figura 2 – Detalhe da ferragem de chegada de cabo OPGW e CEO .....	26
Figura 3 - Níveis Hierárquicos do Sistema PDH.....	31
Figura 4 – Inserção/extração de canal de 2 Mbps em Sistema PDH.....	32
Figura 5 – Quadro STM-N .....	35
Figura 6 - Detalhe de sustentação de cabo auto-sustentado .....	46
Figura 7 - Caixa de emenda óptica compatível com OPGW e Auto-sustentado.....	50

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Taxas de transmissão dos níveis STM-N .....	34
--	----

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADSS	Cabos ópticos dielétricos auto-sustentados ( <i>All Dielectric Self Supporting Cable</i> )
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
IEC	Comissão Internacional de Eletrotécnica ( <i>International Electrotechnical Commission</i> )
MSOH	Seção de Cabeçalho Multiplex ( <i>Multiplex Section Overhead</i> )
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OPGW	Cabo Guarda com Fibra Óptica ( <i>Optical Ground Wire</i> )
PBT	Polibutileno Tereftalato
PCM	Modulação por Impulsos Codificados ( <i>Pulse Code Modulation</i> )
PDH	Hierarquia Digital Plesiócrona ( <i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i> )
RDSI	Rede Digital de Serviços Integrados
RSOH	Seção de Cabeçalho de Regeneração ( <i>Regeneration Section Overhead</i> )
SDH	Hierarquia Digital Síncrona ( <i>Synchronous Digital Hierarchy</i> )
SDSC	Sistema Digital de Supervisão e Controle
STM-N	Módulo de Transmissão Síncrono ( <i>Synchronous Transport Module</i> )
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
UV	Ultravioleta
ITU	União Internacional de Telecomunicações ( <i>International Telecommunication Union</i> )



## LISTA DE ACRÔNIMOS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEO	Caixa de Emendas Ópticas
COR	Centro de Operações Remotas
COS	Centro de Operações do Sistema
DIO	Dispositivo de Interface Óptica
SIN	Sistema Interligado Nacional

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	TEMA.....	11
1.1.1	Delimitação do Tema.....	12
1.2	OBJETIVOS .....	12
1.2.1	Objetivo Geral.....	12
1.3	JUSTIFICATIVA .....	12
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	13
<b>2</b>	<b>SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES DA USINA.....</b>	<b>14</b>
2.1	VISÃO GERAL.....	14
2.2	ARQUITETURA DO SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES.....	14
2.2.1	Edificações do Empreendimento .....	15
2.3	DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA.....	15
2.4	SISTEMA DE COMUNICAÇÃO ÓPTICA .....	16
2.4.1	Rede de comunicação Casa de Força – Subestação A.....	16
2.4.2	Rede de comunicação Subestação A – Subestação C.....	17
2.4.3	Rede de comunicação Casa de Força – Subestação B.....	17
2.4.4	Rede de comunicação Casa de Força – Vertedouro .....	17
2.4.5	Rede de comunicação Casa de Força – Tomada d’Água .....	18
2.5	PROJETO DO SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES .....	18
<b>3</b>	<b>SISTEMA ÓPTICO .....</b>	<b>20</b>
3.1	COMPONENTES.....	20
3.1.1	Transmissores ópticos .....	21
3.1.2	Receptores ópticos.....	21
3.1.3	Conectores e Adaptadores .....	21
3.1.4	Regeneradores .....	22
3.1.5	Acopladores .....	22
3.1.6	Atenuadores .....	22
3.1.7	Comutadores de comprimento de onda .....	23
3.1.8	Conversores de comprimento de onda.....	23
3.1.9	Fibra óptica.....	23
3.1.10	Revestimento externo e estruturas.....	23
3.1.11	Dispositivos de interface óptica (DIO) e Caixas de emendas ópticas (CEO) .....	24
3.2	CABOS.....	24
3.2.1	Redes Aéreas .....	25
3.2.1.1	Cabos OPGW .....	25
3.2.1.2	Cabos ópticos dielétricos auto-sustentados ou <i>All Dielectric Self Supporting Cable</i> (ADSS) .....	27
3.2.1.3	Cabos ópticos dielétricos espinados .....	27
3.2.2	Redes Subterrâneas.....	28
3.2.3	Redes Submarinas .....	28
3.2.4	Redes Internas .....	28
3.3	PREMISSAS DA ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA ÓPTICO .....	29
<b>4</b>	<b>SISTEMA DE MULTIPLEXAÇÃO.....</b>	<b>30</b>
4.1	HIERARQUIA DIGITAL PLESIÓCRONA - PDH .....	30
4.1.1	Limitações dos Sistemas PDH.....	32
4.2	HIERARQUIA DIGITAL SÍNCRONA – SDH.....	33

4.2.1	Quadro SDH .....	34
4.2.1.1	Seção <i>Overhead</i> .....	36
4.2.1.2	Contêiner .....	36
4.2.1.3	Contêineres Virtuais .....	37
4.2.1.4	<i>Payload</i> .....	37
4.2.1.5	Ponteiro .....	37
4.2.1.6	Sincronização .....	38
4.3	PREMISSAS DA ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA DE MULTIPLEXAÇÃO ...	38
<b>5</b>	<b>ESPECIFICAÇÕES .....</b>	<b>40</b>
5.1	ESCOPO DE FORNECIMENTO .....	41
5.2	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DO SISTEMA ÓPTICO .....	41
5.2.1	Fibras Ópticas .....	41
5.2.2	Cabo Óptico Dielétrico Para Instalação Subterrânea .....	42
5.2.3	Cabo Guarda com Fibra Óptica – OPGW .....	43
5.2.3.1	Ferragens, materiais para instalação e acessórios para fixação dos cabos .....	44
5.2.4	Cabo Óptico Dielétrico Auto-Sustentado .....	44
5.2.4.1	Ferragens, materiais para instalação e acessórios para fixação dos cabos .....	46
5.3	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DO SISTEMA MULTIPLEXADOR SDH .....	46
5.3.1	Multiplexador SDH .....	46
5.4	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA EQUIPAMENTOS COMPLEMENTARES .....	48
5.4.1	Distribuidor de Interface Óptica – DIO .....	48
5.4.2	Caixa de Emenda Óptica – CEO .....	49
5.4.3	Conectores Ópticos .....	50
5.4.4	Emendas Ópticas .....	50
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>53</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Projetos de usinas hidrelétricas são compostos de projetos de diversas disciplinas como geologia, civil, mecânica, elétrica, automação e telecomunicações.

O projeto da disciplina de telecomunicações deve ser elaborado considerando todas as necessidades do empreendimento, meio externo e interfaces com as demais disciplinas envolvidas.

As redes de telecomunicações em uma usina têm como objetivo atender as necessidades de transmissão de dados e informações de diversos sistemas e subsistemas dentre eles o Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC), proteção, rede de dados colaborativos e operativos, telefonia, Sistemas de Segurança e Acesso, etc..

Estas redes devem prover confiabilidade e qualidade dos dados e informações transmitidos. Além de disponibilizar a comunicação no momento de sua implementação, os sistemas de comunicações devem ser estudados e especificados visando futuras ampliações e modernizações dos sistemas e da usina, pois, os sistemas utilizados neste tipo de empreendimento tem mostrado uma evolução tecnológica acompanhada de uma demanda maior de volume de transmissão.

Este trabalho consiste no estudo e especificação dos sistemas de comunicações ópticas entre as principais estruturas e áreas de um empreendimento, neste caso uma Usina Hidrelétrica fictícia.

### 1.1 TEMA

Especificação dos sistemas de comunicações ópticas de usinas hidrelétricas de grande porte.

### 1.1.1 Delimitação do Tema

Este trabalho visa à especificação dos sistemas de comunicações ópticas de uma usina hidrelétrica de grande porte através de estudos e análise de tecnologias de comunicações via fibra óptica. O empreendimento a ser projetado será uma usina fictícia a fim de poder especificar diferentes topologias de comunicação óptica.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Especificar os sistemas de telecomunicações de uma usina hidrelétrica de grande porte com objetivo de apresentar as principais necessidades do sistema de comunicação óptica de uma usina a fim de estabelecer junto com o fornecedor do sistema a solução mais apropriada para que tenhamos um sistema confiável, flexível e de qualidade.

- Estudos e análise das topologias e arquiteturas para o empreendimento;
- Confiabilidade, segurança e necessidade;
- Padrões e procedimentos de órgãos reguladores, concessionárias e/ou operadoras (Proprietário);
- Tecnologias de sistemas de transmissão ópticos.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Projetos de empreendimentos de grande porte como usinas hidrelétricas, eólicas, fotovoltaicas, plantas industriais, portos, aeroportos, etc. estão em constante crescimento e, portanto, cada vez mais condicionados a implementação de sistemas de telecomunicações

eficientes, confiáveis e seguros. Com este crescimento, o estudo de novas tecnologias e capacitação profissional para elaboração de projetos de telecomunicações torna-se cada vez mais importante.

#### 1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho será realizado em duas etapas. A primeira consiste em estudar todos os aspectos referentes às arquiteturas, protocolos, topologias dos sistemas de telecomunicações e definições dos órgãos reguladores e concessionárias.

O segundo momento se dará com a análise e verificação dos sistemas a serem aplicados no empreendimento considerando-se as necessidades e especificações dos sistemas de comunicações ópticas.

## 2 SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES DA USINA

### 2.1 VISÃO GERAL

Conforme o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), níveis e padrões são requeridos pelos consumidores e definidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para o fornecimento de energia elétrica, onde o ONS deve fornecer um sistema de telecomunicações confiável e de qualidade para a sua operação. (ONS, 2011, submódulo 13.1, p.3).

O sistema de telecomunicações não se restringe à comunicação com o meio externo, o qual é regulamentado pelo ONS para garantir a operação do sistema. O sistema de telecomunicações interno aos empreendimentos deve ser projetado de forma que garanta o fornecimento de energia elétrica aos consumidores bem como todo sistema de proteção, controle, proteção física (CFTV, alarmes, controle de acesso, etc.) e comunicações internas (serviços de voz e dados).

### 2.2 ARQUITETURA DO SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES

A usina em questão é uma usina hidrelétrica fictícia. A arquitetura apresentada no APÊNDICE A serve apenas para orientação dos sistemas e áreas que fazem parte deste estudo.

A topologia da arquitetura apresentada foi baseada na necessidade, custos, confiabilidade e segurança do empreendimento.

Determinados sistemas e comunicações entre as áreas da usina requerem uma maior confiabilidade na transmissão de informações, pois estas informações são preciosas para o controle e segurança do empreendimento.

O sistema de Telecomunicações da usina compreende a transmissão de informação dos sistemas de dados, voz, CFTV e SDSC por meios diversos, entre as áreas ou edificações internas ao empreendimento bem como a comunicação com o meio externo.

A comunicação com o meio externo é realizado a fim de obter o fornecimento de serviços de agentes externos como telefonia e dados bem como de enviar informações para os

operadores do empreendimento, Centro de Operações Remotas (COR), e órgãos reguladores, Centro de Operações do Sistema (COS) e ONS.

Este trabalho resume-se à especificação dos meios, bem como seus equipamentos adjacentes, de transmissão entre as áreas ou edificações internas ao empreendimento.

### 2.2.1 Edificações do Empreendimento

A usina contém as seguintes edificações ou áreas:

- Casa de Força;
- Subestação A;
- Subestação B;
- Tomada d'Água;
- Vertedouro.

Os quais terão as seguintes redes de comunicações:

- Casa de Força – Subestação A;
- Subestação A – Subestação C;
- Casa de Força – Subestação B;
- Casa de Força – Vertedouro;
- Casa de Força – Tomada d'Água.

A Subestação C não faz parte do empreendimento em questão e sim a subestação que esta interligada com a usina em estudo. E é por meio desta linha de transmissão que é feito o escoamento da energia gerada e a comunicação recebida e enviada com o meio externo. Sendo estes dois empreendimentos interligados ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

### 2.3 DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA

A documentação necessária para aquisição do sistema de Telecomunicações de um empreendimento, resumem-se à especificações técnicas, diagramas de blocos, critérios básicos de projeto e lista estimativa de materiais. Demais informações e documentos podem ser requisitados conforme necessidade do projeto.



## 2.4 SISTEMA DE COMUNICAÇÃO ÓPTICA

A escolha do sistema e tecnologias foi baseada considerando-se os seguintes aspectos:

**Condições físicas do empreendimento:** O relevo e disposição das edificações foram analisados para determinar quais seriam os meios utilizados, bem como a facilidade de instalação.

**Taxa de transmissão:** Conforme os dados, canais levantados e previsão futura de instalação e modernização.

**Confiabilidade:** A garantia de o sistema funcionar sem perdas ou uma interrupção que pode causar o seccionamento do empreendimento ao Sistema Interligado nacional (SIN) predomina na escolha do sistema geral. Determinadas redes necessitam além de alto nível de qualidade um excelente nível de confiabilidade.

**Segurança das informações transmitidas:** As informações transmitidas são exclusivas as concessionárias, operadores e órgãos reguladores. O Sistema Digital de Proteção e Controle (SDSC), bem como todo o sistema de proteção física têm informações privilegiadas e restritas, as quais não podem ser adquiridas por pessoas não autorizadas.

Os meios bem como suas fontes são descritas nos itens seguintes.

### 2.4.1 Rede de comunicação Casa de Força – Subestação A

Esta comunicação é definida pela transmissão de dados multiplexados através de meios ópticos em cabos OPGW da linha de transmissão entre Casa de Força e Subestação A. A quantidade de fibras é baseada na necessidade de transmissão multiplexada bem como na necessidade de comunicação ponto a ponto de sistemas e equipamentos, além das fibras reservas para substituição quando houver algum dano, ampliação ou modernização.

A necessidade de multiplexação se deve ao fato da disponibilidade dos diversos canais serem transmitidos em um meio com capacidade de transmissão elevada.

A sua redundância se deve pelo fato de haver sistemas de supervisão, proteção e controle que necessitam, para uma maior confiabilidade, serem redundantes.

#### 2.4.2 Rede de comunicação Subestação A – Subestação C

Esta comunicação é definida pela transmissão de dados multiplexados através de meios ópticos em cabos OPGW da linha de transmissão entre a Subestação A e Subestação C. A quantidade de fibras é baseada na necessidade de transmissão multiplexada bem como na necessidade de comunicação ponto a ponto de sistemas e equipamentos, além das fibras reservas para substituição quando houver algum dano, ampliação ou modernização.

A necessidade de multiplexação se deve ao fato da disponibilidade dos diversos canais serem transmitidos em um meio com capacidade de transmissão elevada.

A sua redundância se deve pelo fato de haver sistemas de supervisão, proteção e controle que necessitam, para uma maior confiabilidade, serem redundantes. Esta definição também esta atrelada nas definições do ONS.

#### 2.4.3 Rede de comunicação Casa de Força – Subestação B

Esta comunicação é definida pela transmissão de dados ponto a ponto através de cabos ópticos dielétricos auto-sustentados da linha de distribuição entre Casa de Força e Subestação B. A quantidade de fibras é baseada na necessidade de transmissão ponto a ponto de sistemas e equipamentos, além das fibras reservas para substituição quando houver algum dano, ampliação ou modernização.

A sua redundância se deve pelo fato de haver sistemas de supervisão, proteção e controle que necessitam, para uma maior confiabilidade, serem redundantes.

#### 2.4.4 Rede de comunicação Casa de Força – Vertedouro

Esta comunicação é definida pela transmissão de dados ponto a ponto através de cabos ópticos dielétricos instalados em banco de dutos entre Casa de Força e Vertedouro. A quantidade de fibras é baseada na necessidade de transmissão ponto a ponto de sistemas e

equipamentos, além das fibras reservas para substituição quando houver algum dano, ampliação ou modernização.

Nesta rede não há necessidade de redundância pelo fato dos sistemas de supervisão, proteção e controle não necessitarem de redundância.

#### 2.4.5 Rede de comunicação Casa de Força – Tomada d'Água

Esta comunicação é definida pela transmissão de dados ponto a ponto através de cabos ópticos dielétricos instalados em banco de dutos entre Casa de Força e Tomada d'Água. A quantidade de fibras é baseada na necessidade de transmissão ponto a ponto de sistemas e equipamentos, além das fibras reservas para substituição quando houver algum dano, ampliação ou modernização.

Nesta rede não há necessidade de redundância pelo fato dos sistemas de supervisão, proteção e controle não necessitarem de redundância.

### 2.5 PROJETO DO SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES

As premissas para a elaboração do projeto do sistema de telecomunicações baseiam-se na arquitetura do sistema a ser adotado, normas regulamentadoras, normas técnicas e critérios de projeto da concessionária e/ou operadora responsável pelo empreendimento.

Os equipamentos e materiais devem ser especificados visando a sua funcionalidade e necessidade, e não somente a arquitetura e demanda inicialmente projetada para o empreendimento, mas para o uso em caso de uma ampliação, modernização ou retaguarda de equipamentos e meios.

Os sistemas de comunicações ópticas em usinas hidrelétricas normalmente são compostos por meios ópticos como cabos dielétricos para instalação interna e externa, cabos ópticos dielétricos auto-sustentados, cabos ópticos dielétricos espinados, cabos OPGW, caixas de emendas ópticas, distribuidores ópticos, equipamentos multiplexadores e switches ópticos.

Demais equipamentos e materiais como vias de cabos, ferragens de sustentação ou ancoragem, etc. devem ser contabilizados como parte do escopo da empresa que irá fornecer e instalar o sistema de comunicação em questão.

### 3 SISTEMA ÓPTICO

A fibra óptica é responsável pelas redes de alta capacidade mais utilizadas atualmente. Além do seu custo ter reduzido consideravelmente nos últimos anos condicionando sua utilização em relação aos meios físicos como cabos de cobre e sistemas de transmissão via rádio.

Segundo Pallares (2001) as redes ópticas fazem-se necessárias por: Capacidade da fibra, capacidade de restauração, redução de custos e serviços de comprimento de onda.

A fibra óptica tem capacidade de transmitir vários sinais em uma mesma fibra, sendo cada sinal transmitido em uma frequência específica. Deste modo é possível a venda de mais banda pela mesma fibra sendo esta condição chamada de Serviços de Comprimento de Onda. Facilidade para o provedor do meio físico já que para o cliente é indiferente, pois é destinado um comprimento específico como se estivesse contratando uma fibra exclusiva.

Analisando a capacidade de restauração, a fibra sendo capaz de transmitir vários sinais, quando na sua perda por rompimento pode causar inúmeros transtornos. A sua restauração quando efetuada na camada óptica é capaz de executar comutações de proteção muito mais rápidas e econômicas do que na camada elétrica. Permitindo assim uma maior segurança às redes ópticas.

Em geral, redes ópticas, condicionam uma redução considerável de materiais, equipamentos, espaço físico e de custos. Sistemas multiplexadores por comprimento de onda têm de disponibilizar atuação na camada elétrica com ou sem tráfego na rede, já o óptico, somente os comprimentos de onda com tráfego terão de ter atuação na camada elétrica. Desta forma reduz-se também o processamento e sistema de gerenciamento de rede.

#### 3.1 COMPONENTES

Para uma rede óptica, desde sua etapa de projeto, devem ser considerados todos os equipamentos e materiais para sua perfeita funcionalidade e máxima eficácia. Fontes, adaptadores, conectores, cabos, comutadores, conversores, etc. devem ser regularizados, normalizados e compatíveis.

### 3.1.1 Transmissores ópticos

Segundo Wirth (2004), os diodos leds e lasers são as principais fontes de radiações ópticas dos transmissores ópticos sendo fabricados com a característica de emitir radiação dentro da janela especificada para o enlace.

Outras características fundamentais, segundo Ribeiro (2006), a largura espectral fornecida deve ser bem estreita, para possibilitar a transmissão com pequena dispersão e permitir a modulação com altas taxas de bits. O tempo de geração de luz também deve ser bem pequeno para condicionar a modulação em frequências bem elevadas. E não menos importante, a fonte deve ser estável em potência e frequência independente das condições ambientais e de aplicação do sistema.

Faz-se necessário análise para escolha entre diodo leds ou lasers quando da especificação técnica de um projeto, ambos apresentam vantagens e desvantagens dependendo da aplicação.

### 3.1.2 Receptores ópticos

Segundo Wirth (2004), os receptores ópticos, também denominados de fotodetectores, são os responsáveis pela conversão dos sinais ópticos recebidos pelas fibras em sinais elétricos. Estes equipamentos têm seu projeto e construção mais complicados do que os transmissores, pois devem assegurar que o sinal recebido tenha o mínimo de distorção, ruído e alto grau de confiabilidade.

### 3.1.3 Conectores e Adaptadores

Meio físico para conexão das fibras ópticas a equipamentos. A escolha dos conectores e adaptadores deve ser muito detalhada e acertada, pois as características

construtivas, matérias primas, instalação bem como a manutenção interferem muito na atenuação do sistema óptico podendo gerar perda de potência significativa.

#### 3.1.4 Regeneradores

Segundo Wirth (2004), quando o enlace óptico tem comprimento maior ao máximo permitido entre as fontes fazem-se necessários a instalação de regeneradores ópticos. Seu uso é muito comum em enlaces interurbanos.

#### 3.1.5 Acopladores

Conforme Siemens (2000), os acopladores tem a capacidade de combinar sinais luminosos de várias fibras ópticas em uma única fibra bem como a sua separação conforme necessidade. O acoplador óptico é um termo genérico utilizado para designar um conjunto de componentes passivos que podem dividir, combinar ou multiplexar sinais ópticos.

#### 3.1.6 Atenuadores

Equipamentos utilizados para adaptação de potência óptica transmitida para concordância aos limites de transmissão dos receptores ópticos.

### 3.1.7 Comutadores de comprimento de onda

Na necessidade de otimização dos cabos ópticos faz-se necessário o uso de comutadores de comprimento de onda, onde a comutação de um sinal óptico pode ser comutada para uma variedade de saídas físicas.

### 3.1.8 Conversores de comprimento de onda

Elemento final da rede óptica cuja função é a conversão do sinal transportado pela rede para os padrões utilizados em sub redes ou sistemas finais.

### 3.1.9 Fibra óptica

Elemento principal do sistema, segundo Siemens, a fibra óptica é denominada multimodo ou monomodo. Onde a multimodo é caracterizada pela propagação de centenas de modos e ainda tem a característica específica do perfil de índice de refração, índice degrau e gradual. A fibra monomodo onde, idealmente, apenas um modo se propaga.

Ainda deve-se ser considerado algumas características para escolha das fibras ópticas como atenuação, largura de banda e dispersão modal.

### 3.1.10 Revestimento externo e estruturas

A construção de cabos ópticos é feita de forma que a fibra não sofra esforços mecânicos que possam danificar seu núcleo. Os revestimentos são feitos de materiais que não propagam chama e são resistentes a intempéries. Normalmente utilizam-se PVC ou polietileno.



O cabo óptico ainda é dotado de componentes que auxiliam minimizando os esforços mecânicos às fibras, garantem as características de transmissão, protegem contra intempéries, roedores, umidade, água, temperaturas elevadas e facilitam a instalação e lançamento de cabos.

Os cabos são classificados pela sua estrutura, as duas diferem pela sua construção e composição. Estas duas classes, *Tight* e *Loose*, o primeiro é conhecido como cabo compacto onde a camada de revestimento de nylon ou poliéster é depositado diretamente sobre a fibra e uma segunda camada de revestimento mais macio é aplicado diretamente sobre o cabo apenas para minimizar os esforços mecânicos. No segundo a fibra fica inserida em um revestimento maior que ela, desta forma a fibra fica solta no interior do revestimento e não absorve todos os impactos que são aplicados no revestimento. No segundo caso, pode-se inserir material específico que impede a entrada de impurezas, umidade e água.

### 3.1.11 Dispositivos de interface óptica (DIO) e Caixas de emendas ópticas (CEO)

Não necessariamente fazem parte de um sistema óptico. Estes dispositivos viabilizam a conectorização dos cabos ópticos nas extremidades do sistema de transmissão. A sua utilização possibilita a conectorização de fibras em sistemas com cabos OPGW para cabos ópticos dielétricos de instalação interna ou externa.

## 3.2 CABOS

Os cabos ópticos podem ser instalados em redes aéreas, subterrâneas, submarinas e internas. De modo geral a escolha baseia-se na definição da fibra, estrutura e características do meio onde serão instalados os cabos.

### 3.2.1 Redes Aéreas

Segundo Siemens, os cabos para instalação aéreas são projetados para proverem excelente performance de transmissão com características construtivas suficientes para evitar danos causados por esforços mecânicos, térmicos e resistentes a intempéries. Estes cabos podem ser:

#### 3.2.1.1 Cabos OPGW

Os cabos guarda com fibra óptica, ou do termo em inglês Optical Ground Wire, consiste no aproveitamento do uso do cabo guarda ou pára-raios para transmissão do meio óptico em seu interior. Como o seu uso é para transmissões em distâncias consideráveis, o uso de fibras monomodo se faz necessária.

A sua instalação é composta de ferragens específicas para sua instalação, sustentação e ancoragem bem como a chegada da linha. Nas figuras 1 e 2 são apresentados detalhes de ancoragem, terminação, conectorização e interface com o meio óptico que será instalado internamente a uma edificação.



**Figura 1 - Chegada de cabo OPGW ao topo do pórtico**  
**Fonte: Autoria própria.**



**Figura 2 – Detalhe da ferragem de chegada de cabo OPGW e CEO**  
**Fonte: Autoria própria.**

### 3.2.1.2 Cabos ópticos dielétricos auto-sustentados ou *All Dielectric Self Supporting Cable* (ADSS)

Estes cabos são instalados abaixo dos cabos de energia de linhas de transmissão ou distribuição. Sua aplicação é vantajosa pela facilidade de instalação, chegada de linha e manutenção. A sua utilização pode ser restrita pelo vão entre torres ou postes. O mesmo deve ser considerado em projeto e especificação a fim do fornecedor prover o cabo adequado. Como o seu uso é para transmissões em distâncias consideráveis, o uso de fibras monomodo se faz necessária.

A sua instalação é composta de ferragens específicas para sua instalação, sustentação e ancoragem.

### 3.2.1.3 Cabos ópticos dielétricos espinados

O sistema espinado ou amarrado consiste na instalação do cabo óptico dielétrico de modo espinado em cabos de energia ou cabos guarda.

A sua instalação é feita com máquina espinadeira, onde o cabo óptico é fixo por meio de fitas aderentes. Normalmente o custo do cabo e instalação é maior que o cabo óptico dielétrico auto-sustentado além de ser mais complicada a manutenção ou substituição do cabo ou um trecho que tenha sido danificado. A sua utilização pode ser restrita pela classe de tensão da linha de transmissão ou distribuição. O mesmo deve ser considerado em projeto e especificação a fim do fornecedor prover o cabo adequado. Como o seu uso é para transmissões em distâncias consideráveis, o uso de fibras monomodo se faz necessária.

### 3.2.2 Redes Subterrâneas

Segundo Siemens, os cabos para instalações subterrâneas são projetados para instalação em bancos de dutos, canaletas ou diretamente enterrados. Estes cabos devem ter revestimentos específicos para não haver danos causados por roedores.

As vias de cabos devem ser identificadas e sinalizadas indicando a instalação de cabos ópticos.

### 3.2.3 Redes Submarinas

Segundo Siemens, os cabos para instalações submarinas devem ser capazes de ficarem submersos sem sofrerem qualquer deformação pela pressão causada pela água. Sua composição pode ter revestimentos de cobre que podem ser utilizados para alimentar repetidores, camadas metálicas trançadas para garantir sua resistência mecânica serem totalmente revestidos para não haver contato com a água e terem uma camada de revestimento externo de polietileno de alta densidade. Como o seu uso é para transmissões em distâncias consideráveis, o uso de fibras monomodo se faz necessária.

A sua instalação é cara bem como a sua manutenção ou substituição de trecho danificado.

### 3.2.4 Redes Internas

A rede interna é composta por cabos e cordões ópticos. São cabos especialmente para instalações internas e podem ser compostos por fibras multimodo ou monomodo, pois normalmente os lances de cabos não têm grandes distâncias.

A sua utilização vem crescendo consideravelmente em redes industriais, prediais e residenciais, pois o custo de um sistema óptico em relação a uma rede tradicional com cabos

metálicos associados com a disponibilidade, confiabilidade dos meios elétricos e vias de cabo tem se tornado mais próximo.

### 3.3 PREMISSAS DA ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA ÓPTICO

Os equipamentos e materiais do sistema óptico devem ser especificados considerando principalmente a confiabilidade e qualidade da transmissão dos sistemas e subsistemas transmitidos.

O sistema óptico deverá prover a necessidade da comunicação da usina no momento de sua implantação, bem como, futuras ampliações e modernizações que possam ocorrer nos diversos sistemas da usina. Em suma, alguns equipamentos e materiais devem ter suas características técnicas sobre dimensionadas para atender estes requisitos.

Em suma, os sistemas aqui descritos têm a sua importância nos sistemas de telecomunicações utilizados atualmente.

Conforme Siemens (2000) a utilização da tecnologia óptica traz vários benefícios dentre eles:

- Rede simplificada, reduzindo drasticamente o quantitativo de equipamentos, espaço físico utilizado para instalação e transmissão além do baixo peso;
- Sistema imune a interferências eletromagnéticas e de radiofrequência.

## 4 SISTEMA DE MULTIPLEXAÇÃO

Hierarquias digitais são utilizadas em todos os meios de transmissão existentes, dentre eles, equipamentos rádio, fibra óptica, transmissão via satélite e outros.

Os padrões de transmissão e multiplexação nas redes, de forma geral, PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*) ou Hierarquia Digital Plesiócrona e SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) ou Hierarquia Digital Síncrona são padrões estabelecidos e recomendados pela *International Telecommunication Union* (ITU).

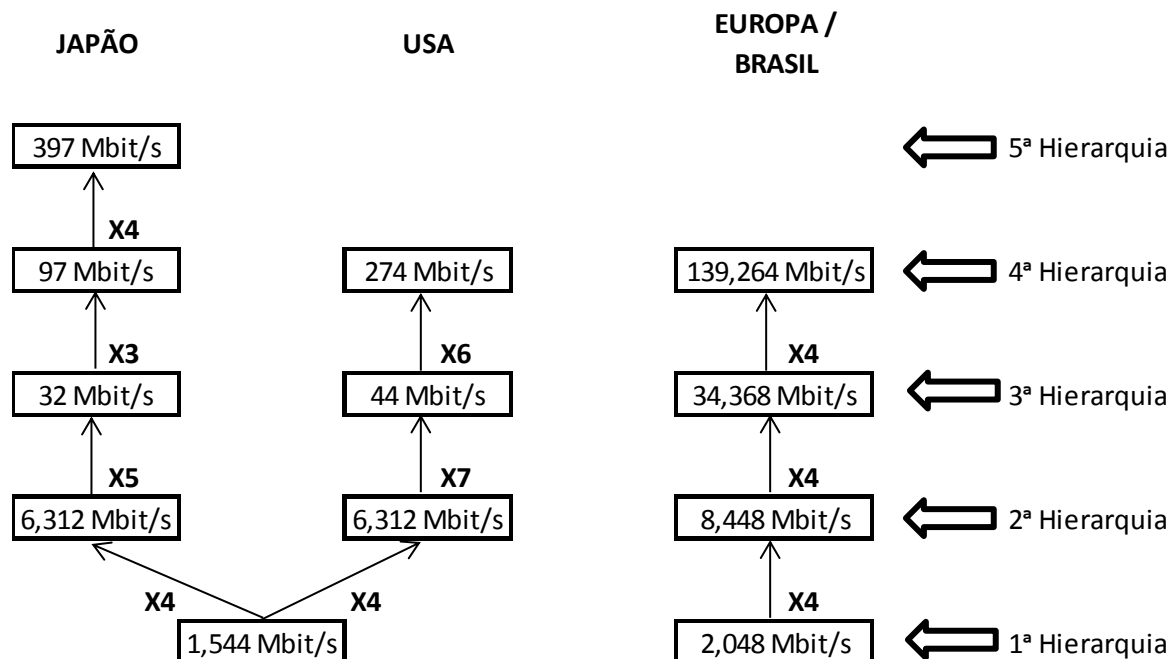
### 4.1 HIERARQUIA DIGITAL PLESIÓCRONA - PDH

Conforme Miyoshi (2002) o padrão foi idealizado como solução para interconexão de centrais de comutação digitais, porém, o seu uso inicialmente foi limitado pelas condições da tecnologia da época de sua introdução. Dentre as limitações que o sistema condicionava seu uso eram a insuficiência tecnológica de componentes eletrônicos, meios de transmissão com largura de faixa limitada, restrição a recursos de gerência e padronização parcial de interfaces tornando a sua utilização cara e limitada.

Conforme Oliveira (2013), o sistema plesiócrono cujo termo vem do grego *Plesíos*, próximo, quase e *Kronos*, tempo, em definição usualmente encontrada na literatura técnica seria *quase síncrono*.

Em um sistema de dois ou mais sinais, tributários, são chamados de plesiócrons quando têm a mesma taxa nominal, mas têm relógios distintos. Ou seja, frequências reais diferentes.

O sistema PDH é dividido em níveis hierárquicos, onde há três hierarquias diferentes no mundo. Ocasionalmente na padronização parcial de interfaces das redes. Na figura 3 são apresentados os níveis hierárquicos adotados no mundo.



**Figura 3 - Níveis Hierárquicos do Sistema PDH**  
**Fonte: Autoria própria.**

Conforme Oliveira (2013), a multiplexagem de tributários pode realizar-se por dois processos:

- Por entrelaçamento de bits, ou;
- Por entrelaçamento de bytes.

Segundo Miyoshi (2002), equipamentos que utilizam multiplexagem PDH recebem sinais gerados por equipamentos distintos. Cada um apresenta um sinal de saída, cuja taxa pode ser ligeiramente diferente da recebida, seja um pouco mais rápida ou mais lenta. Esta diferença de bits recebidos é apresentada na Figura 1 onde é claro que o sinal multiplexado não é igual à proporção da hierarquia anterior. Isto é o resultado do quase sincronismo do sistema PDH. Portanto é necessário que todos os sinais gerados estejam sincronizados. A solução está na inserção de “bits vazios” ou “bits de justificação” os quais são identificados e descartados na demultiplexação para manter o sinal original.

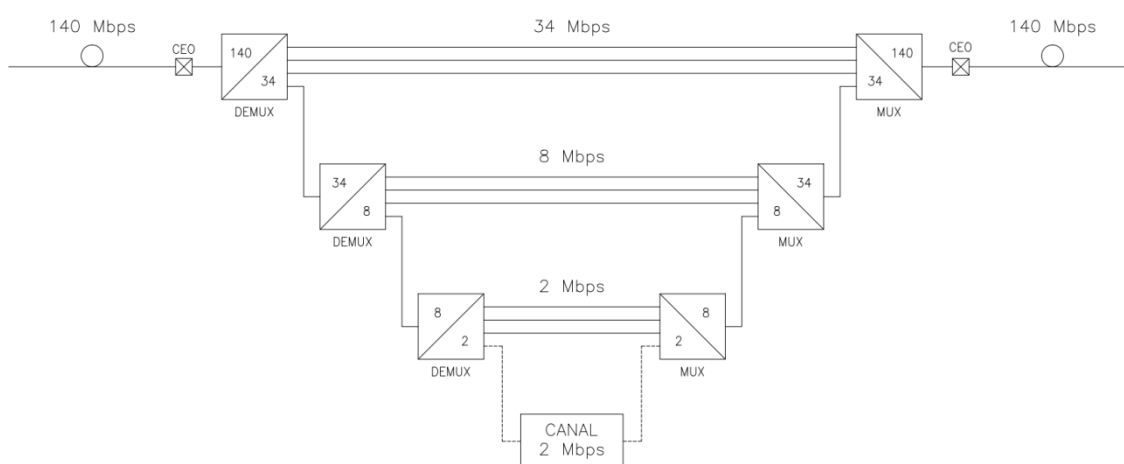


#### 4.1.1 Limitações dos Sistemas PDH

Conforme já mencionado no item anterior, a implantação do sistema PDH inicialmente apresentava limitações como a insuficiência tecnológica de componentes eletrônicos, meios de transmissão com largura de faixa limitada, restrição a recursos de gerência e padronização parcial de interfaces tornando a sua utilização cara e limitada.

Mas com o desenvolvimento e barateamento de equipamentos e materiais o sistema PDH foi amplamente utilizado espalhando canais PCM (*Pulse Code Modulation*, em português, Modulação por Impulsos Codificados) entre centrais telefônicas, para o qual a princípio foi desenvolvido. (Miyoshi, 2002, p.62).

Com a necessidade e aprimoramento de serviços como internet e transferência de dados o potencial de transmissão bem como a confiabilidade tornou-se necessário. Esta necessidade vai contra a uma das grandes limitações do sistema PDH que é a falta de flexibilidade. Um exemplo desta limitação é na ocasião de abrir uma linha de transmissão de PDH de nível hierárquico alto para inserção de um enlace de nível hierárquico baixo, para isto, é necessário demultiplexar até o nível hierárquico do novo enlace e posteriormente a multiplexação até o nível da linha original. Conforme Figura 4.



**Figura 4 – Inserção/extração de canal de 2 Mbps em Sistema PDH**  
**Fonte: Autoria própria.**

Esta configuração resulta em uma tarefa difícil e cara, pois condiciona em gastos com infraestrutura e alocação de equipamentos.

O controle e gerência também são limitações de sistemas PDH. Enlaces E1 podem percorrer grande quantidade de rotas na rede até seu destino ocasionando em uma complexidade de controle e registros do sistema. O gerenciamento em si é restrito a poucos bits utilizados para transporte de informação de gerenciamento, não sendo suficiente para uma gerência abrangente.

#### 4.2 HIERARQUIA DIGITAL SÍNCRONA – SDH

Conforme Oliveira (2013), no momento em que os sistemas PDH não eram suficientes para a demanda das necessidades do mercado, a ITU fez-se necessário publicar recomendações que apresentam um sistema hierárquico síncrono capaz de unificar as velocidades de transmissão e padronização de interfaces mundiais.

Para Jeszensky (2004), o sistema SDH apresenta alta capacidade de transporte de informação, custo menor que seu antecessor, flexibilidade e facilidade de instalação, recursos de manutenção e gerenciamento da rede avançados, permite uma única infraestrutura de rede de telecomunicações podendo interconectar equipamentos de rede de diferentes fabricantes e é compatível com o PDH, preservando os investimentos de operadoras e evitando a obsolescência de equipamentos existentes.

De forma geral o usuário final, seja ele particular ou comercial, vem se tornando cada vez mais dependente de comunicação de dados de altas taxas com altas velocidades combinando com custo e confiabilidade da rede. Serviços como videoconferência, transporte em massa de informação, banco de dados remotos, etc. requerem uma rede flexível e com disponibilidade virtualmente ilimitada. O sistema SDH faz-se importante neste conceito de serviços.

#### 4.2.1 Quadro SDH

O sistema SDH é dividido em níveis hierárquicos, onde no quadro, STM-N significa *Synchronous Transport Module* – nível N, N assume valores inteiros 1, 4, 16 e 64, pois cada nível superior é obtido a partir de 4 tributários do nível hierárquico anterior. Conforme quadro 1.

STM-N	Taxa de transmissão	Observação
STM-1	155,52 Mbps	
STM-4	622,08 Mbps	4 x STM-1
STM-16	2.488,32 Mbps	16 x STM-1
STM-64	9.953,28 Mbps	64 x STM-1

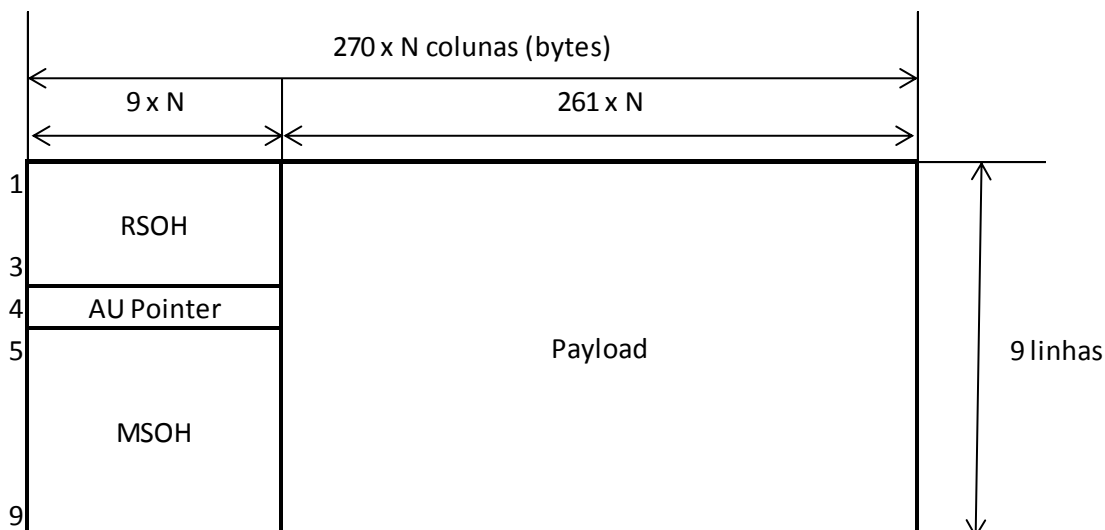
**Quadro 1 – Taxas de transmissão dos níveis STM-N**  
**Fonte: Miyoshi, 2002.**

Como o sistema SDH é baseado no quadro STM-1, o qual têm 2.430 bytes, que duram 125 microssegundos, e são organizados em 270 colunas por 9 linhas. (Miyoshi, 2002, p.63).

A estrutura deste quadro, Figura 5, existe uma seção chamada de *Overhead* que é destinada ao tráfego de informações próprias como gerência, ponteiro, canal de serviço, qualidade de relógio, bytes de reserva para aplicações futuras, entre outras. (Miyoshi, 2002, p.64).

Conforme Miyoshi (2002) a parte do quadro chamada de *Payload*, ou carga útil, representa os dados que queremos transportar. Onde, em cada byte, conjunto de 8 bits, há capacidade de transmissão de 64 kbits/s para compatibilização com canais RDSI, Rede Digital de Serviços Integrados, e voz digital.

Ainda segundo o autor, o feixe STM-N pode carregar vários tipos de enlace multiplexados como o PCM americano de 1,544 Mbps, o enlace E1 de 2,048 Mbps, as hierarquias de 2ª e 3ª ordem americana, as hierarquias de 3ª e 4ª ordem europeia. Dentro do quadro STM-N podem ser intercalados enlaces síncronos, assíncronos e plesiócronicos.



**Figura 5 – Quadro STM-N**  
**Fonte: Autoria própria.**

Onde:

RSOH (*Regeneration Section Overhead*), responsável por:

- Alinhamento do quadro STM-N;
- Identificação do STM-N;
- Verificação de erros, análise de paridade;
- Canal de serviço;
- Canal de dados;
- Canal de usuário.

AU Pointer (*Administrative Unit Pointer*)

- Absorver diferenças de fase entre STM-N e Contêineres Virtuais, VC. Através de justificação positiva e negativa.

MSOH (*Multiplex Section Overhead*), responsável por:

- Canal de serviço;
- Canal de dados;
- Verificação de erros, análise de paridade;
- Informação de alarmes;
- Comutação automática de proteção.

Em uma análise mais específica, o quadro contém a informação, ou carga útil, a ser transportada *Payload*, seção *Overhead* onde concentra informações de gerência e controle e o *Administrative Unit Pointer*, o ponteiro, cuja função genérica é de sincronização dos tributários e quadros de mais alta ordem. A seguir são apresentados de forma simplificada cada um dos elementos e ‘ferramentas’ do quadro STM-N.

#### 4.2.1.1 Seção *Overhead*

Como já apresentado, os bytes do *Overhead* são destinados ao tráfego de informações próprias como gerência, ponteiro, canal de serviço, qualidade de relógio, bytes de reserva para aplicações futuras, entre outras.

De acordo com Oliveira (2013) esta seção é dividida em RSOH que contém informações avaliadas em cada seção de regeneração e em MSOH que contém informações avaliadas somente na seção de multiplex.

#### 4.2.1.2 Contêiner

Conforme Oliveira (2013) a informação a ser transmitida, inserida no *Payload*, deve ser arranjada nos bytes disponíveis para que sejam acomodadas as cargas síncronas ou plesiócronas.

O espaço de cada contêiner é maior do que a própria carga a ser transportada, esta diferença de espaço é complementada com bytes de enchimento fixos cuja função é de alinhamento, isto é, o ajuste da velocidade do sinal plesiócromo. Além do alinhamento há duas formas de obter o ‘ajuste fino’ da velocidade, são elas:

- Bits de controle de justificação que indicam se os bits de oportunidade de justificação transportam ou não informação real no espaço de carga;
- Bits de oportunidade de justificação que são os bits de justificação propriamente ditos representando ou não informação real.

#### 4.2.1.3 Contêineres Virtuais

A cada contêiner é acrescentado um cabeçalho com informações sobre o caminho e conteúdo do contêiner. O mesmo acompanha o contêiner até seu destino final.

Contêineres Virtuais podem ser classificados como de ordem baixa e de ordem elevada.

#### 4.2.1.4 *Payload*

O *Payload* conforme já descrito é a carga útil, informação efetiva a ser transportada.

#### 4.2.1.5 Ponteiro

Conforme Oliveira (2013) o ponteiro é utilizado para sincronização dos tributários e quadros de mais alta ordem. Associado a cada contêiner virtual, o sinal de tributários pode ser transmitido com uma fase diferente daquela do quadro. Esta diferença de fase entre o quadro e o contêiner virtual fica armazenada nos bytes do ponteiro.

Ainda segundo o autor, multiplexadores SDH são controlados por um relógio central de alta precisão operado a 2.048 MHz. Como a implantação dos multiplexadores é em redes reais, sempre haverá variações de fase, considerando que as redes são de diferentes construtores. A utilização do ponteiro constitui na apresentação das variações do relógio da rede em questão. A utilização de ponteiros dá às comunicações síncronas uma vantagem significativa em relação às plesiócronas, os mesmos podem indicar diretamente um contêiner virtual de um nível superior da estrutura STM-1 ou estruturas de ponteiro em cadeia.

O ponteiro favorece a inserção e retirada de canais de usuários sem que haja a desmultiplexação completa do sinal.

#### 4.2.1.6 Sincronização

Se não a mais importante etapa da transmissão de dados numa rede SDH, a sincronização deve ser garantida para que não haja degradação parcial ou total da rede. Para isto é utilizado um relógio central de alta precisão. O mesmo é recomendado pela ITU.

Para Oliveira (2013), o sinal do relógio central deve ser distribuído por toda a rede utilizando-se de uma estrutura hierárquica de unidades subordinadas capazes de suportar a sincronização dos sinais mesmo com a perda de estruturas intermediárias apenas com a função de comutação de fontes.

A comutação é feita em redes com arranjo ponto a ponto ou anel, ambos fazem uso de circuitos e/ou componentes reservas para comunicação alternativa.

### 4.3 PREMISSAS DA ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA DE MULTIPLEXAÇÃO

Em suma, os sistemas aqui descritos têm a sua importância nos sistemas de telecomunicações utilizados atualmente.

Tratando-se de benefícios e desenvolvimento tecnológico dos sistemas, a escolha dos equipamentos e sistemas a serem implantados devem ser considerados: canais e suas taxas de transferência, meios de comunicação, análise de ampliação e modernização da rede, tipo de empreendimento a que se destina a rede, etc..

Conforme Miyoshi (2002) o sistema SDH traz vários benefícios dentre eles:

- Rede simplificada, reduzindo drasticamente o quantitativo de equipamentos, espaço físico utilizado para instalação;
- Economicamente mais barato em manutenção e consumo de energia;
- Facilidade de inserção de enlaces;
- Apresenta capacidade de gerenciamento e controle. A rede é constantemente supervisionada;
- O sistema é gerenciado e controlado por software onde é possível detectar falhas, avaliar o desempenho, configurar o sistema e equipamentos,

implementar segurança, etc. minimizando a necessidade de equipe de manutenção;

- Padronização de equipamentos possibilitando a interconexão de redes SDH de fabricantes distintos.



## 5 ESPECIFICAÇÕES

Neste capítulo são apresentados os requisitos mínimos a serem disponibilizados nos equipamentos e materiais dos sistemas de comunicações ópticas que fazem parte deste trabalho.

Além das características apresentadas nesta Especificação Técnica, os equipamentos e sistemas elétricos, eletrônicos, digitais e de telecomunicações deverão ser projetados, fabricados, ensaiados, testados, montados e postos em operação de acordo com as últimas edições das Normas e organizações nacionais e/ou internacionais listadas nesta seção.

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações;
- ANSI - *American National Standards Institute*;
- ASTM - *American Society for Testing and Materials*;
- DIN - *Deutsches Institute für Normung*;
- EIA - *Electronic Industries Association*;
- IEC - *International Electrotechnical Commission*;
- IEEE - *Institute of Electrical and Electronics Engineers*;
- IETF - *Internet Engineering Task Force*;
- ISA - *Instrument Society of America*;
- ISO - *International Organization for Standardization*;
- ITU-T - *International Telecommunication Union – Telecommunication*;
- NEC - *National Electrical Code*;
- NEMA - *National Electrical Manufacturers Association*;
- NFC - *National Fire Code*;
- NFPA - *National Fire Protection Association*;
- ONS - Operador Nacional do Sistema;
- TIA - *Telecommunications Industry Association*.

## 5.1 ESCOPO DE FORNECIMENTO

O Fornecimento dos sistemas, equipamentos e materiais inclui: projeto, fabricação, inspeção, pré-montagem e ensaios na fábrica, embalagem para transporte, transporte da fábrica até o canteiro de Obras da usina em questão, supervisão de montagem e testes finais de campo e comissionamento.

Quaisquer itens não explicitamente citados nesta Especificação Técnica, mas considerados necessários para a correta operação dos equipamentos, deverão ser incluídos no fornecimento.

## 5.2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DO SISTEMA ÓPTICO

### 5.2.1 Fibras Ópticas

As fibras dos cabos dielétricos deverão ser fabricadas a partir de sílica com as seguintes características, as quais deverão ser premissas para especificação dos diversos tipos de cabos abaixo itemizados:

- Modo de propagação: monomodo;
- Comprimento de onda de operação: 1550 nm;
- Atenuação óptica admissível: conforme normas pertinentes;
- As fibras ópticas deverão manter integridade óptica e mecânica quando expostas a temperaturas operacionais extremas;
- Dispersão: Deslocada, utilizadas em sistemas de longa distância e altas taxas de transmissão;
- Dispersão cromática:  $\leq 18$  ps/(nm.km) para comprimento 1550 nm;
- Raio mínimo de curvatura: 6 vezes o diâmetro sobre o elemento óptico;
- Esforços mecânicos: conforme normas pertinentes. Todas as fibras deverão estar sujeitas ao *proof test* de 0,69 GN/m<sup>2</sup> durante 1 (um) segundo, efetuado pelo fabricante da fibra em 100% do fornecimento;
- Diâmetro: conforme normas pertinentes.

### 5.2.2 Cabo Óptico Dielétrico Para Instalação Subterrânea

Os cabos ópticos dielétricos para instalação subterrânea serão utilizados para interligar equipamentos, instrumentos e painéis externamente aos prédios ou entre edificações, os mesmos deverão apresentar as seguintes características:

- Tipo de instalação: subterrânea;
- Modo de propagação: monomodo;
- Comprimento de onda de operação: 1550 nm;
- Atenuação óptica admissível: conforme normas pertinentes;
- Dispersão: Deslocada;
- Dispersão cromática:  $\leq 18$  ps/(nm.km) para comprimento 1550 nm;
- Elemento central: material dielétrico;
- Tipo de cabo: *Loose*;
- Núcleo do cabo: geleado;
- Totalmente dielétrico;
- Quantidade de fibras ópticas: 12;
- Os elementos de proteção das unidades básicas devem ser preenchidos com compostos não higroscópicos que assegure o enchimento dos espaços intersticiais;
- Elemento de tração não metálico em fibras de aramida e dimensionado para suportar as tensões mecânicas durante a instalação e proteger o cabo durante a operação e manutenção dos mesmos. O mesmo não poderá causar acréscimo de atenuação aos elementos ópticos;
- Revestimento primário: acrilato curado com UV;
- Revestimento secundário: material termoplástico retardante a chama;
- Revestimento interno: Polietileno ou copolímero;
- Revestimento externo: Polietileno ou copolímero com características de não propagação, auto extinção de fogo, resistente à umidade/água e raios UV e resistente a degradação devido a campos elétricos (Resistência ao trilhamento);
- Revestimentos deverão ser removíveis para permitir a confecção de emendas e terminações;

- Deverá conter um cordão de rasgamento (*Rip Cord*) sob o revestimento secundário;
- As fibras ópticas dos lances fabricados deverão ser contínuas, não sendo permitidas emendas durante sua fabricação;
- Raio mínimo de curvatura: 6 vezes o diâmetro sobre o elemento óptico;
- Identificação das fibras e tubos por código de cores;
- Gravação externa da identificação do cabo conforme norma pertinente.

### 5.2.3 Cabo Guarda com Fibra Óptica – OPGW

Cabos Guarda com Fibra Óptica - OPGW (*Optical Ground Wire Aerial Cable*) são instalados em linhas de transmissão de energia com dupla função: Substituir o cabo guarda convencional (proteção contra curto-circuito e descarga atmosférica) e fornecer um sistema de comunicação óptico.

As fibras ópticas deverão ser alojadas num tubo especial de forma não aderente preenchido com composto geleado.

As características físicas do cabo metálico são as definidas em documento específico não fazendo parte deste trabalho. E as características do cabo óptico deverão apresentar as seguintes características:

- Tipo de instalação: Interno ao cabo guarda;
- Modo de propagação: monomodo;
- Comprimento de onda de operação: 1550 nm;
- Dispersão: Deslocada;
- Dispersão cromática:  $\leq 18$  ps/(nm.km) para comprimento 1550 nm;
- Atenuação óptica admissível: conforme normas pertinentes;
- As fibras ópticas deverão manter integridade óptica e mecânica quando expostas a temperaturas operacionais extremas;
- Tipo de cabo: *Loose*;
- Núcleo do cabo: geleado;
- Totalmente dielétrico;
- Quantidade de fibras ópticas: 24;

- Revestimento primário: acrilato;
- Revestimento secundário: polibutileno tereftalato, PBT;
- Proteção contra temperatura em poliaramida;
- Revestimentos deverão ser removíveis para permitir a confecção de emendas e terminações;
- As fibras ópticas dos lances fabricados deverão ser contínuas, não sendo permitidas emendas durante sua fabricação;
- Identificação das fibras e tubos por código de cores;
- Gravação externa da identificação do cabo conforme norma pertinente.

#### 5.2.3.1 Ferragens, materiais para instalação e acessórios para fixação dos cabos

Os requisitos técnicos para o fornecimento das ferragens, materiais e acessórios são:

- Deverão ser utilizadas ferragens galvanizadas pré-formadas para a ancoragem do cabo OPGW;
- Deverão ser fornecidas as ferragens, materiais e acessórios necessários para a fixação do cabo OPGW.

#### 5.2.4 Cabo Óptico Dielétrico Auto-Sustentado

Os cabos ópticos dielétricos auto-sustentados, ou *ADSS All Dielectric Self Supporting Cable*, serão instaladas ao longo das linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica e serão fixados abaixo dos cabos de energia.

Os cabos ópticos dielétricos auto-sustentados deverão ter as seguintes características mínimas:

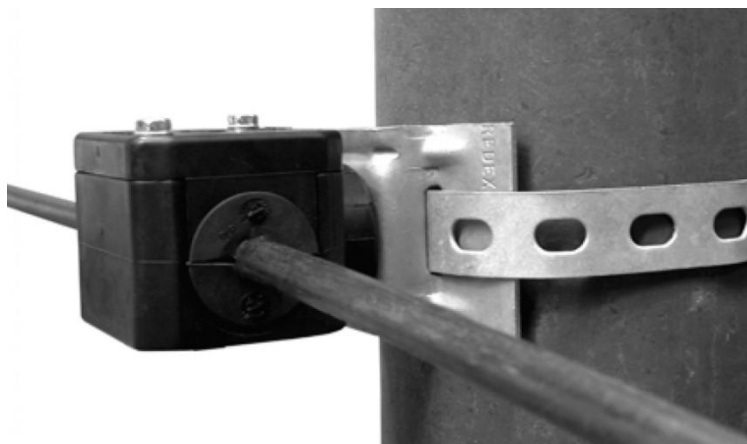
- Tipo de instalação: Externa aérea - auto-sustentado;
- Modo de propagação: monomodo;
- Comprimento de onda de operação: 1550 nm;
- Quantidade de fibras ópticas: 24;

- Dispersão: Deslocada;
- Dispersão cromática:  $\leq 18$  ps/(nm.km) para comprimento 1550 nm;
- Vão máximo: 200 m;
- Atenuação óptica admissível: conforme normas pertinentes;
- As fibras ópticas deverão manter integridade óptica e mecânica quando expostas a temperaturas operacionais extremas;
- Tipo de cabo: *Loose*;
- Núcleo do cabo: geleado;
- Elemento central: material dielétrico;
- Totalmente dielétrico;
- Os elementos de proteção das unidades básicas devem ser preenchidos com compostos não higroscópicos que assegure o enchimento dos espaços intersticiais;
- Elemento de tração não metálico em fibras de aramida e dimensionado para suportar as tensões mecânicas durante a instalação e proteger o cabo durante a operação e manutenção dos mesmos. O mesmo não poderá causar acréscimo de atenuação aos elementos ópticos;
- Revestimento primário: acrilato curado com UV;
- Revestimento interno: Polietileno ou copolímero;
- Revestimento externo: Polietileno ou copolímero com características de não propagação, auto extinção de fogo, resistente à umidade/água e raios UV e resistente a degradação devido a campos elétricos (Resistência ao trilhamento);
- Revestimentos deverão ser removíveis para permitir a confecção de emendas e terminações;
- Deverá conter um cordão de rasgamento (*Rip Cord*) sob o revestimento externo;
- As fibras ópticas dos lances fabricados deverão ser contínuas, não sendo permitidas emendas durante sua fabricação;
- Raio mínimo de curvatura: 6 vezes o diâmetro sobre o elemento óptico;
- Identificação das fibras e tubos por código de cores;
- Gravação externa da identificação do cabo conforme norma pertinente.

#### 5.2.4.1 Ferragens, materiais para instalação e acessórios para fixação dos cabos

Os requisitos técnicos para o fornecimento das ferragens, materiais e acessórios são:

- Deverão ser utilizadas ferragens galvanizadas pré-formadas para a ancoragem do cabo dielétrico aéreo;
- Deverão ser fornecidas as ferragens, materiais e acessórios necessários para a fixação do cabo óptico dielétrico auto-sustentado.



**Figura 6 - Detalhe de sustentação de cabo auto-sustentado**  
**Fonte: Catálogo de produtos PLP Brasil.**

### 5.3 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DO SISTEMA MULTIPLEXADOR SDH

#### 5.3.1 Multiplexador SDH

Os requisitos técnicos para o fornecimento dos equipamentos multiplexadores ópticos dos sistemas de telecomunicações são:

- Alimentação: Redundante;
- Deverá possuir uma interface gerenciável capaz de efetuar configurações, monitoração e controle do sistema e efetuar testes via SNMP;
- A ser instalado em bastidores metálicos ou *racks* de 19”;

- Deverá ser fornecido completo com todos os acessórios de fixação aos bastidores ou *racks*;
- O equipamento deverá ser de construção modular capaz de receber módulos e placas de forma a atender uma possível expansão de velocidade e interfaces;
- Entrada e saída de cabos pela parte traseira;
- Compatibilidade com o sistema de proteção na camada óptica e com as arquiteturas SDH: linear (MSP), anel (SNCP e MS-SPRing) e malha;
- Deverá ter código corretor de erro nas interfaces superiores de transmissão;
- Deverá fornecer alto nível de compactação;
- Possuir sinaleiros com leds de alto brilho para sinalização do estado da rede;
- Indicação e sinalização local e remota para falha na fonte de alimentação, na unidade de codificação/decodificação, recepção de tributários, perda de alinhamento do quadro, falta de *clock* de transmissão, excessiva taxa de erro detectada no sinal de alinhamento de quadro;
- Capacidade de conexão cruzada (*Crossconnection*) de canais de 64 kbps entre feixes de 2 Mbps;
- A matriz de roteamento (*Crossconnection*) do equipamento deverá apresentar proteção por redundância sem interrupção da operação em caso de falha de uma interface principal;
- Todas as interfaces deverão ser identificadas;
- 4 interfaces ópticas SDH – STM-16 em placas distintas com sinal de saída óptica redundante (1+1) em fibra monomodo na janela de 1550 nm com proteção linear (MSP), anel (SNCP e MS-SPRing) e malha;
- 4 interfaces Ethernet Base-T 10/100/(1000) Mbps auto configuráveis distribuídas em duas (2) placas de interface distintas;
- Interfaces de tributário PDH/PCM com proteção 1:1:
  - 252 x E1;
  - 18 x E3;
  - 18 x DS-3;



- 72 x PCM.
- Interfaces (contatos secos) para telecomando e alarmes;
- A potência de transmissão, o limiar de recepção e a dispersão cromática de cada interface deverão ser compatíveis com os níveis determinados pelo dimensionamento do enlace óptico;
- Conjunto de softwares do sistema de gerência com suas respectivas licenças;
- Deverá atender aos padrões de desempenho das normas aplicáveis.

## 5.4 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA EQUIPAMENTOS COMPLEMENTARES

### 5.4.1 Distribuidor de Interface Óptica – DIO

Os Distribuidores de Interface Ópticas deverão ter as seguintes características mínimas:

- A ser instalado em sub-bastidor padrão 19” e montados em bastidores metálicos ou *racks*;
- Capacidade para acomodar 12 ou 24 conexões conforme APÊNDICE A;
- Adaptadores para conexões ópticas externas acessíveis pela parte frontal do Distribuidor Óptico;
- Terminação do cabo óptico com adaptadores do tipo SC, ST ou E2000;
- Deverá ser fornecido com conjunto de materiais e acessórios para conexões e fixação em campo;
- O DIO e módulos devem possuir portas ou tampas para proteger as fibras e cordões de emendas quando estes ficarem expostos;
- O sistema interno de fixação e encaminhamento de unidades básicas, cordões e fibras ópticas dos módulos devem garantir a integridade física, a não ocorrência de tensionamentos, estrangulamentos ou acréscimo de atenuação;

- Cada módulo deve possuir área reservada e facilidades para a sua identificação e numeração sequencial. Os módulos de conexão e emenda devem possuir etiqueta de alerta “CUIDADO, RADIAÇÃO LASER”;
- O módulo de conexão deve permitir a instalação de diferentes tipos de conectores ópticos e ser capaz de permitir a evolução para acomodar novos tipos de conectores ópticos, quando requeridos;
- Os adaptadores ópticos devem ser fornecidos com uma tampa protetora, quando não em uso, para que as pessoas não sofram radiação de luz e para que não entre poeira/sujeira nos mesmos.

#### 5.4.2 Caixa de Emenda Óptica – CEO

As caixas de emendas ópticas deverão ter as seguintes características mínimas:

- As caixas de emendas ópticas deverão ser para instalação externa, à prova de intempéries, com capacidade para, no mínimo, 24 emendas ópticas, devendo ser fornecidas com todos os materiais e acessórios necessários à sua instalação e fixação;
- As emendas ópticas deverão ser feitas por fusão a topo e protegidas por meio de tubetes termocontráteis. Deverão ser dispostas dentro das caixas de emenda de modo a se evitar que as mesmas sejam submetidas a qualquer esforço mecânico;
- Caberá ao Fornecedor a disponibilização dos dados relativos a disposição das fibras ópticas no interior das caixas de emenda;
- Cada emenda óptica deverá ter uma atenuação máxima de 0,1 dB.



**Figura 7 - Caixa de emenda óptica compatível com OPGW e Auto-sustentado**

**Fonte: Catálogo de produtos PLP Brasil.**

#### 5.4.3 Conectores Ópticos

Os conectores ópticos deverão apresentar as seguintes características:

- Tipo de instalação: Interna;
- Modo de propagação: monomodo;
- Tipo: SC, ST ou E2000;
- Atenuação máxima: 0,1 dB.

#### 5.4.4 Emendas Ópticas

As emendas ópticas deverão ser realizadas conforme normas técnicas pertinentes e deverão ter as seguintes características:

- As emendas ópticas deverão ser feitas por fusão a topo e protegidas por meio de tubetes termocontráteis;
- As emendas ópticas deverão ser dispostas dentro das caixas de emenda e deverão ser feitas de modo a evitar que as mesmas sejam submetidas a

qualquer esforço mecânico ou umidade. Os protetores das emendas serão do tipo termocontrátil transparente contendo um elemento metálico em aço inoxidável para reforçar a área de encaixe e um tubo interno para proteção térmica. O Fornecedor deverá fornecer dados sobre a disposição das fibras no interior das caixas de emenda;

- Cada emenda óptica deverá ter uma atenuação máxima de 0,1 dB.

## 6 CONCLUSÃO

Para especificação dos sistemas ópticos e multiplexadores foram considerados e analisados os seguintes aspectos:

- Arquitetura da usina;
- Capacidade de transmissão;
- Confiabilidade e qualidade do sistema de transmissão;
- Necessidades de futuras ampliações e modernização;
- Tecnologias de equipamentos, materiais e sistemas;
- Disponibilidade comercial de equipamentos e sistemas.

A especificação foi elaborada baseando-se nos conhecimentos técnicos adquiridos nas análises literárias e estudo do empreendimento, além da análise de especificações similares e de outras disciplinas para que pudesse otimizar os requisitos requeridos de forma que não fossem apresentadas características e dados já exigidos por normas ou fossem comumente apresentados pelos mais conceituados fabricantes de equipamentos e materiais.

Após a pesquisa de equipamentos e materiais comumente encontrados no mercado observou-se que muitos deles atendem os requisitos apresentados neste trabalho ou o fornecimento é além das especificadas.

O projeto de telecomunicações deste empreendimento é muito particular. Projeto este que não apresenta as características de grandes redes de telecomunicações encontradas em linhas de transmissões de longo alcance e redes metropolitanas.

A dificuldade de elaboração está nos critérios e análise do empreendimento. Ele se tornará dependente do sistema de telecomunicações, pois caso haja uma falta de comunicação entre áreas internas do empreendimento ou com o meio externo poderá ocorrer uma parada inesperada de geração ou o empreendimento poderá estar inseguro e possivelmente haverá penalização da ANEEL sobre o concessionário.

De forma geral os equipamentos e sistemas devem suprir as demandas dos sistemas da usina no momento de sua implantação. Entre os principais fornecedores dos sistemas aqui especificados encontram-se equipamentos e materiais que suprem a necessidade da usina além de oferecerem funcionalidades e disponibilidade aquém da especificada.

## REFERÊNCIAS

ECI TELECOM. Site Oficial. Disponível em < <http://www.ecitele.com/Pages/Default.aspx> > Acesso em: Julho de 2014.

JESZENSKY, Paul J. E. **Sistemas Telefônicos**. Barueri: Manole, 2004.

MIYOSHI, Edson M.; SANCHES, Carlos A. **Projetos de Sistema Rádio**. São Paulo: Érica, 2002.

OLIVEIRA, Valmir de. **Transmissão Digital – Notas de Aula**. Curitiba: Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA. Disponível em:< <http://www.ons.org.br>> Acesso em: Outubro de 2013.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA. **Procedimentos de Rede – Módulo 13: Telecomunicações**, 2011.

PALLARES, Alberto Campos. **Redes e Sistemas de Telecomunicações**. Rio de Janeiro: Brasport, 2001.

PLP BRASIL. Site Oficial. Disponível em < <http://www.plp.com.br/site/> > Acesso em: Agosto de 2014.

RIBEIRO, José Antônio Justino. **Comunicações Ópticas**. São Paulo: Érica, 2003.

SIEMENS Ltda. **Fibras Ópticas: Material Didático do Curso UD8005**. Brasil, 2000.

WIRTH, Almir. **Formação e Aperfeiçoamento Profissional em Fibras Ópticas**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2004.

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Diagramas de blocos representando a arquitetura da usina em questão.

