



**XXII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GTL/19
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - XV

GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL

IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE COMUNICAÇÃO PARA O EMPREENDIMENTO DE 500 KV ENTRE ITAIPU E ANDE

Bruno Marins Fontes (*)
ITAIPU BINACIONAL

Artur da Silva Carrijo
ITAIPU BINACIONAL

Cesar Augusto L. Bado
ITAIPU BINACIONAL

Agustín Rios Baez
ANDE

RESUMO

Este artigo tem por finalidade apresentar o sistema de telecomunicações concebido para a operação da nova linha de transmissão de 500kV entre a Subestação Margem Direita (SEMD), em Itaipu, e a Subestação Villa Hayes (SEVH) em Assunção, no Paraguai. Serão apresentadas as principais características técnicas do sistema incluindo o sistema de transmissão SDH, sincronismo, esquemas de teleproteção, cabos OPGW, sistema de gerência, entre outros. Além de interconectar as duas subestações citadas, o sistema contempla também a integração com mais sete subestações existentes no território paraguaio, sob administração da ANDE (*Administración Nacional de Electricidad*).

A construção da Linha de 500kV e da subestação Villa Hayes faz parte de um grande projeto conduzido pela Itaipu Binacional que tem por objetivos aumentar a disponibilidade, qualidade e confiabilidade do fornecimento de energia ao Paraguai. Trata-se de um projeto estratégico que visa solidificar a operação do sistema interconectado nacional paraguaio e aliviar a demanda sobre as linhas de 220 kV existentes, reduzindo perdas técnicas, interrupções do serviço e aumentando a disponibilidade energética.

PALAVRAS-CHAVE

Subestação, comunicação, SDH, OPGW, teleproteção

1.0 - INTRODUÇÃO

Atualmente a ANDE, *Administración Nacional de Electricidad*, transmite a energia gerada em ITAIPU ao Sistema Interconectado Nacional do Paraguai (SIN), através de quatro linhas de transmissão de 220kV, originadas na Subestação Margem Direita (SEMD), da ITAIPU. A SEMD, por sua vez, se conecta ao setor de geração 50Hz da ITAIPU através de duas linhas de 500kV. Com o objetivo de aumentar a disponibilidade, qualidade e confiabilidade da energia para o Paraguai, ITAIPU está a frente de um projeto denominado empreendimento 500kV, que contempla a construção da subestação de Villa Hayes (SEVH), na região de Assunção, e a construção de uma linha de 500kV, interligando a SEVH com a SEMD. A SEVH, por sua vez, será integrada ao SIN paraguaio através do seccionamento de linhas de 220kV, 66kV e 23kV da ANDE.

Como parte essencial do fortalecimento energético do SIN, surgiu a necessidade de conceber um sistema de comunicação que atendesse plenamente as demandas operativas do novo sistema de 500kV. Como requisitos básicos, o sistema de comunicação deveria suportar o envio de comandos para os esquemas de teleproteção, troca de informações entre sistemas supervisórios, troca de dados de oscilografia, medição de faturamento, além de serviços de voz e dados para os operadores.

Em primeira análise, o sistema de comunicação deveria interligar apenas a SEMD com a SEVH. Porém, ao se analisar mais a fundo os requisitos, verificou-se a necessidade de agregar ao sistema outras subestações

* Usina Hidrelétrica de Itaipu. Foz do Iguaçu, PR - Brasil

Tel: (+55 45) 3520-3070– Email: brunomf@itaipu.gov.br, artursc@itaipu.gov.br, calb@itaipu.gov.py,

existentes da ANDE que, de alguma forma, terão impacto na operação da Linha de 500kV. Desta forma, o escopo do sistema de comunicação foi expandido passando a interconectar 8 (oito) subestações mais o Centro de Controle Nacional (CCN) da ANDE. São elas: Subestação Margem Direita (SEMD) e Subestação Villa Hayes (SEVH), de 500kV, Subestação Carayaó (SECAR), Subestação Coronel Oviedo (SECO), Subestação Puerto Sajonia (SEPS), Subestação Limpio (SELP), Subestação Parque Caballero (SEPC) e Subestação Puerto Botánico (SEPB), de 220kV. É válido ressaltar, ainda, que grande parte das subestações de 220kV citadas operam atualmente de forma desassistida, ou seja, não há troca de informações entre elas.

2.0 - CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE COMUNICAÇÃO

O sistema de comunicação em questão está baseado na tecnologia de transmissão SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) com hierarquia STM-1/STM-4. Em cada subestação será instalado um equipamento multiplexador óptico tipo *add-drop* que é o responsável pela agregação e transporte de todos os serviços de comunicação. Os equipamentos multiplexadores serão conectados ponto-a-ponto, com esquema de proteção MSP 1+1 através de fibras ópticas. Para compor a infraestrutura óptica do sistema, serão instalados cabos OPGW com 36 fibras na nova linha de 500kV e também nas linhas de 220kV da ANDE, que serão seccionadas na SEVH.

Para prover sincronismo primário à rede SDH, estão previstos dois relógios externos com oscilador de quartzo tipo 2, a serem instalados na SEMD e em SEVH. Os relógios fornecem sinal de clock em 2 Mbps e serão conectados diretamente aos equipamentos multiplexadores. O plano de sincronismo, com a descrição das rotas e prioridades, está descrito em um item posterior do artigo.

Dentre os serviços transportados pela rede SDH, tem-se sinais PDH como voz analógica 64 kbps (FXO e FXS) e dados assíncrono tipo V.24/V.28, sinais 64kbps G.703, E1 padrão G.703/G.704 e tráfego ethernet através da tecnologia EoS (*Ethernet over SDH*). É válido ressaltar que na solução de equipamento multiplexador adotada, as interfaces PDH e SDH são integradas em um único chassis, compartilhando o barramento de acesso.

Para atendimento aos requisitos de tráfego ethernet, cada subestação será equipada com dois switches, um para serviços operativos e um para serviços corporativos, conectados diretamente na interface EoS dos multiplexadores. Virtualmente, dentro da rede EoS, todos os switches corporativos estão conectados entre si através do mapeamento de um ou mais VC-12 criando uma rede LAN corporativa para o sistema. Da mesma forma, os switches operativos estão conectados criando uma rede LAN operativa. Dentro da rede EoS, foram criadas diferentes VLANs (*virtual LANs*) para segmentar a rede conforme o tipo de aplicação.

Relativo aos serviços de telefonia, cada subestação será equipada com uma central PABX de pequeno porte com capacidade para 50 ramais analógicos, 10 ramais digitais e ramais IP. O entroncamento entre as centrais será feito via IP, utilizando também os serviços EoS disponíveis na rede SDH. No Centro de Controle da Ande (CCN), o sistema de telefonia privado criado para as subestações será integrado ao sistema telefônico comercial da ANDE, possibilitando a interface com as operadoras de telecomunicações.

Um dos serviços mais importantes transportados pelo sistema de comunicação é a transmissão dos comandos de teleproteção das linhas. Especificamente para a Linha de 500kV, o esquema de proteção proposto utiliza a rede SDH para troca de informações da proteção diferencial e equipamentos OPLAT (Ondas Portadoras de Alta Tensão) para envio de 8 comandos de retaguarda. A comunicação do relé de proteção com o equipamento multiplexador é feita através de um conversor de protocolo C3.94 – G.703. Para as linhas de 220 kV, a troca de informações da proteção diferencial é feita direta relé a relé, com os equipamentos conectados diretamente nas fibras do OPGW, sem utilizar a rede SDH. Como retaguarda, serão utilizados equipamentos OPLAT com 4 comandos.

Especificamente para a Linha de 500kV, foi desenvolvido um sistema de amplificação óptica baseado em equipamentos pré-amplificadores e amplificadores de potência tipo *booster*. É válido ressaltar que a Linha de 500kV tem origem na SEMD e vai direto até a SEVH, totalizando aproximadamente 350km. Porém, o enlace óptico da linha foi dividido em dois segmentos sendo o primeiro entre SEMD e SECAR, com aproximadamente 200km de extensão, e o segundo entre SECAR e SEVH, com aproximadamente 150km de extensão. Essa divisão possibilitou a inclusão das subestações SECAR e SECO no sistema e também simplificou e barateou o sistema de amplificação óptica.

Para alimentar de forma confiável todos os equipamentos citados anteriormente, o projeto contempla também a instalação, em cada subestação, de um painel de alimentação composto por duas unidades conversoras de 125Vcc para 48Vcc. Os conversores foram dimensionados de forma a garantir que uma única unidade seja capaz de suportar a carga de todos os equipamentos instalados, aumentando assim a confiabilidade do sistema. A alimentação de entrada dos painéis vem do serviço auxiliar da subestação, que também é uma fonte de alimentação confiável.

Por fim, para possibilitar o controle e supervisão sobre todo o sistema de comunicação, será implantada uma plataforma de gerência da rede SDH com terminais de acesso no CCN ANDE e na SEMD. O sistema de gerência possui uma interface gráfica que possibilita acessar a configuração de todos os equipamentos multiplexadores e visualizar em tempo real os alarmes e alertas emitidos. Como complemento, os demais equipamentos do sistema como switches, amplificadores ópticos e conversores de alimentação reportam alarmes para os equipamentos multiplexadores da subestação através de interfaces de contato seco. Esses alarmes externos serão integrados na

plataforma de gerência e permitirão aos supervisores do sistema ter uma visão completa sobre o estado de todos os equipamentos da rede.

2.1 Topologia do sistema

A figura 1 apresenta a topologia do sistema de comunicação, diferenciando os enlaces de 500kV e 220kV e mostrando os comprimentos aproximados das linhas. No trecho entre a Subestação Parque Caballero (SEPC) e o CCN ANDE não serão utilizados cabos OPGW, mas sim cabos dielétricos auto-sustentados tipo ADSS instalados pela posteação de uma linha de 23kV existente.

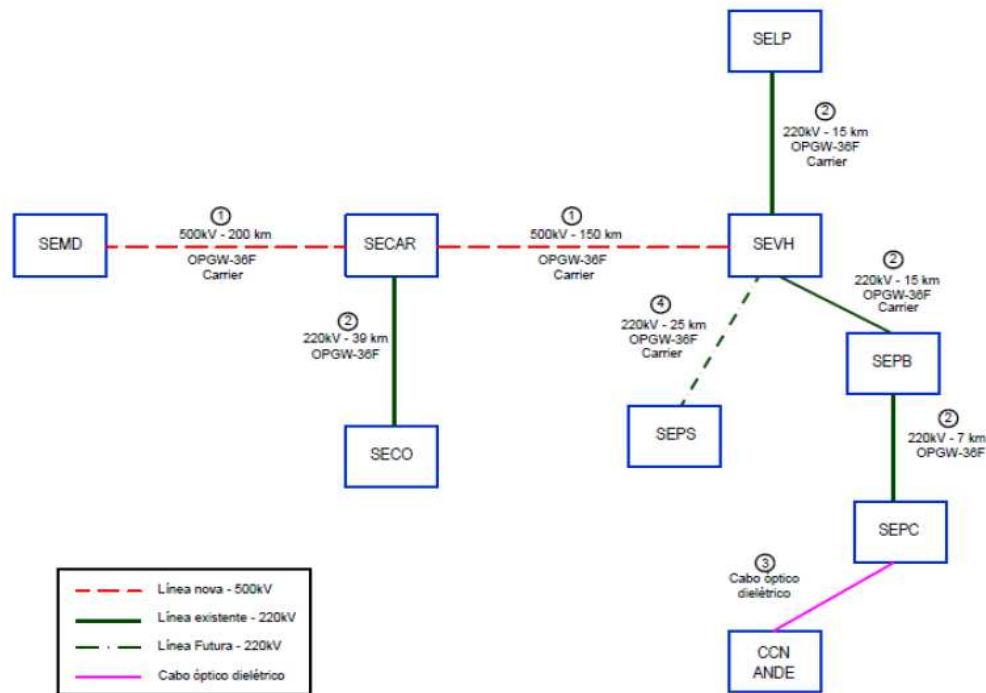


FIGURA 1 – Topologia do sistema de comunicação

2.2 Cabos OPGW

Os cabos OPGW utilizados no sistema possuem fibras ópticas monomodo com padrão de desempenho ITU-T G.652. Os principais parâmetros de desempenho óptico estão listados abaixo. Todos os parâmetros foram utilizados como base para o cálculo de atenuação da linha e posterior orçamento óptico do sistema de transmissão SDH.

- Atenuação na janela de 1550nm = 0,20 dB/km;
 - Diâmetro do campo modal (MFD): 10,5 +/- 0,8 μ m;
 - Não concentricidade do campo modal/casca: $\leq 0,8\mu$ m;
 - Coeficiente de Dispersão Cromática = 18ps/nm.km
 - Perda por emenda fusão = 0,05dB*
- * Valor médio de todas as fusões estimado com base nas características geométricas da fibra

2.3 Multiplexador Óptico

O equipamento multiplexador óptico utilizado no projeto oferece comunicação segura e confiável para sinais em tempo real em instalações com ambiente de temperaturas e umidades severas e interferência eletromagnética elevada. O equipamento, projetado de acordo com as recomendações da ITU-T e padrões ETSI, é capaz de se interligar com outros equipamentos de telecomunicações em PDH (8Mbps) e SDH (STM-1e, STM-1o e STM-4).

O equipamento permite a proteção de canais de 64kbps fim a fim, ou seja, de uma interface (telefonia, dados, teleproteção) à outra. O chaveamento, chamado de proteção de caminho, ocorre de maneira automática do canal principal para o canal em *standby*, permitindo que este chaveamento seja reversível ou não-reversível. Se o tráfego é chaveado para o canal *standby* devido à degradação no canal principal um alarme é indicado. A mudança é feita dentro do multiplexador, sem a utilização do sistema de gerência (*Network Management System*).

Ainda, é possível proteger o sinal STM-1/4 (MSP) na chamada proteção de seção 1+1. O sistema utiliza dois enlaces independentes: um como principal e outro como modo de espera. O equipamento passa automaticamente

para a conexão de espera e gera um alarme se a conexão principal é interrompida ou degradada. Da mesma forma da proteção de caminho, a reconfiguração é feita de forma automática sem o uso do sistema de gerência. Cada interface do equipamento supervisiona as suas funções e fornece indicação visual de alarmes no próprio bastidor além de reportar ao sistema de gerência central da rede SDH.

2.4 Switch Ethernet

Para o sistema de rede LAN, o sistema conta com switches Ethernet equipados com 16 portas elétricas padrão *Fast-ethernet* (100 Mbps) e duas portas ópticas padrão *Gigabit-Ethernet* (GbE) que compõem, juntamente com o multiplexador óptico, o sistema de comunicação de dados operativo e corporativo do projeto. Cada subestação conta com dois equipamentos apropriados para instalação em ambientes de subestação e aplicações de tempo crítico como sinais IEC 61850 e SCADA. Em complemento, para este projeto os switches foram configurados com duas fontes de alimentação internas em 48Vdc.

O modelo de switch utilizado agrega as funções de roteador e switch no mesmo equipamento, possibilitando configurar serviços de camada 2 e 3. Também possui a facilidade de configuração de algumas portas PoE (*Power over Ethernet*), para alimentação de aparelhos telefônicos IP, por exemplo. Relativo aos serviços de camada 3, o switch pode trabalhar com os protocolos RIPv1, RIPv2, OSPFv2 e VRRP.

A conexão entre switches das diferentes subestações é viabilizada através da rede EoS, configurada dentro do sistema SDH. A figura 2 exemplifica o esquema de configuração EoS adotado. Em termos de topologia lógica, os switches são conectados entre si em um esquema *daisy-chain* através do mapeamento de 1xVC-12 (2 Mbps), conforme Figura 3. Caso seja necessário no futuro, a quantidade de VC-12 mapeados para cada enlace pode ser facilmente aumentada até o limite de tributários disponíveis no agregado SDH. A fim de garantir a separação dos diferentes tráfegos dentro da rede EoS, foram criadas 04 VLANs distintas, conforme listado abaixo:

- VLAN-10: Rede Corporativa;
- VLAN-20: Rede Operativa;
- VLAN-30: Entroncamento PABX;
- VLAN-40: Rede de Oscilografia.

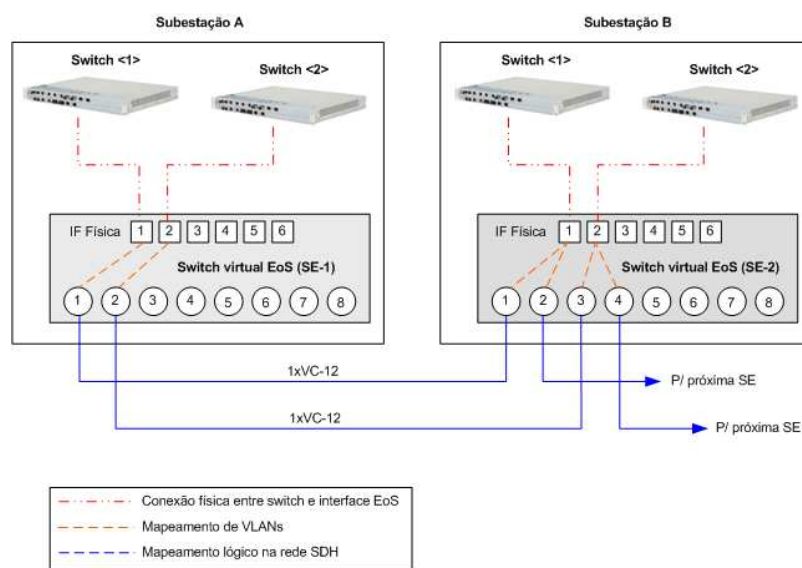


Figura 2 – Mapeamento da rede EoS

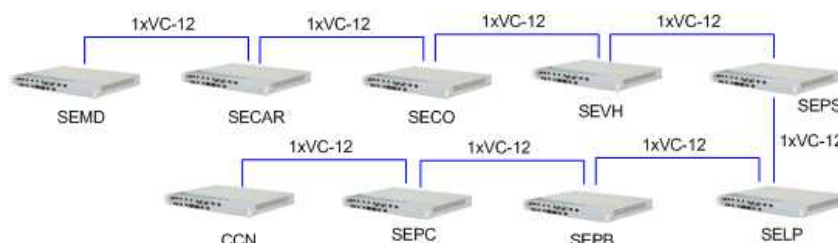


Figura 3 – Topologia lógica da rede LAN

2.5 Amplificador Óptico

Para atender a distância de 200 km via cabo OPGW entre as Subestações Margem Direita e Carayaó e 150km entre as Subestações Carayaó e Vila Hayes foi necessário projetar um sistema de amplificação conectado à saída óptica do equipamento multiplex. O serviço a ser transportado é SDH, na hierarquia STM-1 (155Mbps) e STM-4 (622Mbps), usando lasers com comprimento de onda na janela de 1552,524nm (ITU Canal 31 DWDM). A Tabela 1 mostra de forma resumida as perdas consideradas para os dois enlaces, considerando as perdas na fibra óptica, emendas e incluindo uma margem de segurança de 4dB. A quantidade de emendas foi obtida a partir da lista de construção e bobinas OPGW da linha de 500kV.

Distancia (Km)	Atenuação da fibra (dB/Km)	Catenária (%)	Margem (dB)	Atenuação por emenda (dB)	Atenuação total (dB)
201	0,21	5,00	4,00	0,05	50,55
151	0,21	5,00	4,00	0,05	38,97

Tabela 1 – Perdas calculadas para os enlaces ópticos

O comprimento do cabo OPGW foi considerado, para fins de determinação de dimensões, como sendo 5% superior ao comprimento do enlace. Se incluiu ainda aproximadamente 1.000 (mil) metros referentes aos cabos dielétricos nas subestações. Desta forma, se obteve comprimento total do enlace óptico, que vai desde o conector óptico da saída do transmissor até o conector óptico de entrada do receptor.

A perda total do enlace SEMD-SECAR foi calculada em 50,55 dB, incluindo a margem de 4 dB. Assim, a utilização de amplificador *booster* com 21 dBm de saída e o pré-amplificador integrado com sensibilidade de entrada de -38 dBm proporciona um orçamento de potência de 59 dB, que é suficiente para cobrir as perdas calculadas.

Estes amplificadores permitem a transmissão na faixa de comprimento de onda de 1550nm a 1560nm e exigem que o laser fonte tenha emissão sintonizada em um canal da grade ITU para sistemas DWDM. Para complementar a solução, foi necessário especificar para o multiplexador SDH um SFP DWDM no canal 31 do ITU-T (1552,524nm) com potência óptica típica de +2 dBm. A relação sinal ruído (OSNR) na saída do pré-amplificador foi calculada em 21,6 dB, que está dentro dos parâmetros do SFP.

A perda total do enlace SECAR-SEVH foi calculada em 38,97 dB, incluindo a margem de 4 dB. Da mesma forma do primeiro enlace, o sistema utilizado proporciona um orçamento de potência de 59 dB, na mesma faixa de comprimento de onda. A relação sinal ruído (OSNR) na saída do pré-amplificador será de 34,5 dB, dentro dos parâmetros do SFP. O sistema utiliza para os dois enlaces equipamentos com amplificador *booster* e pré-amplificador integrados em um único chassis, o que agrega versatilidade à solução. As principais características dos amplificadores estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3.

Modo de operação	APC – Controle automático de potência
Potência de saída	Até 23 dBm
Sensibilidade do pré-amplificador	-38 dBm
Comprimento de onda	C1 (1550 a 1560 nm)

Tabela 2 – Características do Amplificador

Tipo	L.12/1550 nm
Comprimento de onda	1552.524 nm (canal 31 ITU DWDM)
Bit rate	155 Mbps a 2.67 Gbps (STM 1/4/16)
Potência de saída	+2 dBm
Sensibilidade	-28 dBm

Tabela 3 – Características do SFP DWDM

O equipamento possui ainda um sistema de monitoramento que é feito através da unidade de controle do amplificador óptico. Este monitoramento pode ser feito via web browser ou através do protocolo SNMP, no qual o mesmo monitora a MIB do amplificador. Para o monitoramento via SNMP, estuda-se integrar os alarmes na gerência do sistema SDH. Na concepção inicial do projeto, apenas um alarme geral via contato seco será reportado para a gerência. Um endereço IP será atribuído ao equipamento possibilitando o acesso através da rede LAN operativa, a partir de qualquer subestação do sistema.

2.6 Sincronismo

Conforme apresentado no descritivo do item 2, o sistema contará com dois relógios externos de sincronismo instalados na SEMD e na SEVH. O sinal de referência primária será sempre extraído do relógio externo, obedecendo a Recomendação ITU-T G.811. Em caso de falha da fonte externa, o oscilador interno do equipamento multiplexador será considerado como referência secundária de sincronismo, entrando neste caso em modo de operação *holdover* (de acordo com a Recomendação ITU-T G.812). O mapa de sincronismo para as demais subestações está apresentado na Figura 4. Nesta configuração o multiplexador da SEMD fornece referência primária para SECAR e SECO e o multiplexador de SEVH fornece referência primária para os demais equipamentos (ver Tabelas 4 e 5).

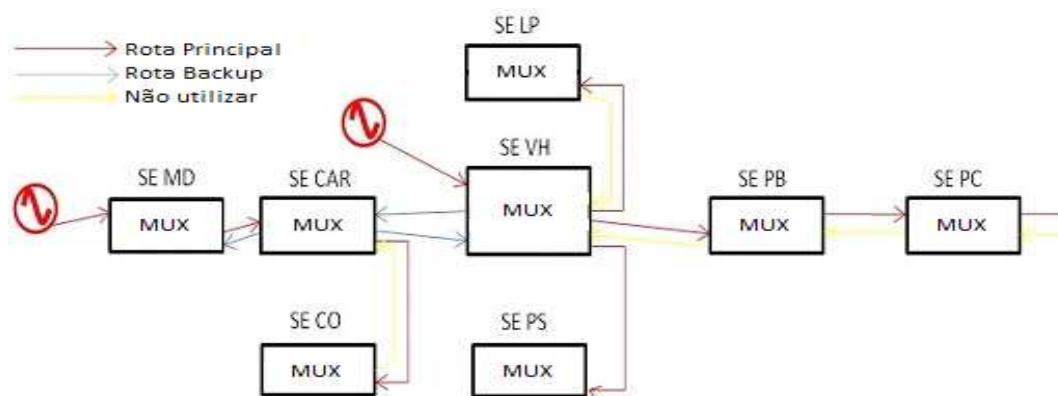


FIGURA 4 – Mapa de sincronismo da rede SDH

Estação	Referência principal	Referência backup	Não utilizar
SEMD	GPS Local	SECAR	-
SECAR	SEMD	SEVH	SECO
SECO	SECAR	-	-

Tabela 4 – Mapa de rotas da SEMD

Estação	Referência principal	Referência backup	Não utilizar
SECAR	SEMD	SEVH	SECO
SEVH	GPS Local	SECAR	SEPS SEPB SELP
SELP	SEVH	-	-
SEPS	SEVH	-	-
SEPB	SEVH	-	SEPC

Tabela 5 – Mapa de rotas da SEVH

2.7 Teleproteção

O esquema de teleproteção adotado para a Linha de 500kV está apresentado na Figura 5. Estão representados apenas os relés da proteção principal. Serão utilizados equipamentos OPLAT para transmissão de 8 comandos de retaguarda e a rede SDH para possibilitar a comunicação relé a relé. Na rede SDH, faz-se necessário configurar o by-pass dos tributários VC-12 oriundos da SEMD e destinados a SEVH. É válido ressaltar que os sinais da proteção primária e alternada possuem tributários VC-12 dedicados e independentes um do outro.

Para viabilizar a conexão dos IEDs de proteção primária e secundária das linhas de transmissão com os multiplexadores ópticos são necessários equipamentos conversores de mídia e protocolo. Os conversores são utilizados para conectar diretamente a interface óptica do equipamento de proteção, padrão IEEE C37.94, com a interface elétrica do equipamento multiplexador óptico, padrão G.703 64kbps. O equipamento conversor possibilita alcançar enlaces de até 2 km sem interferência eletromagnética e degradação significativa do sinal. O equipamento atende à norma "IEEE C37.94-2002, IEEE Standard for N times 64 Kbps Optical Fiber Interfaces between Teleprotection and Multiplexer Equipment". As principais características técnicas do equipamento estão apresentadas na Tabela 6.

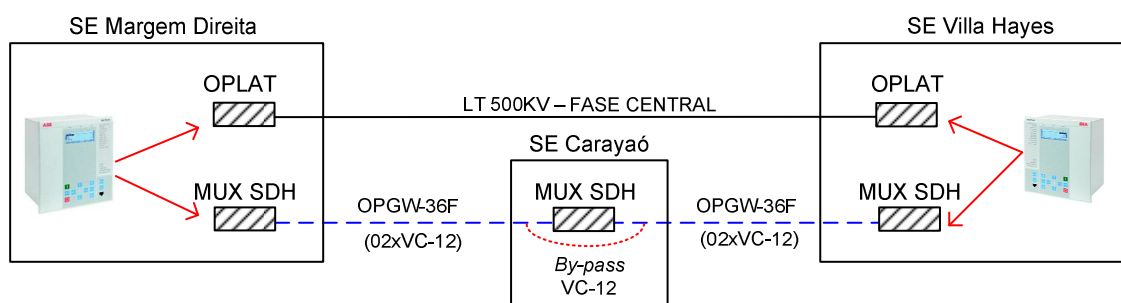


FIGURA 5 – Esquema de teleproteção para LT500kV

Velocidade (óptico)	2048 kbps
Protocolo	IEEE C37.94
Fibra óptica	Multimodo 50/125um ou 62.5/125um, conector ST
<i>Optical System Budget</i>	13dB em 62.5/125um e 9dB em 50/125um
Alcance	Até 2Km
Margem	6dB em 62.5/125um e 3dB em 50/125um
Velocidade (elétrico)	64kbps
Protocolo	G.703, Codirecional

Tabela 6 – Características do Conversor G.703

3.0 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A GESTÃO DO PROJETO

O empreendimento de 500kV está dividido em dois projetos principais sendo o primeiro referente à construção da Linha de 500kV entre SEMD e SEVH e o segundo referente à construção da SEVH e ampliação da SEMD. Os projetos estão sendo desenvolvidos em paralelo e fica evidente a interdependência entre eles e a necessidade de uma coordenação conjunta, principalmente no que diz respeito ao cronograma. O sistema de comunicação apresentado neste trabalho está dentro do escopo do projeto de construção da SE Villa Hayes. Porém, conforme dito anteriormente, seu sucesso depende integralmente do projeto de construção da linha.

O projeto da SE Villa Hayes foi realizado com a filosofia *turn-key*, sendo a contratação feita através de um processo de licitação pública. A empresa vencedora ficou responsável pela elaboração dos projetos, fornecimento de todos os equipamentos, montagem e instalação no campo e testes de aceitação na fábrica e no campo. O início da execução do contrato foi em 2011 e o mesmo encontra-se atualmente em fase de conclusão, com encerramento previsto para o segundo semestre de 2013.

Analisando-se o modelo de relacionamento entre as partes atuantes do projeto, ITAIPU está à frente exercendo um papel de gestão técnica e contratual sobre todo o empreendimento. A ANDE, por sua vez, tem uma atuação importante no papel de cliente/usuário final do sistema. Outra parte envolvida é o Consórcio vencedor da licitação e suas subcontratadas, exercendo o papel de fornecedores e executores da solução. Por fim, tem-se uma empresa de consultoria externa contratada pela ITAIPU para auxiliar na análise técnica dos projetos apresentados.

A execução do projeto iniciou-se com uma etapa preliminar de levantamento de requisitos, definição de escopo, especificação técnica e por fim o processo de aquisição através de licitação pública. Uma vez assinado o contrato, o fluxo de execução foi planejado em seis grandes etapas, sendo elas: *workstatement*, documentação de projeto, testes de aceitação em fábrica, treinamento, montagem e instalação e testes de aceitação em campo.

Especificamente referente ao sistema de comunicação, em função da diversidade de áreas de conhecimento, o projeto foi dividido em dois subprojetos distintos. O primeiro englobando todos os equipamentos e painéis do sistema e o segundo referente aos cabos OPGW das Linhas de 220kV da ANDE. É válido ressaltar que o OPGW da linha de 500kV faz parte do escopo do projeto de construção da linha, e por tanto fora do escopo do projeto em análise.

A primeira dificuldade encontrada no desenvolvimento do projeto do sistema comunicação foi relativa ao tamanho do escopo do fornecimento: No subprojeto de equipamentos são aproximadamente 45 painéis de comunicação que demandaram mais de duzentos documentos de projeto, entre desenhos construtivos, funcionais e executivos, seis semanas de inspeção em fábrica e aproximadamente cinco semanas de treinamento. No subprojeto do OPGW 220kV tem-se 4 linhas nas quais o OPGW irá substituir o cabo pára-raios convencional e uma linha nova em que o OPGW será o primeiro cabo. Destaca-se a atividade de substituição do cabo pára-raios por OPGW como o ponto crítico do projeto, pois demandou um grande esforço na etapa inicial de coleta de informações construtivas das linhas, algumas realizadas através de documentos existentes e algumas através de levantamento de campo. O dimensionamento e projeto de instalação dos cabos OPGW para estes casos mostrou-se complexo e demandou uma série de estudos elétricos e mecânicos para garantir a segurança do lançamento e das condições operativas da linha.

4.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou de forma sucinta as principais características do projeto do sistema de comunicação concebido para suprir às necessidades do novo empreendimento 500kV para o Paraguai. Trata-se de um projeto estratégico e de extrema relevância para o setor elétrico paraguaio. A condução de um projeto desta magnitude se apresentou e ainda é um grande desafio para ITAIPU. Desafio não apenas no aspecto técnico, envolvendo um grau considerável de responsabilidade e tomada de decisão, mas também no aspecto realcionado à gestão do projeto, principalmente no que diz respeito ao alinhamento de interesses e mediação de conflitos entre as diversas partes atuantes.

Dentre os aspectos técnicos, foram apresentadas as características principais dos equipamentos que compõem o sistema. Apesar de não trazer nenhuma inovação significativa sob o ponto de vista tecnológico dos sistemas de telecomunicações, a busca pela obtenção de um sistema de alta disponibilidade e totalmente alinhado com os requisitos operacionais do empreendimento é sem dúvida um fato a ser destacado.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Especificação Técnica 014/10 - *Construcción de la SE Villa Hayes* - VOLUME 4 – Capítulo 39 - *Comunicación*

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Bruno Marins Fontes, 02/09/1984, Cascavel, PR.

Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Telecomunicações, Universidade Federal do Paraná, 2006. Pós-graduação em Redes de Computadores e Telemática, Universidade Federal Tecnológica do Paraná, 2008. Trabalha desde Setembro de 2008 na Itaipu Binacional na Divisão de Engenharia Eletrônica e Sistemas de Controle (ENES.DT).

Artur da Silva Carrijo, 17/11/1981, Franca, SP.

Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia - MG, 2005. Pós-graduação em Automação de Subestações (Norma IEC 61850), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2010. Trabalha desde junho de 2007 na Itaipu Binacional na Divisão de Engenharia de Manutenção Eletrônica (SMIN.DT).