

FERNANDO GOMES DE MELO

**Sistema de Controle e Supervisão de Subestações Retificadoras**

**VLT Santos**

São Paulo

2016

FERNANDO GOMES DE MELO

**Sistema de Controle e Supervisão de Subestações Retificadoras  
VLT Santos**

Monografia apresentada á  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do título  
Especialista em Tecnologia  
Metroferroviária

São Paulo

2016

FERNANDO GOMES DE MELO

**Sistema de Controle e Supervisão de Subestações Retificadoras**  
**VLT Santos**

Monografia apresentada á  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do título  
Especialista em Tecnologia  
Metroferroviária

Área de Concentração:  
Automação e Engenharia de Software

Orientador Dr. Cassiano Lobo Pires

São Paulo

2016

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar o desenvolvimento e implantação do Sistema de Controle e Supervisão de 11 Subestações Retificadoras para o VLT Santos implantando na prática todas as funcionalidades de um sistema de automação de energia com uma filosofia totalmente em IEC 61850 resolvendo assim algumas incompatibilidade de redundância entre equipamentos já conhecidas na área metroferroviária e ao mesmo tempo otimizar a quantidade e qualidade dos equipamentos empregados.

Sendo assim esse é o primeiro VLT movido a tração elétrica em operação no Brasil que tem um sistema de energia totalmente implantado com a filosofia IEC 61850. Portanto é uma oportunidade de demonstrar de forma prática os conceitos adquiridos no curso de tecnologia metroferroviária dentre eles automação, a engenharia de software além da integração de diversos sistemas de fabricantes diferentes.

Com base nestas informações se torna possível fazer uma comparação com sistemas já existentes especialmente na área metroferroviaria já que as diversas linhas surgiram em períodos distintos existe um mix de várias tecnologias de automação

## **LISTA DE SIMBOLOS E ACRÔNIMOS**

- CPFL: Companhia Paulista de força e Luz
- CCO: Centro de Controle Operacional
- CPUs: Central Processing Unit,
- EMTU: Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos
- GOOSE :Generic Object Oriented Substation Event
- IHM: Interface Home Maquina
- IED: Intelligent Electronic Device
- SAM: Sistema de Apoio a Manutenção
- SAM: Serviço de Apoio à manutenção
- STD: Sistema de Transmissão Digital
- SPCS: Sistema de Proteção Controle e Supervisão
- TP, Transformadores de Potencial
- TC, Transformadores de Corrente
- UAC: Unidade de aquisição e Controle
- UPD: Unidade de proteção digital.
- VLT: Veículo Leve sobre Trilhos

## **ABSTRACT**

This study aims to demonstrate the development and implementation of the control system and supervision of 11 rectifier substations for the Light Rail Santos the first electrified modal that is being implemented in Brazil and to demonstrate in a practical way the concepts acquired in the course among them automation software engineering that is being applied in a real situation,

## 1 Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
1.1. Sistema de Supervisão e Controle .....	13
1.2. Normas .....	134
<b>2. Estado da Arte.....</b>	<b>18</b>
2.1. Comparativos arquiteturas convencionais e redes em IEC 61850.....	20
<b>3. Histórico e Principais funcionalidades IEC 61850 .....</b>	<b>24</b>
3.1. Histórico e definições.....	24
3.2. Principais características.....	25
3.2.1 Modelagem de dados .....	25
3.2.2 Comunicação .....	25
3.2.3 Transferência rápida de eventos.....	25
3.2.4 Definindo Grupos.....	25
3.2.5 Transferência de dados amostrados.....	25
3.2.6 Comandos.....	26
3.2.7 Armazenamento de Dados – .....	26
3.3. Sistemas e componentes.....	26
<b>4. Sistema de Controle e Supervisão Subestações Retificadoras VLT Santos.....</b>	<b>28</b>
4.1. Localização físicas dos principais equipamentos.....	28
4.2. Descrição Do Sistema De Proteção Controle E Supervisão Do Vlt Santos.....	30
4.2.1 Generalidades.....	30
4.2.2 Arquitetura do sistema.....	33
4.3. Sistemas .....	40
4.3.1 Sistema supervisório – PACIS OI.....	40
4.3.2 Padrões de telas.....	41
4.3.3 Redes de operação.....	43
4.3.4 Sistema de controle.....	44
4.3.5 Transferência automática de setores.....	44
4.3.5.1 Condições operacionais .....	44
4.3.5.1.1 CON- Condição Operação Normal.....	45
4.3.5.1.2 COE1 – Condição Operacional de Emergência 1.....	45
4.3.5.1.3 COE2 – Condição Operacional de Emergência 2.....	46

4.3.5.1.4 COE3 – Condição Operacional de Emergência 3.....	47
<b>5. Sistemas de proteção.....</b>	<b>49</b>
5.1. Objetivo.....	49
5.2. Condições operativas do sistema .....	50
5.3. Diagrama Unifilar Simplicado .....	51
5.3.1     Setor 1.....	51
5.3.2     Setor 2.....	52
5.3.3     Setor 3.....	53
5.3.4     Setor 4.....	54
5.4. Critérios de projetos adotados LTS de 13,8 KV .....	55
5.5. Tipos de sistemas de proteção utilizados no projeto.....	55
<b>6. Conclusão .....</b>	<b>59</b>
<b>7. Bibliografia.....</b>	<b>61</b>
<b>8. Anexo I Operação.....</b>	<b>62</b>
<b>9. Anexo II Componentes.....</b>	<b>79</b>

## 2 Índice de figuras e Tabelas

Figura 1: Material rodante .....	9
Figura 2: Plataforma da Estação .....	10
Figura 3: Estação . Projeto Vlt Santos .....	10
Figura 4: Perspectiva Estação com subestação .....	11
Figura 5: Estação com subestação- .....	11
Figura 6: Localização das Subestações e Estações .....	12
Figura 7:Diagrama Unifilar Geral Subestações retificadoras .....	13
Figura 8:Diagrama Unifilar de Media tensão s .....	15
Figura 9:Diagrama Unifilar de tração subestação retificadora - .....	16
Figura 10:Exemplo de arquitetura de automação em rede serial .....	20
Figura 11:Exemplo de arquitetura de automação em uma rede IEC -61850 .....	21
Figura 12:Exemplo de arquitetura de uma rede IEC 61850 em configuração anel .....	21
Figura 13:Exemplo de arquitetura de uma rede serial .....	22
Figura 14:Exemplo de arquitetura em IEC 61850 .....	23
Figura 15:Layout Sala de Controle CCO .....	29
Figura 16:CCO Implantado Vlt Santos .....	29
Figura 17:Rack Painel de comando controle e Proteção (PCE) .....	30
Figura 18:Rack Painel de comando controle e Proteção (PCE) .....	31
Figura 19:UPD'S Sepcos Instalados nos Cubículos de Tração .....	31
Figura 20:UPD'S Micom Instalados nos Cubículos de Media tensão .....	32
Figura 21:Arquitetura Típica de automação Subestação Retificadora .....	33
Figura 22:Rack com sistema supervisório na subestação.....	35
Figura 23:Tela Sistema de controle e supervisão .....	36
Figura 24:Distribuição em anel STD .....	36
Figura 25:Distribuição em anel STD fibras apagas .....	37
Figura 26:Distribuição em anel STD fibras apagas para intertriping .....	37
Figura 27:Arquitetura Sistema de Controle Centralizado .....	38
Figura 28:Tela geral de operação CCO VLT Santos .....	40
Figura 29:Tela local subestação retificadora VLT Santos (Media Tensão) .....	41
Figura 30:Tela local subestação retificadora VLT Santos (Tração) .....	42
Figura 31:Tela local subestação retificadora VLT Santos (Comunicação) .....	42
Figura 32:Tela local subestação retificadora VLT Santos (Legenda) .....	43
Figura 33:Diagrama Unifilar Setor 01.....	51
Figura 34:Diagrama Unifilar Setor 02.....	52
Figura 35:Diagrama Unifilar Setor 03.....	53
Figura 36:Diagrama Unifilar Setor 04.....	54
Tabela 1 : Condição operacional Normal .....	45
Tabela 2: Condição operacional Emergência 01 .....	47
Tabela 3: Condição operacional Emergência 02 .....	48
Tabela 4: Condição operacional Emergência 03 .....	45

## 1. INTRODUÇÃO

O Sistema de Transporte sobre trilhos da Região Metropolitana da Baixada Santista que se encontra em fase de implantação liga as cidades de São Vicente a Santos compreendendo a implantação de estações de passageiros, pátio de manutenção, centro de controle operacional além de 11 subestações retificadoras distribuídas ao longo do trecho

O material rodante demonstrado na figura 01 tem a capacidade de transportar 400 passageiros sendo um modal muito superior ao existente na região

### MATERIAL RODANTE

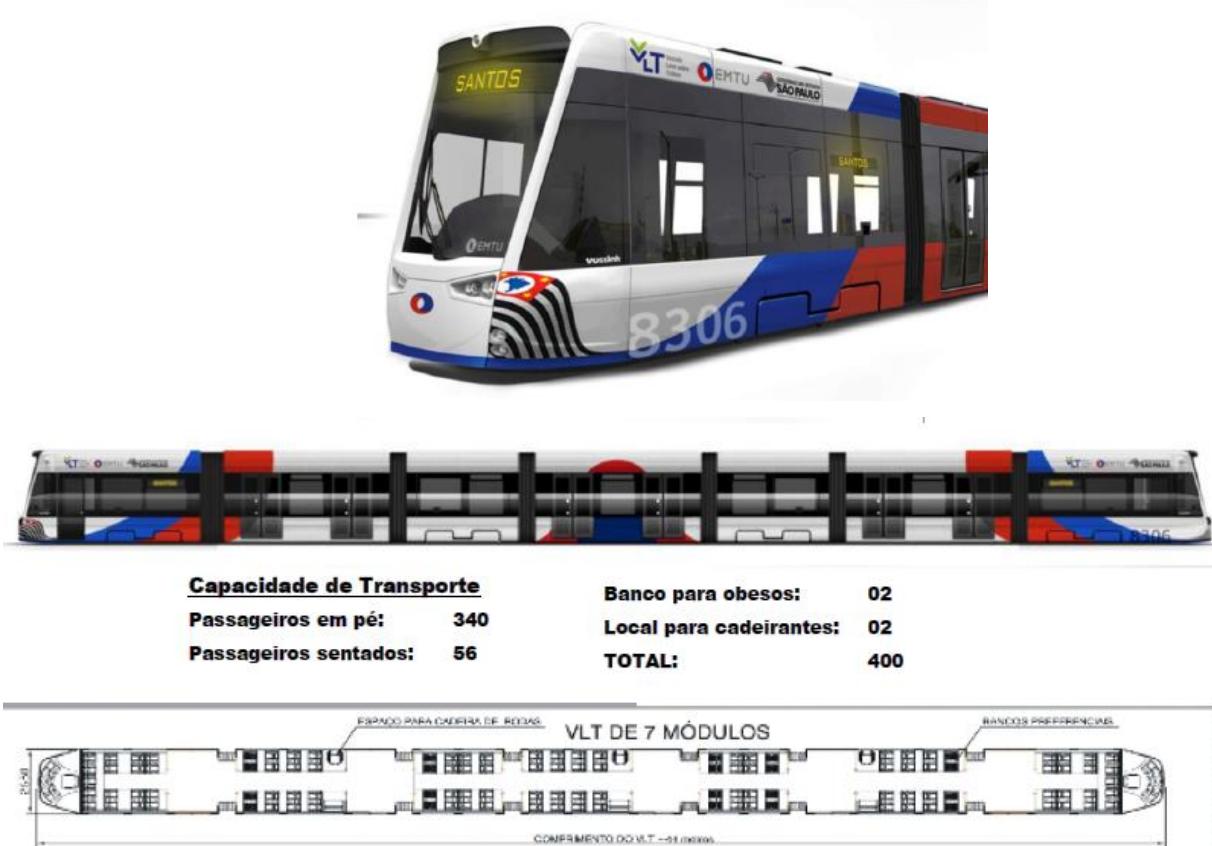


Figura 1: Material rodante ref. projeto Vlt Santos

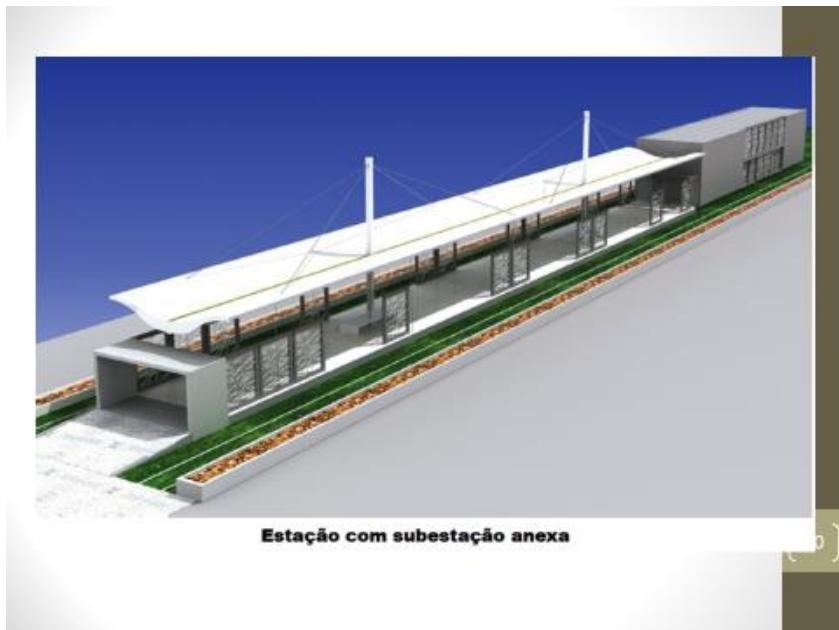
As estações figura 02 e 03 são totalmente integradas ao viário já existente possibilitando a integração com os modais de transportes já existentes na região sendo que em 11 destas estações figura 04 e 05 estão implantadas as subestações retificadoras que são responsáveis pelo suprimento confiável e seguro da energia de tração necessária à circulação de trens na Linha e no Pátio de Manutenção além das cargas de serviços auxiliares do Pátio e do CCO que são vitais para o funcionamento dos demais sistemas necessários à operação



Figura 2: Plataforma da Estação ref. Projeto VLT Santos



Figura 3: Estação ref. Projeto Vlt Santos



**Estação com subestação anexa**

Figura 4: Perspectiva Estação com subestação – ref. projeto Vlt Santos



Figura 5: Estação com subestação-ref. proj vlt Santos

As subestações são todas interligadas através de um anel de media tensão sendo que 04 delas são alimentadas pela concessionaria CPFL.

Na figura 6 está demonstrado a localização das estações e subestações sendo as subestações destacadas em amarelo

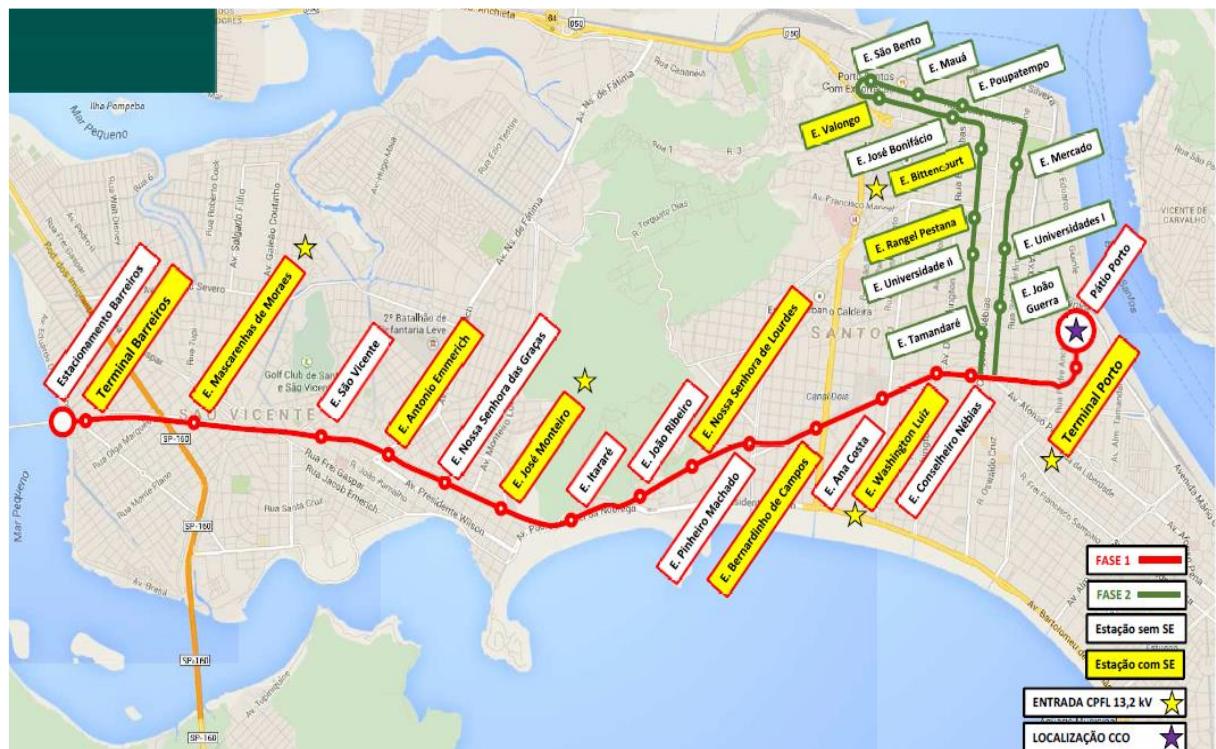


Figura 6: Localização das Subestações e Estações Vlt Santos ref. Projeto executivo Vlt Santos

Em função de ser um sistema vital, as subestações que possuem entrada da concessionaria têm condições de atender o seu setor e também os setores à jusante e à montante

Para as cargas de tração e auxiliares é previsto um sistema interno de distribuição em média tensão, subdividido em setores independentes. Cada setor receberá uma alimentação da concessionária através de cabine primária localizada no interior de uma das subestações retificadoras do setor, conforme mostrado figura 7:

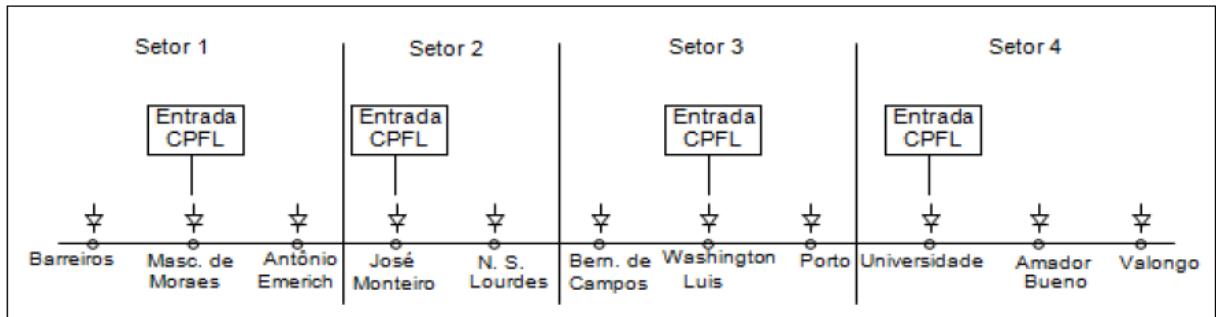


Figura 7: Diagrama Unifilar Geral Subestações retificadoras Vlt Santos – Projeto Executivo Vlt Santos

No caso da indisponibilidade de algum alimentador da concessionaria, o setor adjacente terá capacidade de alimentar o setor cuja fonte está indisponível; essa condição é chamada de condição operacional de emergência - COE.

No caso da concessionaria não apresentar problemas, ou seja, todas as fontes estarem disponíveis, os setores operam de forma isolada; essa condição é chamada de condição operacional normal - **COM**

### 1.1. Sistema de Supervisão e Controle

A filosofia do sistema de supervisão e controle do VLT de Santos tem a filosofia de ser concebida numa concepção de centralização total sem a necessidade de operadores locais em todas as subestações. Desta forma todas as subestações Retificadoras são operadas, monitoradas e supervisionadas pelo CCO (Centro de Controle Operacional)

O sistema implantando tem como arquitetura e concepção de sistema a norma IEC 61850 que no decorrer do trabalho será detalhado o seu funcionamento de modo geral está arquitetura tem como principais características:

- É um sistema de comunicação de alta velocidade baseado na Ethernet;
- Interoperabilidade de equipamentos de diferentes fabricantes;
- Redução significativa na quantidade de cabos a serem utilizados, facilitando o comissionamento e reduzindo a probabilidade de falhas;

- Alta confiabilidade e disponibilidade do sistema com o uso de projetos mais simples e arquitetura mais eficiente;
- A obsolescência não mais representa um problema a curto prazo;
- Facilidade na expansão do sistema

Numa análise resumida quando comparado a demais sistemas existentes a filosofia IEC 61850 é superior pois possui uma quantidade de equipamentos bem reduzidos , a necessidade de cabos de controle é quase nula já que todo comando, controle , supervisão e feito através de uma rede em fibra ótica sendo que o cabo de controle é utilizado somente como backup ,é um sistema redundante pois um dos canais de comunicação fica em stand by esses pontos forma um sistema com um elevado nível de confiabilidade , baixo risco de falhas ,

As figuras 8 e 9 mostram os sistemas de tração e media tensão implantados nos VLT Santos sendo esta é uma das interfaces mais críticas do projeto pois para se ter atuação de desligamento e atuação na tração depende do completo sincronismos de ajustes de proteção na média tensão com o sistema implantado se teve êxito nesta demanda além de se garantir a redundância que sempre foi uma dificuldade no sistema metroferroviário

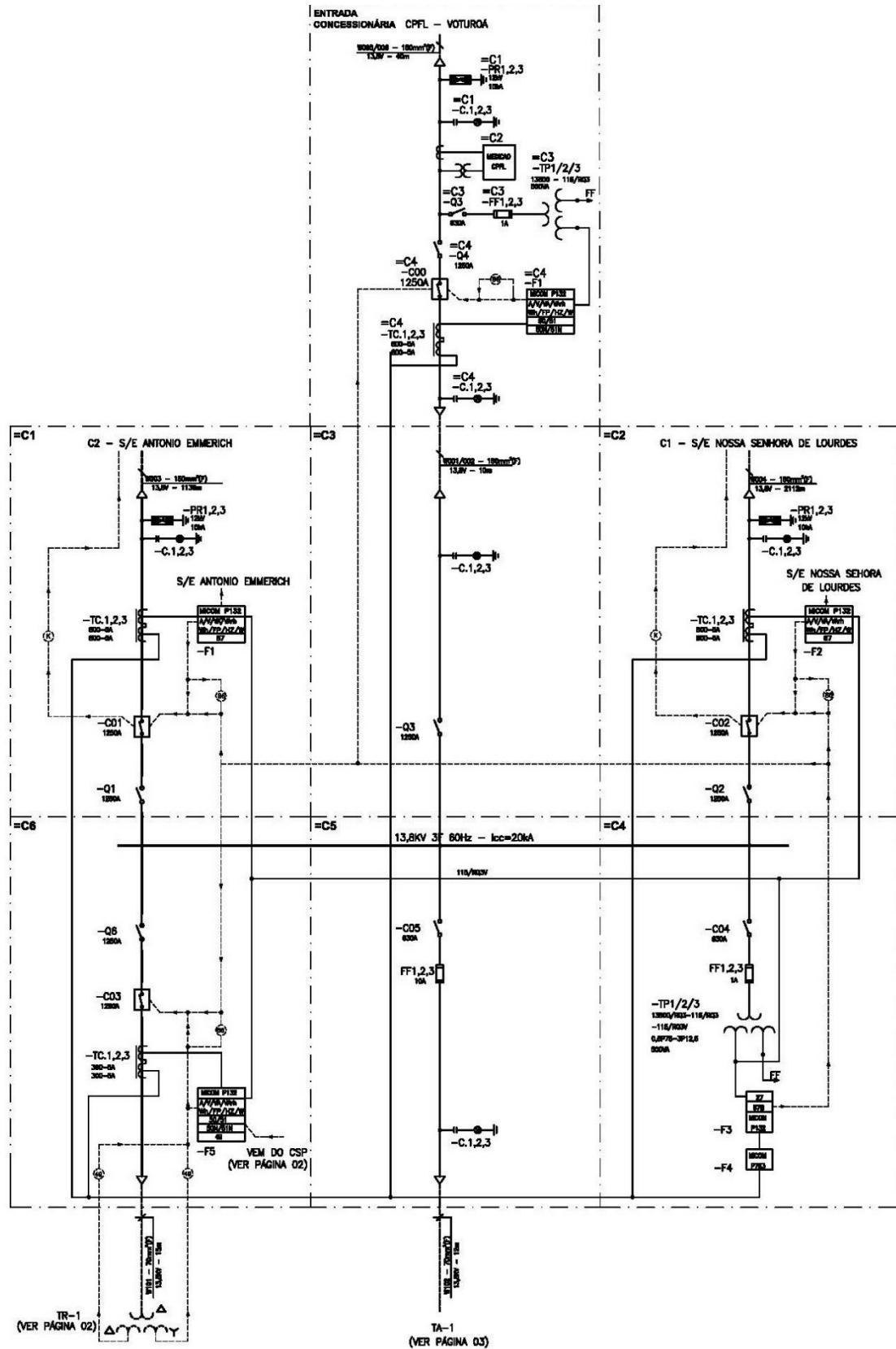


Figura 8: Diagrama Unifilar de Media tensão Sub. retificadora típica ref. Projeto Executivo Vlt Santos

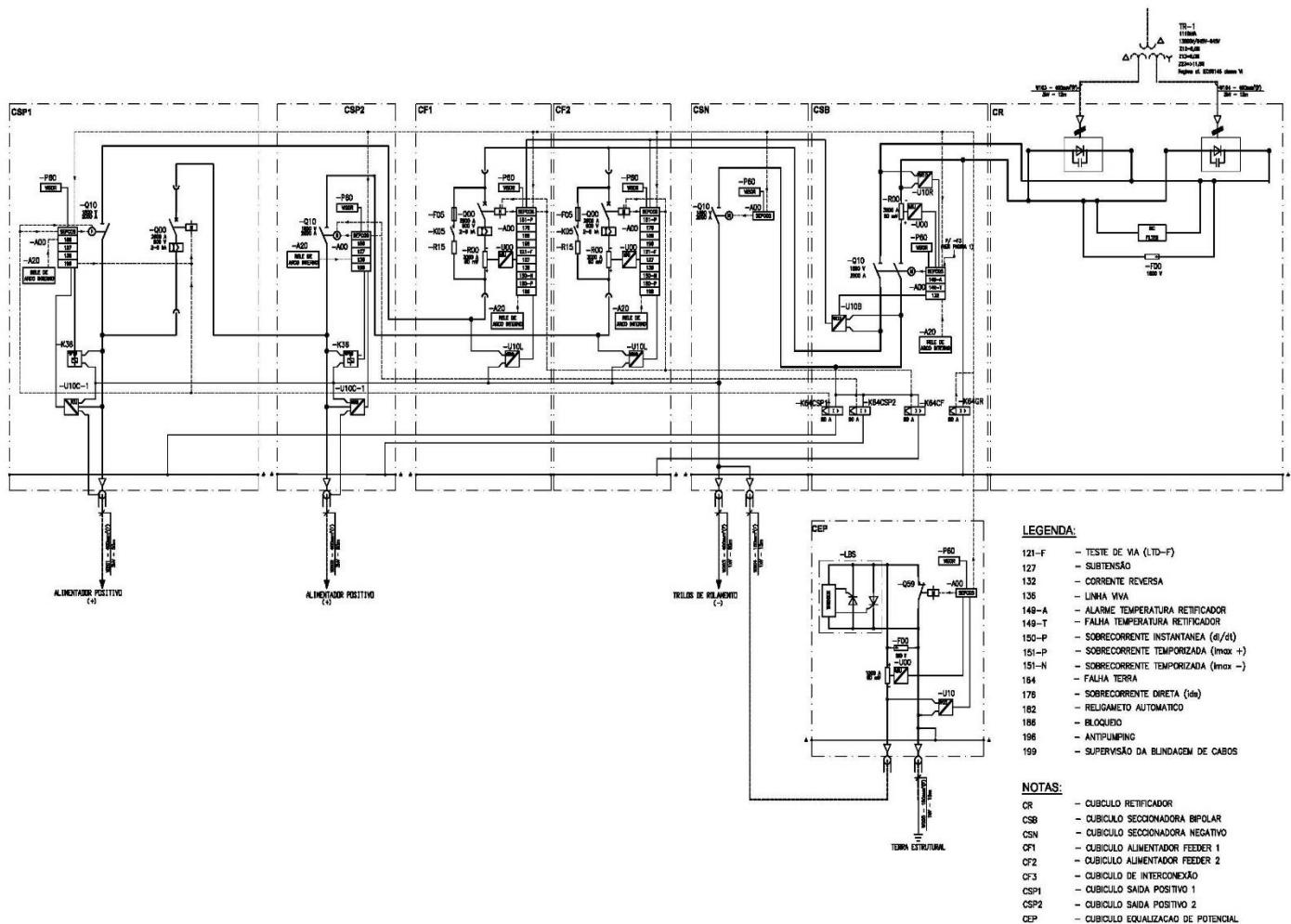


Figura 9: Diagrama Unifilar de tração subestação retificadora - ref. projeto executivo Vlt Santos

## 1.2. Normas

As normas mencionadas neste item são as que foram utilizadas no desenvolvimento do projeto de automação das subestações retificadoras do Vlt Santos, as mesmas nortearam o projeto como um todo já que o escopo não se limitava ao controle local, mais sim do empreendimento como um todo através do comando e controle via CCO

- NBR 7116 - Relés elétricos - Ensaios de isolamento
- NBR IEC 60529 – Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos
- IEC 60255 - Measuring relays and protection equipment
- IEC 60297 - Mechanical structures for electronic equipment
- IEC 60834 - Teleprotection equipment of power systems
- IEC 60870 - Telecontrol equipment and systems
- IEC 60917 - Modular order for the development of mechanical structures for electronic equipment practices
- IEC 61131 - Programmable controllers
- IEC 61140 - Protection against electric shock - Common aspects for installationand equipment
- IEC 61508 - Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
- IEC 61587 - Mechanical structures for electronic equipment - Tests for
- IEC 60917 and IEC 60297
- IEC 61850 - Communication networks and systems in substations
- IEC 62351 - Power systems management and associated information exchange - Data and communications security
- IEC 62439 - Industrial communication networks - High availability automation networks

## 2. Estado da Arte

A construção de subestações é uma atividade que vem se desenvolvendo desde o final do século XIX, ou seja, há mais de 100 anos. A automação de uma subestação de energia elétrica significa, de uma forma geral, monitorar e controlar as grandezas elétricas envolvidas no processo de transmissão e distribuição de energia: tensões, correntes, potências ativas, reativas posições aberta/fechada de seccionadoras e disjuntores. Várias gerações de tecnologias convivem hoje em dia dentro das subestações. Estas vêm sendo ampliadas à medida que a demanda cresce. Cada geração de tecnologia resolve uma determinada necessidade e foram agregadas às instalações, criando o que se convencionou chamar de “ilhas de dados” dentro da subestação são estas ilhas:

- Medidor digital de faturamento
- Relés de Proteção
- Controle de Bays
- Oscilografia
- Monitoração de qualidade de energia
- Utr – Unidade Terminal Remota – Supervisão SSC
- Imagens – Informação para operação, manutenção e segurança empresaria
- Monitoração de equipamentos auxiliares (nobreaks e telecomunicações)
- Anunciadores de Alarme
- Registro de Eventos – Data Logger

Cada “ilha de dados” tem seu formato próprio, proprietário do desenvolvedor da tecnologia e dos equipamentos. Existia – e ainda existe – uma clara separação entre as soluções de proteção totalmente independente de todas as demais pela sua própria característica envolvendo segurança operacional da instalação.

Nas áreas de supervisão, controle e monitoramento surgiram vários protocolos de comunicação. Os mais conhecidos, por serem protocolos abertos, são Modbus, DNP3 e IEC 60870-5-101.

Esta “Torre de Babel” dificulta e encarece os projetos de novas subestações e, principalmente, as ampliações, pois os equipamentos dos vários fabricantes não operam entre si (interoperabilidade) e mesmo duas gerações de equipamentos de um mesmo fabricante apresentam dificuldades de integração.

É neste cenário que se encaixa a norma IEC 61850. Ela propõe uma arquitetura de rede de comunicação única entre todos os dispositivos, independente da função que este exerce na subestação ou de seu fabricante.

Esta norma foi publicada em 2004, mas vem sendo desenvolvida desde a década de 1990 envolvendo grandes entidades de pesquisas mundiais, como o Electric Power Research Institute (EPRI), International Electrotechnical Commission (IEC), Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel), só para citar alguns. A norma tem grande aceitação nas Américas, Europa e Ásia e já está se firmando como um padrão mundial, o que justifica uma real avaliação pelas empresas sobre a pertinência da sua utilização

Antes do desenvolvimento da IEC 61850 não existia uma padronização em relação aos modelos e arquitetura existiam diversos protocolos e não existindo nenhuma compatibilidade o que fazia que os projetos se tornassem muitos caros dificultando e muito qualquer reforma melhoria e ou ampliação

## 2.1. Comparativos arquiteturas convencionais e redes em IEC 61850

### Rede Serial

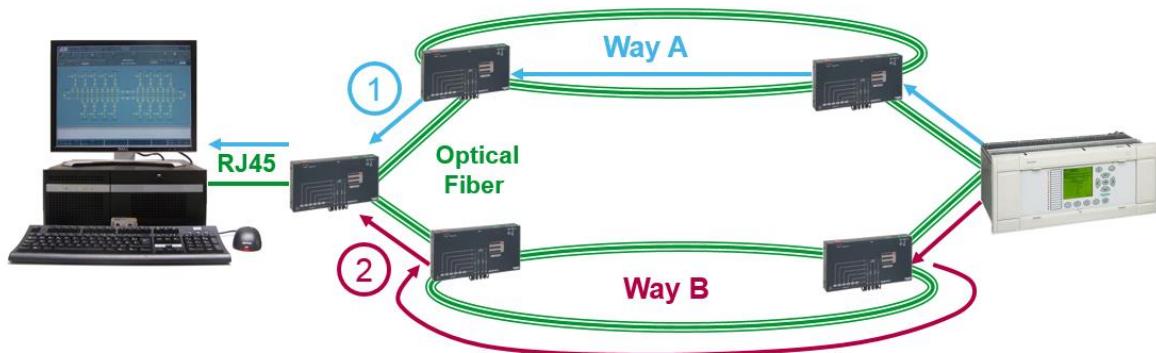


Figura 10: Exemplo de arquitetura de automação em rede serial ref. Schneider

A rede serial embora apresente uma concepção semelhante a IEC 61850 com redundância de equipamentos , a mesma possui limitações importantes principalmente quando usado em sistemas que exigem elevado grau de confiabilidade como é o caso da rede metroferroviaria Conforme demonstrado na figura 10 na hipótese de uma falha como por exemplo do rompimento do caminho A ou B o sistema continuasse funcionando mais para restabelecer a redundância dos equipamento após esta falha seria necessário parar todo o sistema o que não é tolerável para um sistema que exige alta confiabilidade

Já numa rede com a filosofia IEC 61850 conforme demonstrado na figura 11 e 12 este tipo de problema não ocorre já que é possível se isolar o problema somente no ponto onde ocorreu a falha conseguindo manter o sistema funcionando garantindo a redundância de comunicação e o sistema funcionando que são pontos chaves para um sistema de automação que necessita de alta confiabilidade.

## ● Architecture - Star

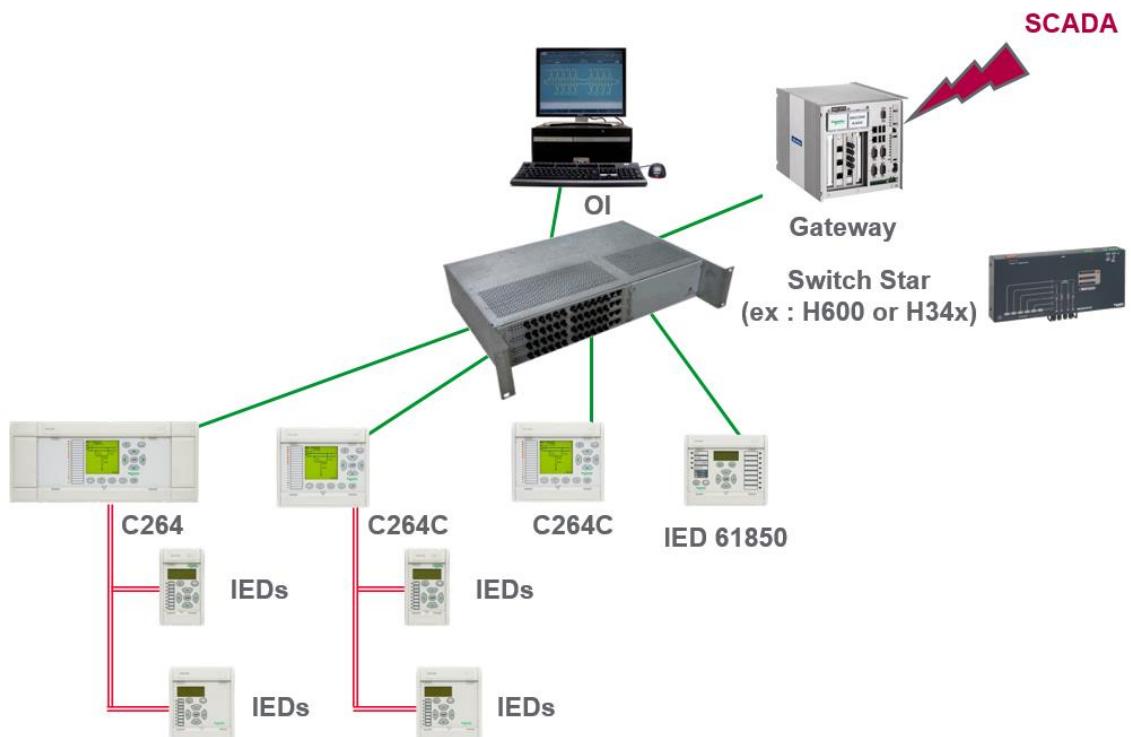


Figura 11: Exemplo de arquitetura de automação em uma rede IEC -61850 em configuração estrela ref. Schneider

## ● Architecture - Ring

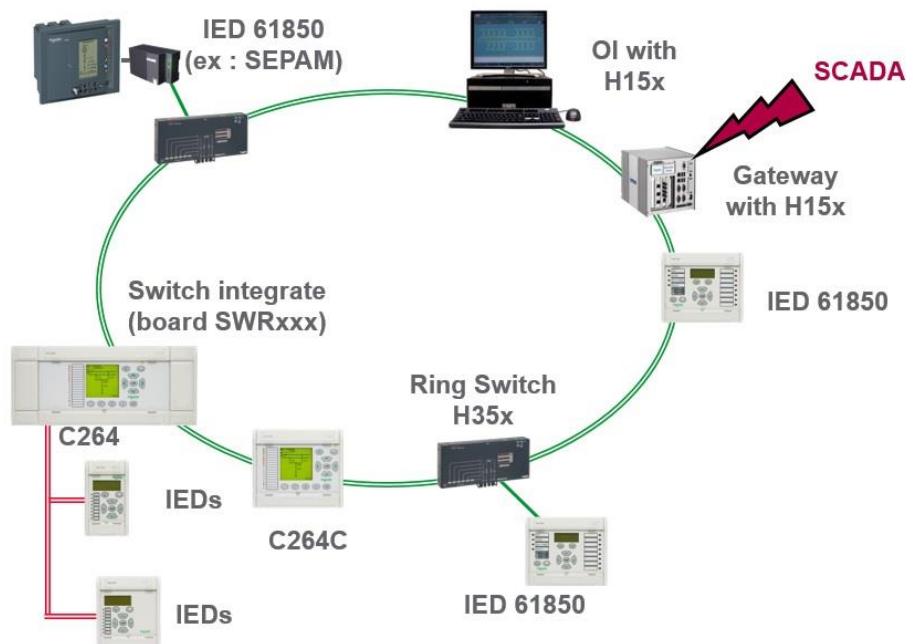


Figura 12: Exemplo de arquitetura de uma rede IEC 61850 em configuração anel ref. Schneider

Além dos pontos mencionados no parágrafo anterior a figura 13 e 14 demonstram a clara diferença entre um sistema outro na rede IEC 61850 a integração é muito superior já que dentro deste sistema tanto o acesso para engenharia como para manutenção ocorre de forma integrada em tempo real com o sistema em funcionamento o que possibilita uma concepção de atuação imediata possibilitando analises e intervenções em tempo real, sem necessidades de interrupções e ou demais recursos e nem estar fisicamente junto ao equipamento a ser analisado

## Current Architecture

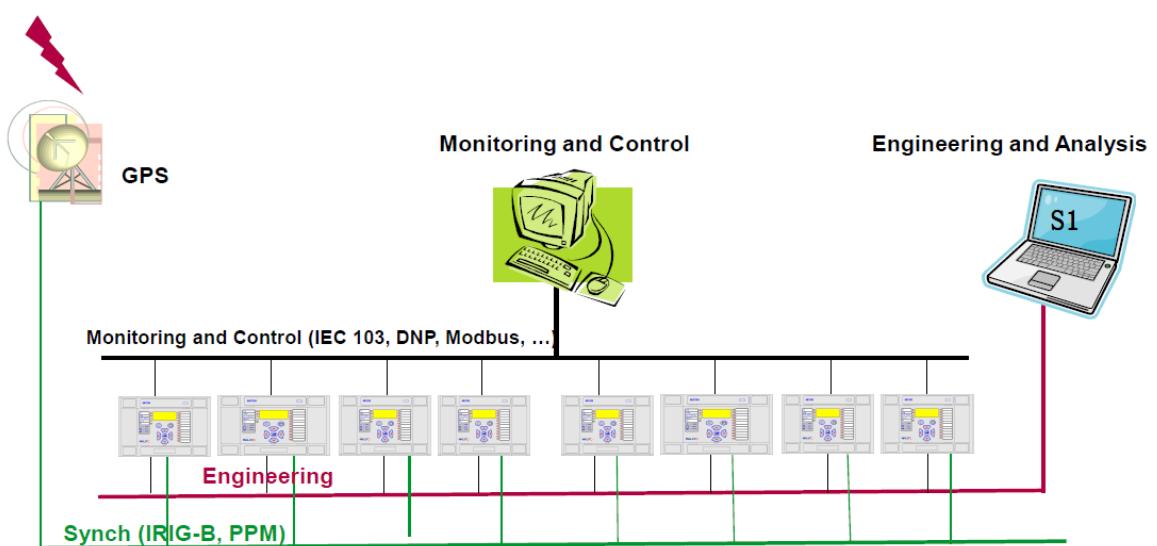


Figura 13: Exemplo de arquitetura de uma rede serial ref. Schneider

# IEC 61850 Architecture

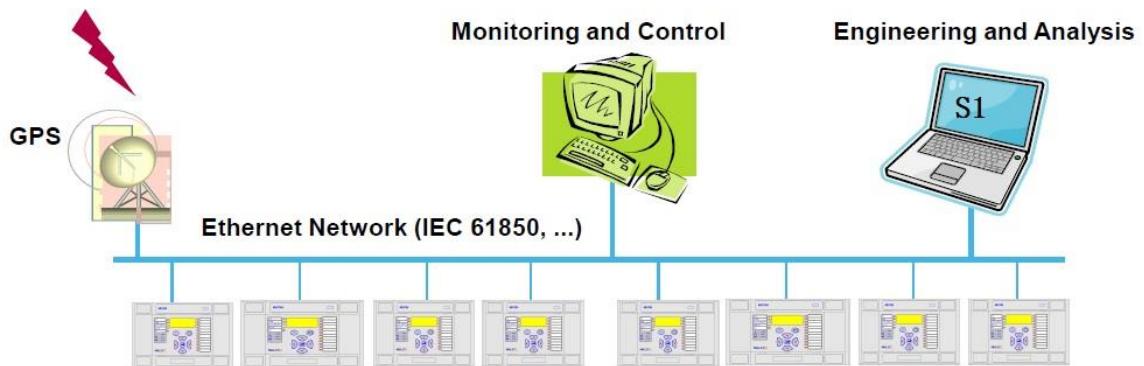


Figura 14: Exemplo de arquitetura em IEC 61850 ref. Schneider

Pelo demonstrado a rede de automação com filosofia em IEC 61850 vem sendo implementado em praticamente em todos os setores elétricos tanto nos sistemas de proteção quanto no comando e gerenciamento de energia.

### **3. Histórico e Principais funcionalidades IEC 61850**

A norma IEC 61850 propõe uma arquitetura de comunicação única entre todos os dispositivos, independente do fabricante e da função que o equipamento exerce na subestação

Esta norma foi publicada em 2004, mas vem sendo desenvolvida desde a década de 1990 envolvendo grandes entidades de pesquisas mundiais, como o Electric Power Research Institute (EPRI), Ingeneering Eletrothechnical Comitê (IEC), Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel), só para citar alguns é utilizada em todo o mundo.

#### **3.1. *Histórico e definições***

Em meados de 1990 não existia nenhuma padronização ou normatização no que se diz respeito a automação de subestações haviam vários protocolos não havendo na maioria das vezes compatibilidade entre os mesmos. Em função disso com o intuito de se ter Interoperação de dispositivos de diferentes fornecedores um grupo de estudo composto de 60 pesquisadores de diferentes países com o intuito de se uniformizar , padronizar e proporcionar melhorias ,facilidades para o usuário final criou em 1995 a IEC 61850 tendo como os principais objetivos::

- Um protocolo único para a subestação completa considerando a modelagem de diferentes dados necessários para a subestação.
- Definição de serviços básicos necessários para transferir dados para que todo o mapeamento de protocolo de comunicação pode ser feito à prova de futuro.
- Promoção de alta interoperabilidade entre sistemas de diferentes fornecedores.
- Um método comum / formato para armazenar dados completos.
- Definir um teste completo necessário para o equipamento que está em conformidade com a norma.

### **3.2. Principais características**

A norma IEC 61850 define como principais características:

#### **3.2.1 Modelagem de dados**

Possui uma modelagem primária de objetos tendo como função proteção e controle na subestação através de uma lógica standard para dados a mesma pode ser modelada para diferentes dispositivos lógicos.

#### **3.2.2 Comunicação**

Existem vários sistemas de comunicação que podem ser utilizados mas o conceito imbuído consiste numa relação de hierarquia onde a comunicação com o servidor se dá através de uma relação cliente-servidor que pode ser desencadeada com base em condições de disparo pré-definidos.

#### **3.2.3 Transferência rápida de eventos**

Os eventos da subestação são definidos de acordo com a sua gravidade e ou severidade para os mais graves que precisam de um tempo de resposta menor é usado o protocolo GOOSE que na sequencia detalhado o seu funcionamento mas de modo geral para transferência rápida de dados de eventos para um modo de comunicação peer-to-peer

#### **3.2.4 Definindo Grupos**

Os blocos de controle de grupo de ajuste são definidos para lidar com os grupos de ajustes para que o usuário tenha a possibilidade de alternar para qualquer grupo ativo de acordo com a exigência necessária.

#### **3.2.5 Transferência de dados amostrados**

Os Esquemas são definidos para lidar com transferência de valores amostrados usando blocos de controle valor amostrado.

### **3.2.6 Comandos**

Vários tipos de comando ex (single pointe, double point) são suportados por IEC 61850, obedecendo a critérios e garantias estabelecidas na mesma

### **3.2.7 Armazenamento de Dados –**

Subestação de Configuração do Idioma (SCL) é definido para o armazenamento completo de dados configurados da subestação em um formato específico.

## **3.3. Sistemas e componentes**

A norma IEC 61850 com os avanços da eletrônica e das redes de computadores vem evoluindo constantemente e hoje utiliza os conceitos da tecnologia, TCP/IP. Como endereços IP, endereços MAC, LAN, WAN, roteamento, frames, datagramas, Desta forma cada vez mais vem se tornando rápida, confiável e redundante pois se utiliza um conceito já conhecido e consagrado .Nos seus aspectos relacionados com automação, significa registrar, controlar, supervisionar, operar gerir e executar intertravamentos como outros equipamentos ter histórico de falhas, dentre outros de acordo com a peculiaridade de cada projeto.

No modelo IEC 61850, a “inteligência” está distribuída nos dispositivos, ou seja, disjuntor, seccionadora, TPs, TCs, com CPUs e placas de rede internet. Relés de proteção, pela sua característica microprocessada, desta forma se tem um sistema que permite a operação e integração entre os diversos equipamentos e sistemas de uma subestação levando está até um CCO de acordo com cada projeto

Quando comparada a tecnologias anteriores além do ganho técnico se obtém também um ganho financeiro já que custos antes eram impossíveis ser otimizados nesta aplicação deixam de existir. Por exemplo substituição dos cabos de controle fabricados em cobre por uma rede de fibras ótica ou seja todo o comando , proteção , supervisão e feito via rede através de fibra ótica não existe mais a diversidade de cabos que existiam no passado, o cabos que se usa para esta funções serve apenas de retaguarda esta premissa gera uma inegável redução de custos além de ganhos

técnicos velocidade de transmissão de dados, sistema redundante , rápida manutenção dentre outros .

Outra questão preponderante é a automatização dos painéis de controle, intertravamentos dentre outros, num sistema convencional este é feito por fiação com diversos cabos de controle, reles, contadores.Na filosofia IEC 61850 toda esta parafernália é substituído por “circuitos lógicos , álgebra de boole” , ou seja , Para se reproduzir um painel de comando com IED (relé de proteção), basicamente seria “copiar e colar” o projeto dentro do IED que é inerente a cada equipamento , ao passo que, no painel convencional, toda a fiação necessita ser reproduzida. Observamos novamente um ganho importante com redução de custos.

Um aspecto importante da norma e a padronização da troca de informações e a prioridade de cada uma delas para as mensagens prioritárias é utilizado protocolo de comunicação específico denominado Goose – (Generic Object Oriented Substation Event) – estas mensagens possuem requisitos rígidos de tempo, como os trips da proteção, da ordem de quatro milissegundos. Estas mensagens só trafegam dentro da LAN e possuem apenas endereços MAC. Não possuem endereços IPs, nem são roteáveis. Utiliza o mecanismo de rede conhecido como publicadora/ assinante. Um IED é definido como publicador e todos os outros IEDs, que necessitam das informações geradas por ele, são configurados como assinantes. Assim, em um único ciclo de comunicação na rede, todos os assinantes são atualizados, permitindo atingir os requisitos de tempo de quatro milissegundos. Para assegurar o recebimento no destino, a mesma mensagem Goose é repetida várias vezes, dispensando a necessidade de reconhecimentos

Para mensagens de supervisão e controle, em que os tempos de transmissão podem ser da ordem de segundos. Neste tipo de mensagem, são utilizados os mecanismos normais do TCP/IP padronizados pela norma IEC 61850

#### **4. Sistema de Controle e Supervisão Subestações Retificadoras VLT Santos**

A filosofia de todo este sistema foi baseada numa concepção de centralização total com todas as subestações Retificadoras sendo monitoradas e operadas pelo CCO ( Centro de Controle Operacional ) sem a necessidade de operador local nas subestações o sistema implantando tem como arquitetura de rede a 61850 que possui uma quantidade de equipamentos e cabos reduzidos já que todo comando , supervisão e proteção é feita por uma rede em fibra ótica não sendo necessários cabos de controle para fazer a interface entre os diversos sistemas em comparação há uma subestação convencional sendo assim um sistema com um elevado nível de confiabilidade tendo um riscos de falhas e menor além de ser um sistema redundante

Abaixo principais vantagens

- É uns sistemas de comunicação de alta velocidade baseados na Ethernet;
- Interoperabilidade de equipamentos de diferentes fabricantes;
- Redução significativa na quantidade de cabos a serem utilizados, facilitando o comissionamento e reduzindo a probabilidade de falhas;
- Alta confiabilidade e disponibilidade do sistema com o uso de projetos mais simples e arquitetura mais eficiente;
- A obsolescência não mais representa um problema em curto prazo;
- Facilidade na expansão do sistema

##### *4.1. Localização físicas dos principais equipamentos*

No CCO figuras 15 e 16 foi previsto um Posto de Controle Centralizado de Alimentação Elétrica que permite de forma centralizada reunir todas informações necessárias para o controle, supervisão e comando de todas as subestações além deste ser integrado ao SAM para se ter todas as informações necessárias para a manutenção.

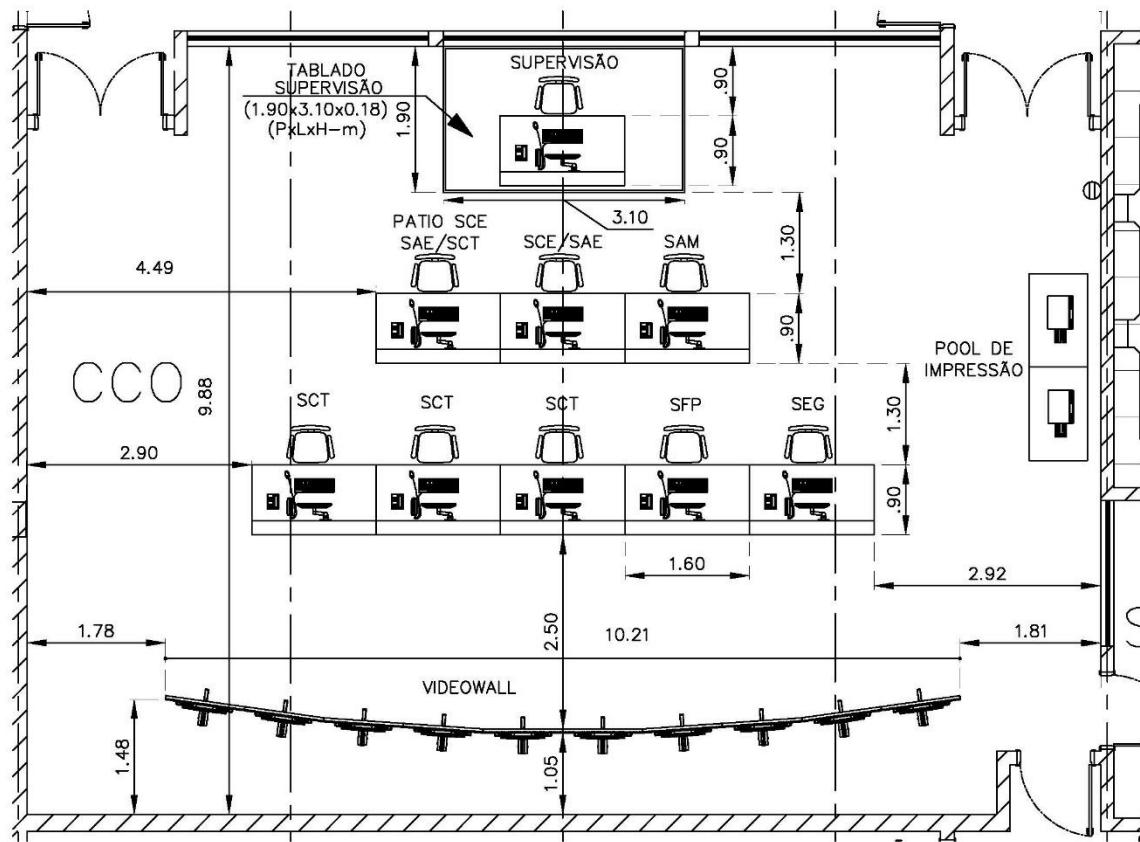


Figura 15: Layout Sala de Controle CCO ref. Projeto Executivo Vlt Santos



Figura 16: CCO Implantado ref. projeto executivo Vlt Santos

Para intervenções de emergência e ou manutenções em cada subestação existe um Posto de Supervisão e Controle Local das subestações retificadoras, localizados na sala de telecomunicações, integrado ao sistema de proteção. Este permite o comando e supervisão dos estados dos equipamentos de manobra além de se ter acesso de forma detalhada a todos eventos para efeitos de manutenção, histórico de falhas dentre outros ,

#### *4.2. Descrição Do Sistema De Proteção Controle E Supervisão Do Vlt Santos*

##### *4.2.1 Generalidades*

O Sistema De Proteção Controle E Supervisão Do Vlt Santos que no decorrer será utilizado a sigla SPCS para descrever o mesmo é composto de unidades de aquisição e controle (UAC) figuras 17e 18 e unidades de proteção digital (UPD) figuras 19 e 20.



*Figura 17: Rack Painel de comando controle e Proteção (PCE) ref. Projeto Executivo Vlt Santos*



Figura 18: Rack Painel de comando controle e Proteção (PCE) ref. Projeto Executivo Vlt Santos



Figura 19: UPD'S Sepcos Instalados nos Cubículos de Tração ref. projeto executivo Vlt Santos



Figura 20: UPD'S Micom Instalados nos Cubículos de Media tensão ref. Projeto Executivo Vlt Santos

As unidades de proteção são dotadas com capacidade de armazenamento de distúrbios (oscilografia integrada) e também de sequenciamento de eventos.

As unidades de proteção atendem aos requisitos impostos pela aplicação, relativos à sensibilidade, seletividade, rapidez e confiabilidade operativa, de modo a não comprometer o desempenho do sistema elétrico em condições de regime normal e durante perturbações. Além disso, são dotadas de recursos de automonitoramento e autodiagnóstico, com bloqueio automático de atuação por defeito e sinalização local e remota de falha ou defeito.

As unidades de aquisição e controle, as unidades de proteção e equipamentos associados atendem as normas de compatibilidade eletromagnética aplicáveis como a IEC 1000-4-4, nos graus de severidade adequados para instalação em subestações de extra alta e alta tensão, além de terem blindagem eletrostática.

#### 4.2.2 Arquitetura do sistema

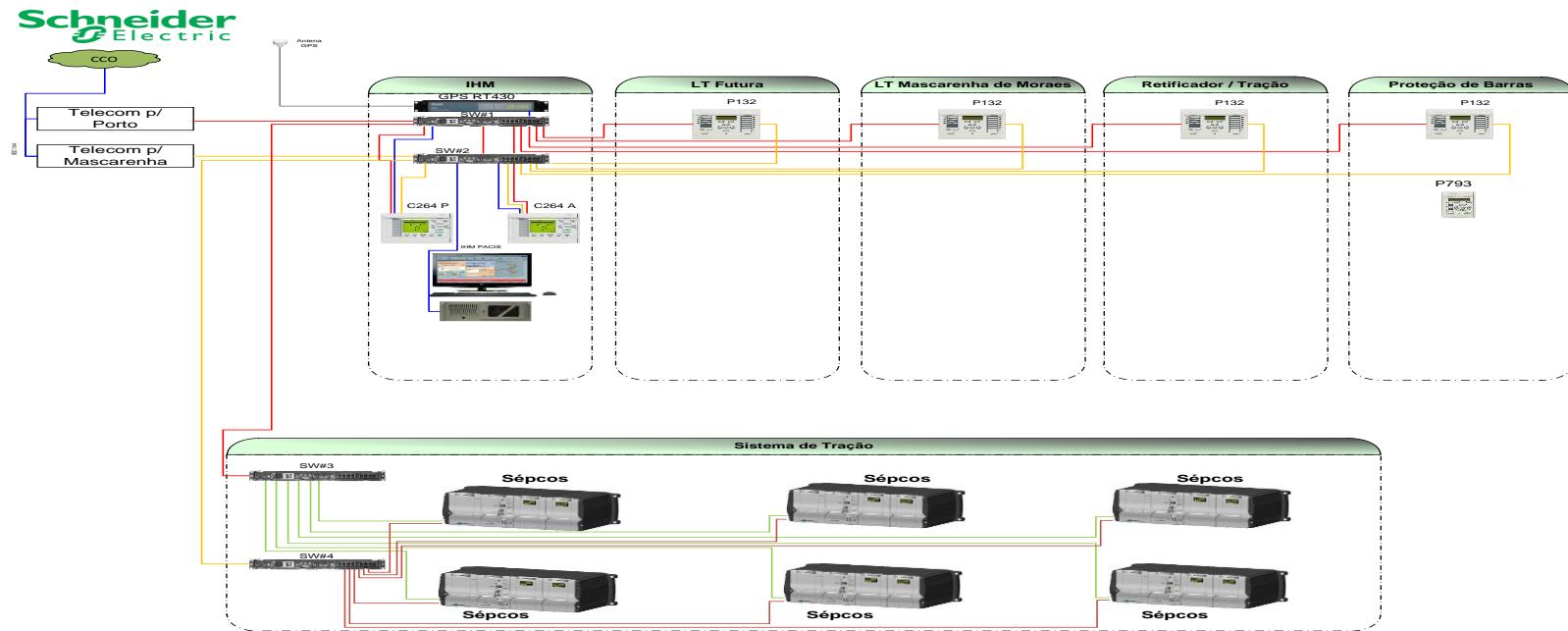


Figura 21: Arquitetura Típica de automação Subestação Retificadora ref. Projeto Executivo Vlt Santos

#### **4.2.2.1    *Descrição da arquitetura***

As funcionalidades para o SPCS são suportadas por uma arquitetura de hardware hierárquica e distribuída, e detalhada a seguir.

#### **4.2.2.2    *Níveis hierárquicos do sistema***

##### ***Nível 1 (Controle e Supervisão)***

O nível 1 da subestação é composto por unidades de proteção UPDs e unidades de controle UACs. Estes são responsáveis pela interface com o nível 0 da subestação, ou seja, equipamentos de pátio como chaves seccionadoras e disjuntores e com o nível 2.

O protocolo de comunicação a ser utilizado para fazer a conexão de todos os IEDs do nível 1, bem como a interface com o nível 2, o protocolo IEC 61850.

Em resumo pode se destacar as seguintes funcionalidades no nível 1:

- Aquisição de medidas analógicas
- Aquisição de pontos digitais
- Abertura e fechamento de chaves e disjuntores
- Intertravamentos
- Proteção do sistema de potência
- Status equipamentos

A operação local no nível 1 da subestação é realizada diretamente no relé de controle dedicado de cada Cubículo de Média Tensão e o mesmo se aplica para os cubículos de tração.

## Nível 2 (Controle e Supervisão)

O Nível 2 da subestação é composto uma IHM figura 22 e 23 que faz a interface com o nível 1 através dos switches instalados no painel de IHM, também faz a interface com o nível superior de controle, nível 3 (Centro de Controle de Operação - CCO). As funcionalidades associadas ao nível 2 de operação são mostradas abaixo:

- Comandos de disjuntores
- Comandos de chaves seccionadoras
- Habilitação / Desabilitação de religamento
- Rearme de rele de bloqueio
- Alarmes de falha de equipamentos
- Alarmes de faltas/curto circuitos no sistema de potência
- Lista de eventos

O protocolo de comunicação a ser utilizado para fazer a interface com o nível 3 é o protocolo IEC -104 pois é este o protocolo que é compatível com o sistema que está operando no CCO e também com o STD,



Figura 22: Rack com sistema supervisório na subestação ref. fornecimento Vlt Santos

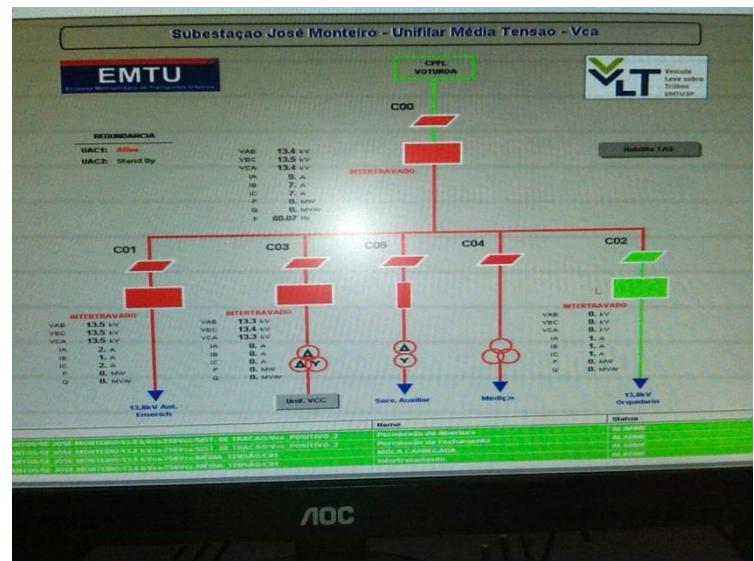


Figura 23: Tela Sistema de controle e supervisão ref. fornecimento Vlt Santos

### Nível 3 (Distribuição para CCO) e intertripping entre as subestações

Para os níveis superiores de controle, são disponibilizados os pontos necessários em cada subestação e estes são disponibilizado para o CCO através do STD (SISTEMA DE TRANSMISSÃO DIGITAL) utilizando o protocolo de comunicação em IEC 104 conforme figuras 24,25 e 26.

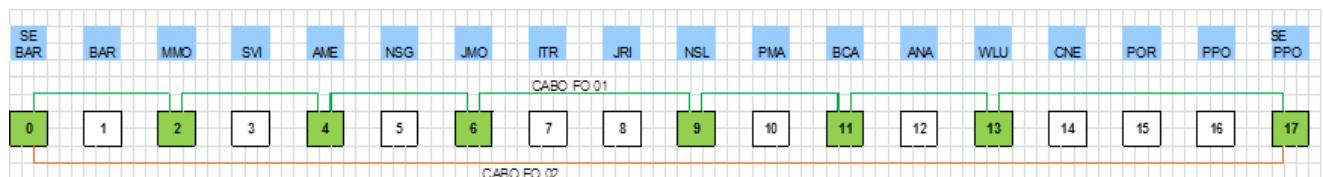
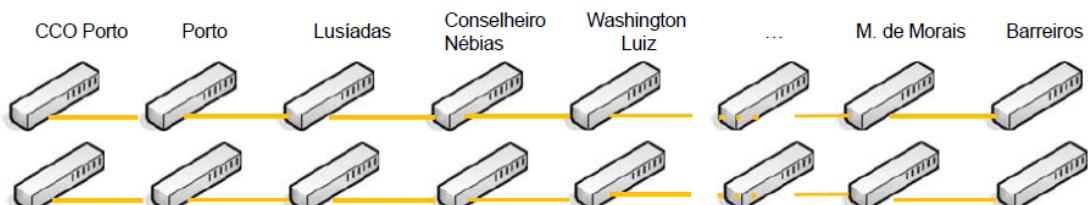


Figura 24: Distribuição em anel STD conectando todas as subestações com o CCO via protocolo IEC 104 ref. projeto Executivo Vlt Santos

## Rede Fibra Óptica – Fibra Lógica e Fibra Apagada [ET 5.5.2.2]

### ◆ Trecho Porto – Barreiros:

- 2 cabos monomodo, 48fibras, em ductos separados (um de cada lado da via), terminados em todas as Estações.
- Suporte à topologia radial redundante da rede de Acesso.
- Cabos terminados no Distribuidor Óptico.



#### ● Fibra apagada para sistemas das subestações:

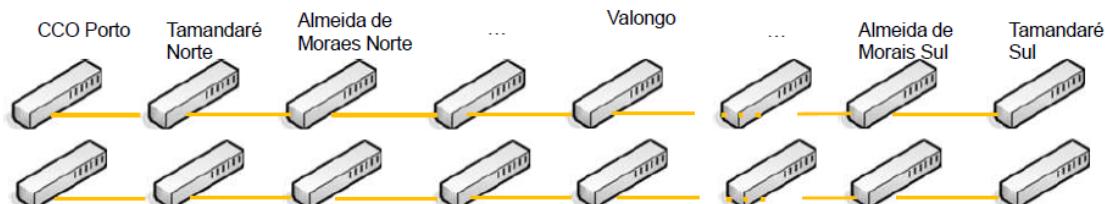
- Sistema de Alimentação Elétrica.

Figura 25: Distribuição em anel STD fibras apagadas para intertripping entre as subestações ref. projeto executivo Vlt Santos

## Rede Fibra Óptica – Fibra Lógica e Fibra Apagada [ET 5.5.2.2]

### ◆ Trecho Nébias – Valongo:

- 2 cabos monomodo, 24fibras, em ductos separados (um de cada lado da via), terminados em todas as Estações.
- Suporte à topologia radial redundante da rede de Acesso.
- Cabos terminados no Distribuidor Óptico.



#### ● Fibra apagada para sistemas das subestações:

- Sistema de Alimentação Elétrica.

Figura 26: Distribuição em anel STD fibras apagadas para intertripping entre as subestações ref. projeto executivo Vlt Santos

## Nível 4 Operação e monitoramento via CCO

No CCO está locado todos os sistemas e equipamentos que permitem a operação e manutenção (Sam – Serviço de apoio a Manutenção) de todos os sistemas através de hardwares, vídeo wall e consoles de operação este conjunto de sistemas recebem o nome de sistema de controle centralizado na figura 27 está demonstrado a arquitetura

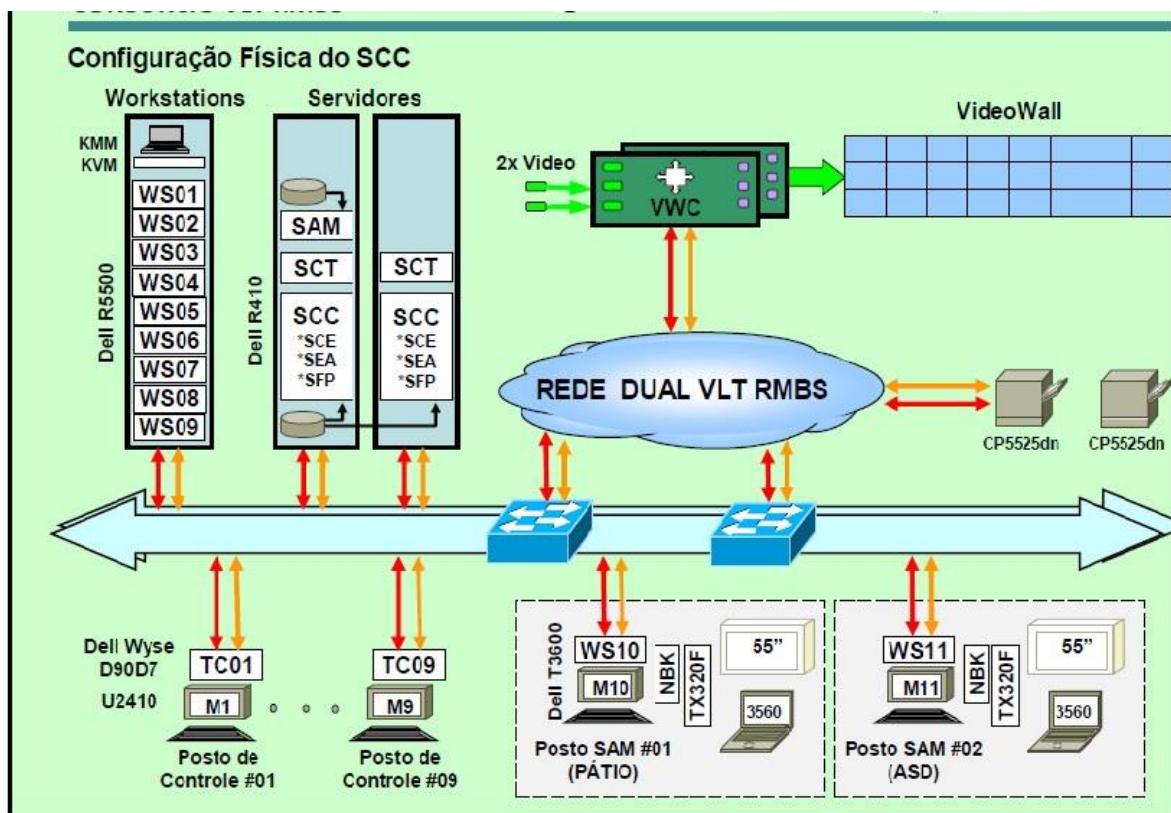


Figura 27: Arquitetura Sistema de Controle Centralizado ref. Projeto executivo Vlt Santos

## ***Sistema de controle de energia no CCO***

O sistema de controle de energia no CCO tem como função principais:

- Realizar a supervisão e comandos de equipamentos de media tensão e tração
- Proporcionar a continuidade operacional em situação de degradação parcial da rede
- Tratamento de indicações de estados e alarmes
- Tratamentos de comandos do operador, com aplicação de regras de consistência
- Fornecimento de informações de ajuda aos operadores
- Transmissão de informações sobre falhas e alarmes para o SAM
- Emissão de relatórios de operação

O sistema de apoio a manutenção tem como função principais:

- Armazenamento, análise e classificação de falhas e alarmes dos equipamentos nas estações, vias, pátio e no material rodante
- Inventário de equipamentos e respectivos manuais
- Registro de configurações de equipamentos no campo
- Dados históricos de manutenção Centralização de pedidos de manutenção e apoio ao despacho de equipes
- Acesso via postos operacionais dedicados em qualquer ponto da rede de dados RMBS (através de equipamentos portáteis)

As visões gerais das funcionalidades descritas são demonstradas na figura 28

## Tela geral (e videowall):

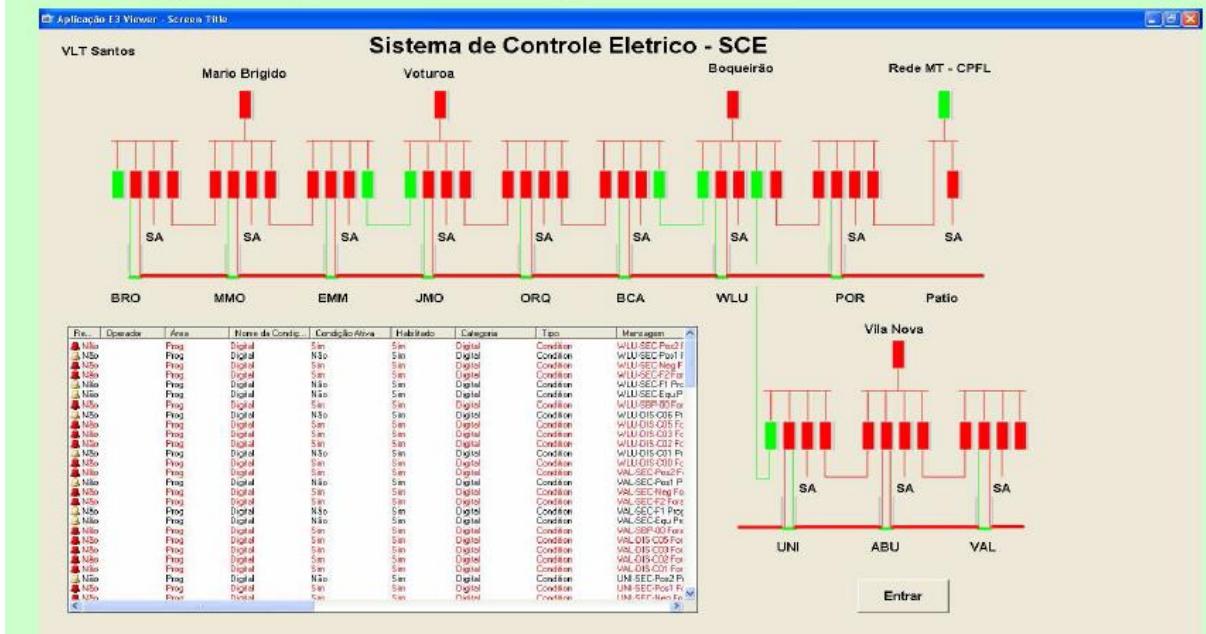


Figura 28: Tela geral de operação CCO VLT Santos ref. Projeto executivo Vlt Santos

### 4.3. Sistemas

#### 4.3.1 Sistema supervisório – PACIS OI-projeto Vlt Santos (fabricante Schneider)

As funcionalidades de supervisão e controle a partir do nível 2 funcionam com base no software de supervisão e controle PACIS OI, desenvolvido pela Schneider para aplicações em gerenciamento de sistemas de energia.

A base de dados foi configurada através de uma lista de pontos que envolve os pontos de alarme e trip disponibilizado pelos reles tanto no sistema de tração quanto na média tensão.

Os intertravamentos, cálculos e lógicas são tratados no nível 1 da subestação. O IHM trabalha somente como um sistema de supervisão e controle.

O IHM é responsável pela implementação das seguintes funções:

- Gestão da base de dados tempo real;
  - Processamento dos dados;
  - Comandos dos equipamentos de manobra da subestação;

- Manutenção de arquivos históricos;
- Gerenciamento e controle da configuração;
- Interface com o nível hierárquico superior (nível 3);
- Interface com o nível hierárquico inferior (nível 1);
- Manutenção do sistema;
- Supervisão geral da subestação por meio de telas sinópticas, tabulares, listas de eventos, listas de alarmes e anunciadores;
- Interface de comandos dos equipamentos de manobra da subestação;
- Anunciação e gerenciamento de alarmes;
- Gerenciamento de eventos;
- Gerenciamento de históricos e curvas de tendência.

#### 4.3.2 Padrões de telas

As telas do sistema supervisório seguiram o padrão estabelecidos no desenvolvimento do projeto executivo compatibilizado com todos os subsistemas envolvidos as figuras 29, a 32 mostram as principais telas:

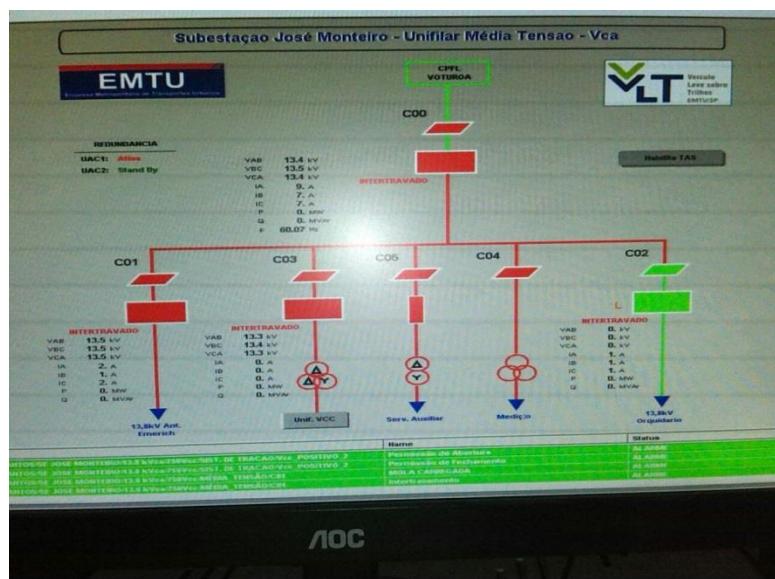


Figura 29: Tela local subestação retificadora VLT Santos (Media Tensão) ref. Projeto executivo Vlt Santos

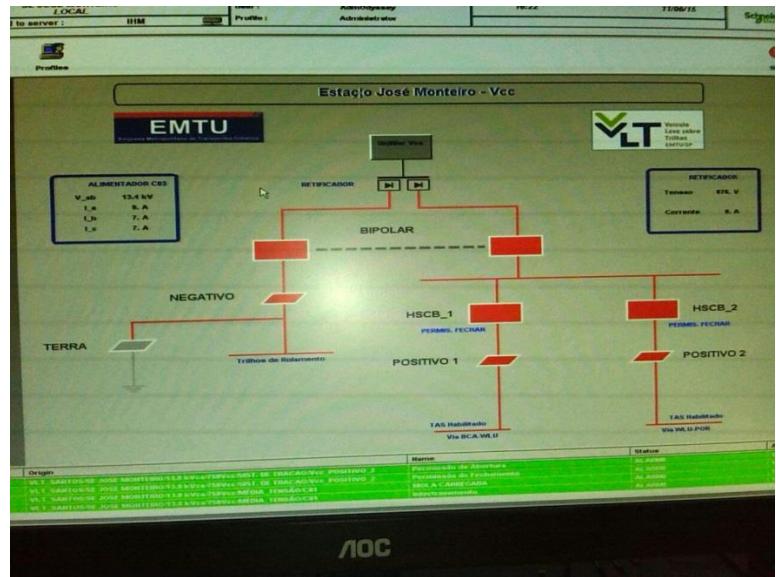


Figura 30: Tela local subestação retificadora VLT Santos (Tração) ref. Projeto executivo Vlt Santos

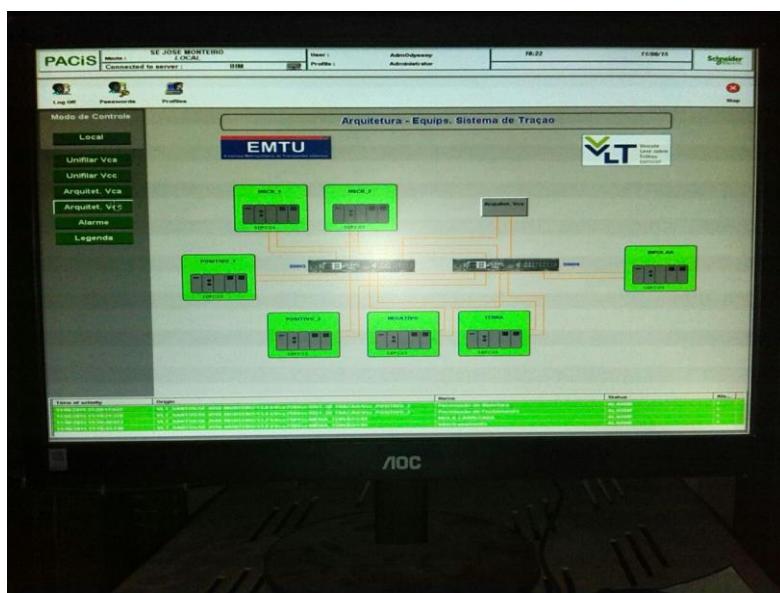


Figura 31: Tela local subestação retificadora VLT Santos (Comunicação) ref. Projeto executivo Vlt Santos

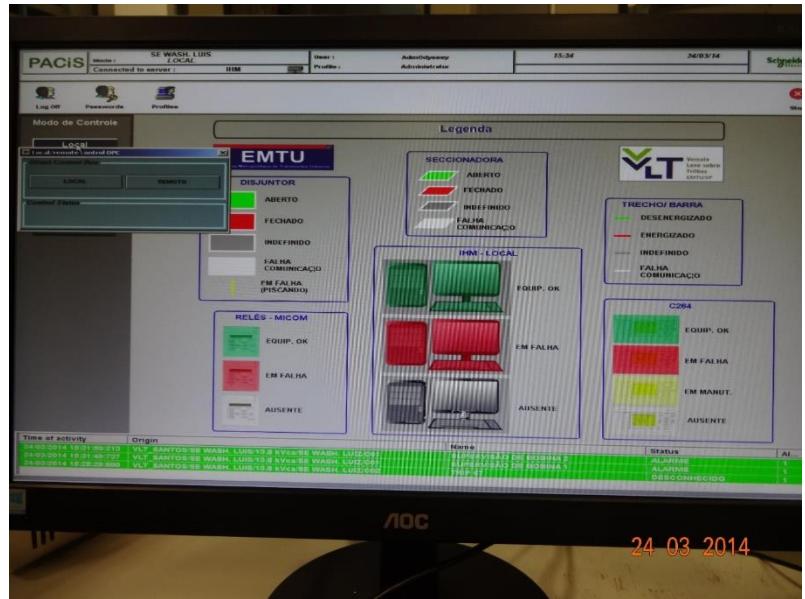


Figura 32: Tela local subestação retificadora VLT Santos (Legenda) ref. Projeto executivo Vlt Santos

#### 4.3.3 Redes de operação

Os subsistemas são interconectados por redes de comunicação adaptadas aos requisitos funcionais (banda passante, tempos de transferência, etc.) de cada nível da hierarquia do sistema de supervisão e controle. Na arquitetura são identificados os seguintes subsistemas e redes, que são detalhados a seguir:

#### **Rede de supervisão e operação**

A rede de supervisão e operação é integrada através do protocolo IEC 61850. Dão suporte para esta rede estruturas de switches, cordões de fibra óptica e cabos ethernet. A topologia desta rede está de acordo com a arquitetura apresentada neste trabalho

### ***Rede de sincronização de tempo***

A sincronização no SPCS tem como objetivo manter todos os componentes da arquitetura em uma mesma base de tempo de forma a preservar a cronologia de eventos detectados e datados em componentes distintos. A resolução é a capacidade de discriminar ocorrência de eventos com diferenças de 1 milissegundo e a precisão corresponde ao desvio máximo entre origens de datação com relação a um tempo de referência.

#### ***4.3.4 Sistema de controle***

A filosofia de controle adotada conta com unidades de controle e proteção redundantes. As UACs de controle (C264) e os IEDs de proteção (Reles MICOM) estarão interligados por uma rede de fibra ótica em estrela utilizando protocolos mapeados na norma IEC 61850, com a unidade principal ligada a um switch e a unidade secundária ou retaguarda a outro switch. Ambos os switches estarão interligados. .

#### ***4.3.5 Transferência automática de setores***

A Transferência Automática de Setores ocorrerá nos setores a seguir da seguinte forma:

##### ***4.3.5.1 Condições operacionais***

A seguir são mostradas as condições operacionais estabelecidas pela Emtu para o desenvolvimento do projeto elétrico / fornecimento de materiais e equipamentos e consequentemente o desenvolvimento do projeto e fornecimento de equipamentos para a realização do sistema de supervisão e controle de energia de subestações retificadoras do VLT Santos

#### 4.3.5.1.1 CON- Condição Operação Normal

A Condição Operação Normal compreende todas as fontes da CPFL disponíveis e cada setor elétrico opera de forma isolada como segue:

Tabela 1: Condição operacional Normal ref. projeto executivo Vlt Santos

<b>Fonte Primária 13,8 kV Estações</b>	<b>Subestações VLT</b>
CPFL – Mario Brígido Setor Elétrico 1	Barreiros
	Mascarenhas de Moraes (Entrada da CPFL em 13.8kV)
	Antônio Emerich
CPFL – Voturoá Setor Elétrico 2	José Monteiro (Entrada da CPFL em 13.8kV)
	Nossa senhora de Lourdes
CPFL – Boqueirão Setor Elétrico 3	Bernardino de Campos
	Washington Luís (Entrada da CPFL em 13.8kV)
	Porto
	Pátio de Manutenção (somente auxiliar)

#### 4.3.5.1.2 COE1 – Condição Operacional de Emergência 1

A Condição Operacional de Emergência 1 compreende o alimentador da CPFL Mario Brígido fora de operação, conforme descrito no sistema TAS da EMTU, o Setor Elétrico 1 alimentado pelo Setor Elétrico 2, o Setor Elétrico 3 opera de forma isolada como segue:

Tabela2: Condição operacional Emergência 01 ref. projeto executivo Vlt Santos

<b>Fonte Primária 13,8 kV Estações</b>	<b>Subestações VLT</b>
CPFL – Mario Brígido Setor Elétrico 1	Fora de Operação
CPFL – Votuorá Setor Elétrico 2	Barreiros
	Mascarenhas de Moraes
	Antônio Emerich
	José Monteiro (Entrada da CPFL em 13.8kV)
	Nossa senhora de Lourdes
CPFL – Boqueirão Setor Elétrico 3	Bernardino de Campos
	Washington Luís (Entrada da CPFL em 13.8kV)
	Porto
	Pátio de Manutenção (somente auxiliar)

#### 4.3.5.1.3 COE2 – Condição Operacional de Emergência 2

A Condição Operacional de Emergência 2 compreende a Entrada CPFL Votuorá fora de operação, conforme descrito no sistema TAS da EMTU, o Setor Elétrico 2 alimentado pelo Setor Elétrico 1, o Setor Elétrico 3 opera de forma isolada como segue:

Tabela 3: Condição operacional Emergência 02 ref. projeto executivo Vlt Santos

<b>Fonte Primária 13,8 kV Estações</b>	<b>Subestações VLT</b>
CPFL – Mario Brígido Setor Elétrico 1	Barreiros
	Mascarenhas de Moraes (Entrada da CPFL em 13.8kV)
	Antônio Emerich
	José Monteiro
	Nossa senhora de Lourdes
CPFL – Voturoá Setor Elétrico 2	Fora de Operação
CPFL – Boqueirão Setor Elétrico 3	Bernardino de Campos
	Washington Luís (Entrada da CPFL em 13.8kV)
	Porto
	Pátio de Manutenção (somente auxiliar)

#### 4.3.5.1.4 COE3 – Condição Operacional de Emergência 3

A Condição Operacional de Emergência 3 compreende a Entrada CPFL Boqueirão fora de operação, conforme descrito no sistema TAS da EMTU, o Setor Elétrico 3 socorrido pelo setor elétrico 4. Devido a indisponibilidade do setor elétrico 4 na fase atual do projeto, simulado a alimentação do Setor Elétrico 3 através do Setor Elétrico 2, essa manobra só poderá ocorrer de forma não automatizada. A possibilidade desta operação deve ser autorizada pela EMTU. O Setor Elétrico 1 opera de forma isolada como segue:

Tabela 4: Condição operacional Emergência 03 ref. projeto executivo Vlt Santos

<b>Fonte Primária 13,8 kV Estações</b>	<b>Subestações VLT</b>
CPFL – Mario Brígido Setor Elétrico 1	Barreiros
	Mascarenhas de Moraes (Entrada da CPFL em 13.8kV)
	Antônio Emerich
CPFL – Voturoá Setor Elétrico 2	José Monteiro (Entrada da CPFL em 13.8kV)
	Nossa senhora de Lourdes
	Bernardino de Campos
	Washington Luís (Entrada da CPFL em 13.8kV)
	Porto
	Pátio de Manutenção (somente auxiliar)
CPFL – Boqueirão Setor Elétrico 3	Fora de Operação

## **5. Sistemas de proteção**

Os sistemas de proteção foram projetados de forma a eliminar qualquer tipo de defeito, com alta confiabilidade, velocidade e estabilidade, desligando com seletividade os disjuntores necessários ao isolamento do equipamento sob defeito, sem depender de proteção de retaguarda remota no sistema de transmissão.

Os sistemas de proteção e equipamentos associados atendem às normas de compatibilidade eletromagnética aplicáveis, nos graus de severidade adequados para instalação em subestações de Extra Alta Tensão e são adequados para operar nas instalações existentes e onde se espera uma considerável presença de surtos e interferências eletromagnéticas.

### **5.1. Objetivo**

Com base nos estudos de seletividade realizados que fornecem subsídios para a verificação da suportabilidade dinâmica e térmica dos equipamentos na ocorrência dos seguintes tipos de faltas:

- Trifásicas,
- Fase a terra,
- Dupla fase e
- Dupla fase a terra

nas barras de 13,8kV e 0,22kV e 0,645kV

Desta forma se defini os ajustes das proteções da subestação para proteção de todos os equipamentos e sistemas.

## *5.2. Condições operativas do sistema*

O sistema recebe a alimentação da concessionaria, em corrente alternada com tensão de 13,8kV, em 4 subestações que realizarão a distribuição através de um sistema em anel e alimentarão as subestações retificadoras do sistema VLT.

Das subestações retificadoras, a tensão de 13,8kV é rebaixada por um transformador para 645V, e através do retificador de tração, esta é retificada para corrente continua com tensão de 750V, que por sua vez alimentará o sistema de tração.

Em condições de indisponibilidade de uma das quatro alimentações da CPFL, é previsto um sistema TAS – Transferência Automática de Setores, que realizará através do sistema em anel a alimentação da subestação.

As condições operacionais ocorrerão conforme segue:

- O setor elétrico 1 (CPFL - Mario Brígido) socorrerá a carga máxima do setor elétrico 2 (CPFL – Voturoá) quando da perda desta fonte e vice-versa;
- O setor elétrico 3 (CPFL - Boqueirão) socorrerá a carga máxima do setor elétrico 4 (CPFL – Futuro – extensão da linha para Valongo) quando da perda desta fonte e vice-versa;
- O setor elétrico 3 também poderá socorrer o Pátio Porto porém o inverso NUNCA poderá ocorrer. A contratada deve prever um sistema de intertravamento entre os disjuntores.
- O socorro entre os setores elétrico 2 (CPFL – Voturoá) e 3 (CPFL - Boqueirão) não poderão ser interligados automaticamente quando a falta de uma destas.

### 5.3. Diagrama Unifilar Simplificado

#### 5.3.1 Setor 1

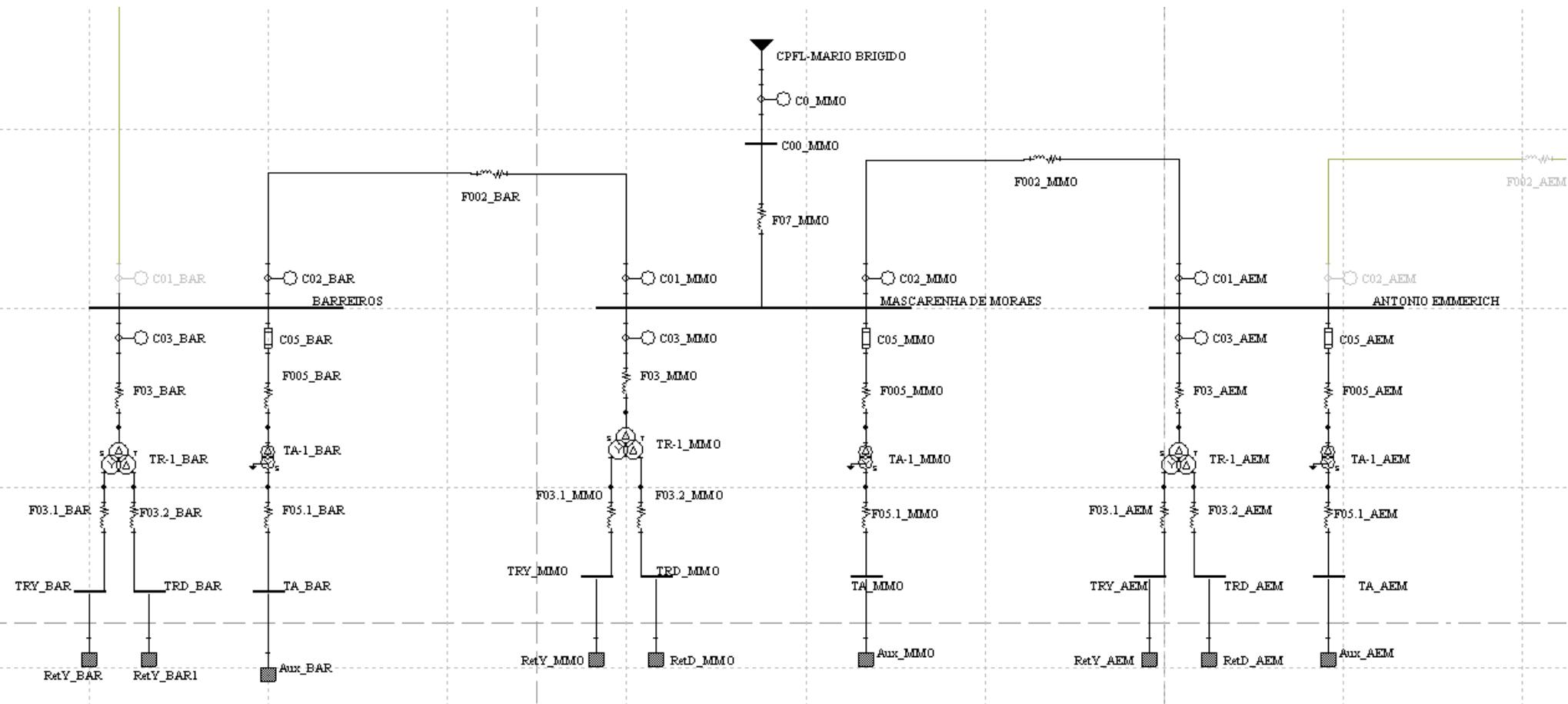


Figura 33: Diagrama Unifilar Setor 01

### 5.3.2 Setor 2

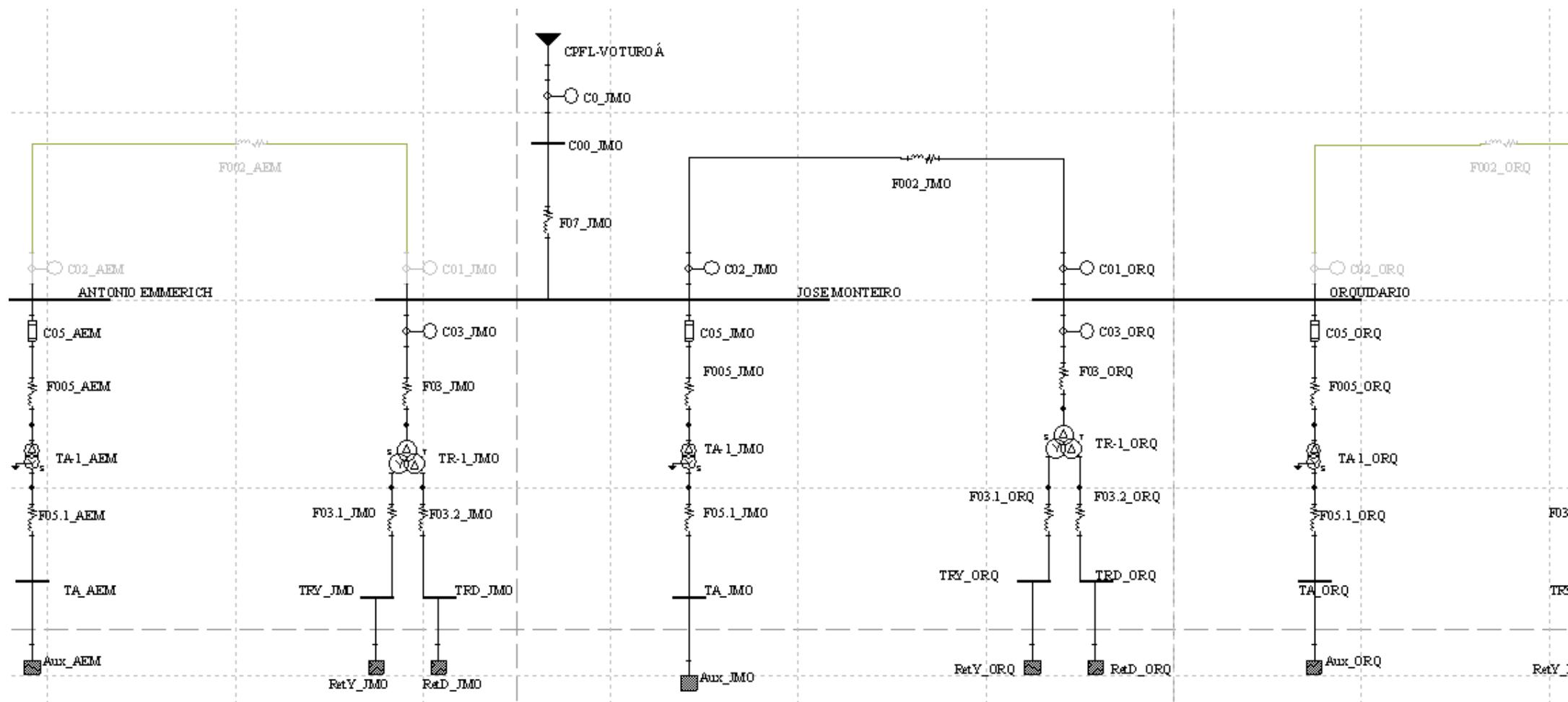


Figura 34: Diagrama Unifilar Setor 02

### 5.3.3 Setor 3

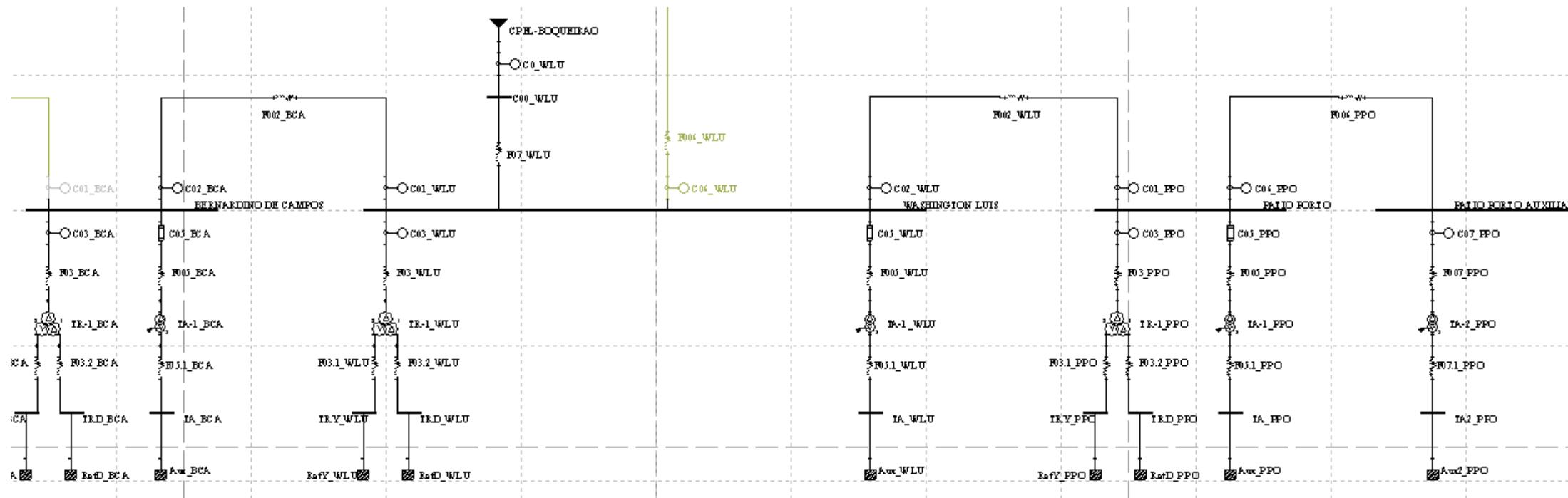


Figura 35: Diagrama Unifilar Setor 03

### 5.3.4 Setor 4

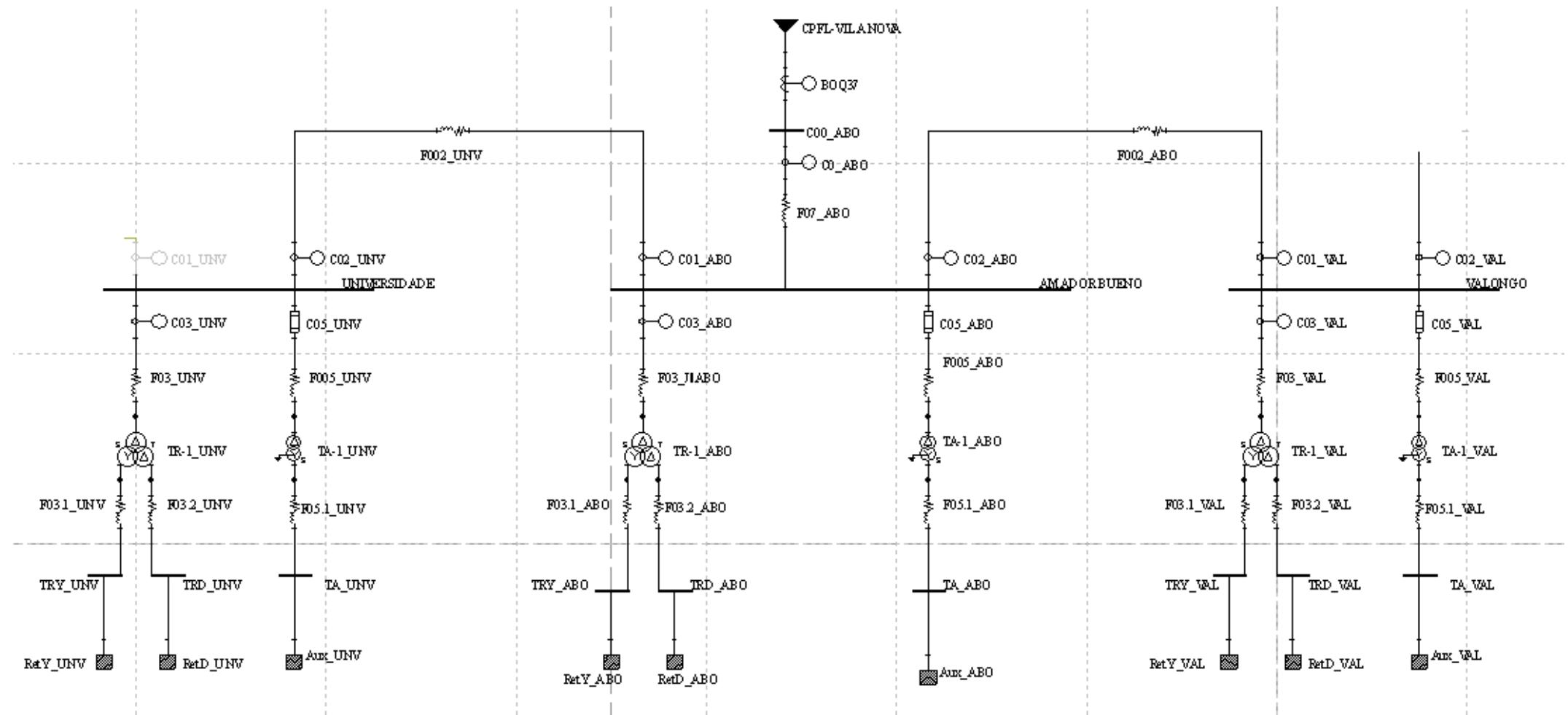


Figura 36: Diagrama Unifilar Setor 04

#### *5.4. Critérios de projetos adotados LTS de 13,8 KV*

São utilizados um rele biestáveis para bloqueio de fechamento, a saber:

- 86B – instalado no painel de linha
- Bloqueio devido à atuação das proteções de linha;
- Bloqueio devido à falha de disjuntores adjacentes;
- Bloqueio devido à atuação da proteção de barra setor 13,8.

Os sinais de TRIP dos relés de proteção são multiplicados através de relés auxiliares rápidos de disparo. Não são considerados reles lentos em paralelo para os disparos.

Existe apenas 1 rele lento de maior capacidade de interrupção dos contatos apenas na função de retrip.

#### *5.5. Tipos de sistemas de proteção utilizados no projeto*

Os Sistemas de Proteção são classificados em função da sua aplicação, conforme os subitens a seguir.

##### ***Sistema de proteção para entrada/saída (13,8kV)***

O sistema de proteção é constituído por uma unidade digital P132, responsável por realizar a proteção da linha de transmissão, proteção contra falha do disjuntor e sincronismo para fechamento manual em emergência, caso necessário e aquisição para oscilografia.

O Tranfer Trip detalhando no item “4.4 Condições operacionais” transmitido através dos relés de proteção via mensagem GOOSE.

As proteções a serem utilizadas são de Direcional de Sobrecorrente 67 e Transfer Trip 85.

Descrição dos Equipamentos:

- **01 Unidade de Proteção (UPD)**
  - Fabricante: Schneider Electric
  - Modelo: Micom P132
  - Cortec: P132 84940H4RC0AN00

### ***Sistema de proteção para saída retificadora tração***

O sistema de proteção é constituído por uma unidade digital P132, responsável por realizar a proteção do sistema de Tração do lado de 13,8kV, proteção contra falha do disjuntor e sincronismo para fechamento manual em emergência, caso necessário e aquisição para oscilografia.

As proteções utilizadas são de Sobrecorrente 50/51, 50/51N e Sobretensão 49.

Descrição dos Equipamentos:

- **01 Unidade de Proteção (UPD)**
  - Fabricante: Schneider Electric
  - Modelo: Micom P132
  - Cortec: P132 84940H4RC0AN00

### ***Sistema de proteção de barras***

O sistema de proteção é constituído por uma unidade digital P132 e duas unidades P793, responsável por realizar a proteção da Barra, proteção contra falha do disjuntor e aquisição para oscilografia.

As proteções a serem utilizadas são de Diferencial de Barras 87B

Descrição dos Equipamentos:

- **01 Unidade de Proteção (UPD)**
  - Fabricante: Schneider Electric
  - Modelo: Micom P132
  - Cortec: P132 84940H4RC0AN00 / P793 AH0E2

### ***Sistema de proteção para entrada CPFL***

O sistema de proteção é constituído por uma unidade digital P132, responsável por realizar a proteção da linha de transmissão, proteção contra falha do disjuntor e sincronismo para fechamento manual em emergência, caso necessário e aquisição para oscilografia.

As proteções a serem utilizadas são de Sobrecorrente 50/51, 50/51N.

Descrição dos Equipamentos:

- **01 Unidade de Proteção (UPD)**
  - Fabricante: Schneider Electric
  - Modelo: Micom P132
  - Cortec: P132 84940H4RC0AN00

### ***Sistema de proteção para transição de barras***

O sistema de proteção constituído por uma unidade digital P132, responsável por realizar a proteção da linha de transmissão, proteção contra falha do disjuntor e sincronismo para fechamento manual em emergência, caso necessário e aquisição para oscilografia.

As proteções utilizadas são de Sobrecorrente 50/51, 50/51N.

Descrição dos Equipamentos:

- **01 Unidade de Proteção (UPD)**
  - Fabricante: Schneider Electric
  - Modelo: Micom P132
  - Cortec: P132 84940H4RC0AN00

### ***Sistema de proteção para serviços auxiliares***

O sistema de proteção constituído por uma unidade digital P132, responsável por realizar a proteção da linha de transmissão, proteção contra falha do disjuntor e

sincronismo para fechamento manual em emergência, caso necessário e aquisição para oscilografia.

As proteções a serem utilizadas são de Sobrecorrente 50/51, 50/51N.

## 6. Conclusão

Com a conclusão do projeto e trabalho foi demonstrado e comprovado na prática todas as vantagens e facilidades de um sistema de energia totalmente concebido em IEC 61850 sendo o primeiro a ser implantado na área metroferroviária num Veículo Leve sobre trilhos que é o primeiro a estar em operação no Brasil se destaca os principais pontos

- É uns sistemas de comunicação de alta velocidade baseados na Ethernet, com total redundância;
- Interoperabilidade de equipamentos de diferentes fabricantes;
- Redução significativa na quantidade de cabos de controle a serem utilizados, facilitando o comissionamento e reduzindo a probabilidade de falhas;
- Alta confiabilidade e disponibilidade do sistema com um projetos mais simples e arquitetura mais eficiente;
- A obsolescência não mais representa um problema a curto prazo, e qualquer atualização é feita sem que se tenha nenhum transtorno com por ex paralisação da operação;
- Facilidade na expansão do sistema.
- A padronização dos projetos e esquemas lógicos, o uso de mensagens GOOSE via protocolo IEC 61850 e os testes realizados previamente na época de inspeção em fábrica propiciaram uma redução de 40% no tempo de comissionamento do sistema de automação de cada subestação.
- O uso de mensagens GOOSE via protocolo IEC 61850 reduziu o volume de cabos de cobre utilizados em 50%, quando comparado às soluções tradicionais.
- O acesso remoto da engenharia e a aquisição automática da oscilografia contribuem para uma rápida análise e tomada de decisão.
- O protocolo utilizado no meio de transmissão para o CCO foi o IEC 104
- O monitoramento dos equipamentos permite que a manutenção seja feita de forma mais inteligente e econômica.

Se fazendo uma comparação com as demais filosofias existentes citadas no item estado da arte a supervisão monitoração e controle de uma subestação com a filosofia de arquitetura de rede usando a IEC 61850 tem como características principais:

Assim Se evidenciou que este tipo de arquitetura/ filosofia é superior a qualquer tecnologia existente pois se trabalha com tecnologia que está em constante evolução proporcionando ganhos em todas as etapas de projeto, implantação, comissionamento, operação e manutenção. além de ser resolver problemas de redundância de comunicação de canais de IED's de tração que é usual na área metroferroviária

Estes fatores propiciam um retorno rápido de investimento , uma operação com elevado grau de confiabilidade e ampliações do sistema sem limitações

## 7. Bibliografia

**ALMEIDA, Maria Lúcia Pacheco de.** Como elaborar monografias. 4.ed. Belém/PA: Cejup, 1996.

**FEITOSA, Vera Cristina.** Redação de textos científicos. 2.ed. Campinas/SP: Papirus, 1995.

**CONSORCIO VLT RMBS.** Projeto Executivo Sistemas de Energia Vlt Santos. São Paulo: 2015.

**EMPRESA METROPOLITNA DE TRANSPORTES URBANOS,** Edital de Concorrência CO005/2012 VLT Santos, São Paulo, 2012.

**NICHOLAS C. SEELEY** .Automation At Protection Speed 61850 Goose. 2008 disponível em <https://www.selinc.com/.../DownloadAsset.aspx?id>. Acesso em julho de 2015

**Edital de concorrência 2015 CONCORRÊNCIA Nº 64384213** prestação de serviços de modernização do sistema supervisório e telecomando da subestação primária barra funda.

**Edital de concorrência 2013 CO 2013-8345130011 Prestação de serviços de Engenharia para Elaboração de Projeto e Implantação do Sistema de Energia de Tração, da Linha 13- Jade da CPTM**

### Normas:

- NBR 7116 - Relés elétricos - Ensaios de isolamento
- NBR IEC 60529 – Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos
- IEC 60255 - Measuring relays and protection equipment
- IEC 60297 - Mechanical structures for electronic equipment
- IEC 60834 - Teleprotection equipment of power systems
- IEC 60870 - Telecontrol equipment and systems
- IEC 60917 - Modular order for the development of mechanical structures for electronic equipment practices
- IEC 61131 - Programmable controllers
- IEC 61140 - Protection against electric shock - Common aspects for installationand equipment
- IEC 61508 - Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
- IEC 61587 - Mechanical structures for electronic equipment - Tests for
- IEC 60917 and IEC 60297
- IEC 61850 - Communication networks and systems in substations
- IEC 62351 - Power systems management and associated information exchange - Data and communications security

## **8. ANEXO I OPERAÇÃO**

### **PACIS OI**

Nos itens a seguir são apresentadas as funcionalidades do software supervisório e suas configurações conforme particularidades do projeto.

#### **Conceitos básicos**

O pacote do supervisório PACIS OI divide-se em duas partes:

#### **OI Client**

Deve ser inicializado após a inicialização do OI Server, através do ícone na área de trabalho.



PACIS OI Client

Suas principais funções são:

- Visualização e interação com as telas;
- Interface com OI Server.

#### **OI Server**

Software a ser aberto para supervisão, não tem interface gráfica.



PACIS OI Server

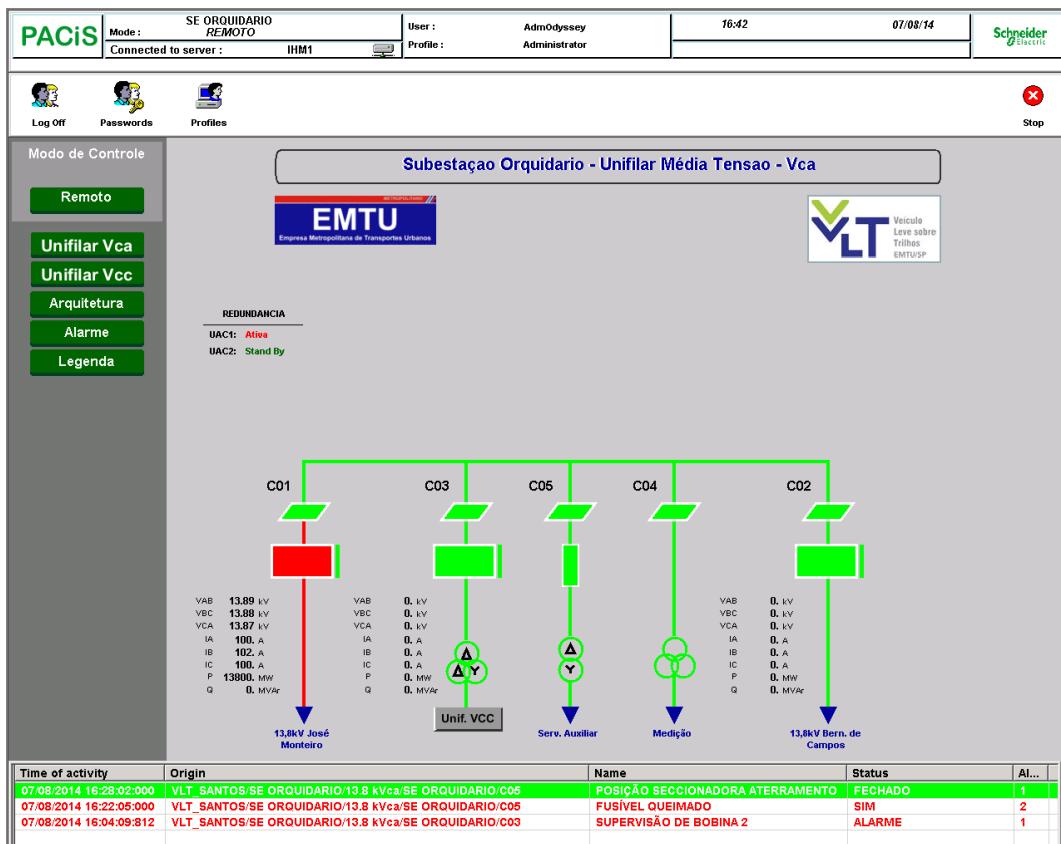
Acessando o ícone na área de trabalho, após inicializado aparecerá outro ícone, indicando que o OI Server está ativo, na barra de tarefas do Windows ao lado do relógio.

Suas principais funções são:

- Aquisição de sinais;
- Geração e Alarmes de eventos;
- Aquisição de arquivos (BD);
- Processamento de dados

### **Visão geral do sistema e tela inicial**

Tela completa da IHM e com a inicial (unifilar Vca).



## **Barras e telas padrão**

Abaixo são demonstradas as telas padrões do software, como a de login, status de comunicação e etc. E indicam funcionalidades não configuráveis, mas que possibilitam a operação das demais.

### **Barra de título**

Primeira barra superior na tela da IHM.



Apresenta as seguintes informações:

Mode : SE ORQUIDARIO FORCED LOCAL	Mostrar o nome da subestação e o modo de operação da mesma (local/ remoto).
Connected to server : IHM1	Mostra o nome do OI Server ativo e indica o status de comunicação entre OI Server e a rede SBUS. (conectado  e desconectado ). Também indica falha de comunicação entre OI Sever e OI Client
User : AdminOdyssey Profile : Administrator	Mostra o usuário logado ao OI Client e seu perfil.
16:06 05/08/14	Data e hora do sistema
PACiS	Logo do Produto e Logo da Schneider-Electric

## **Barra de ferramentas**

Segunda tela superior da IHM, apresenta as seguintes informações:



 <b>Log On</b>	Botão de Logon / Logoff
 <b>Passwords</b>	Possibilita a alteração da senha do usuário logado. Está sujeito a direitos de perfil.
 <b>Profiles</b>	Permite o gerenciamento de perfis de usuários.
 <b>Stop</b>	Fechá o OI Client.

## **Área de visualização**

Nesta área poderão ser visualizadas as telas configuradas e se dividem em duas partes, que são:

- Área de navegação;
- Barra de navegação;

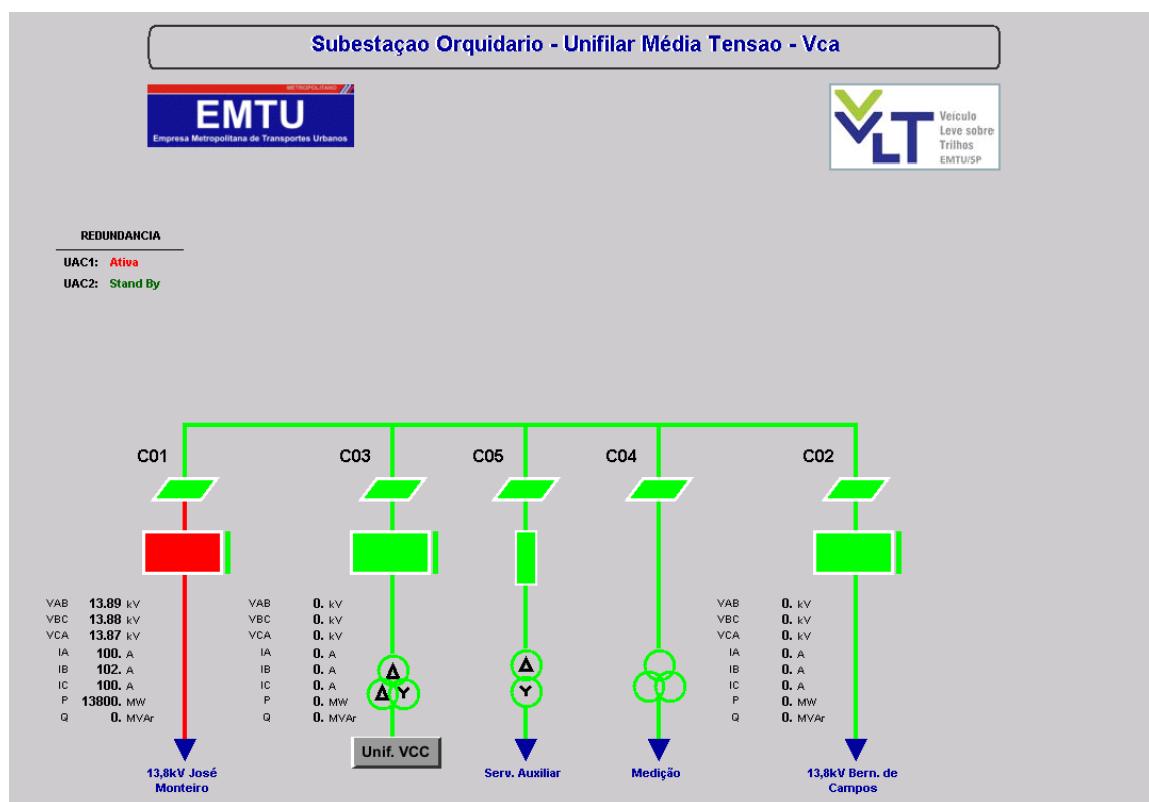
## **Áreas de navegação**

Área onde aparecerá as telas configuradas no software SCE e que indicam os estados dos pontos monitorados pelos equipamentos de campo, como por exemplo: posição do disjuntor, grandezas analógicas (V, A, W e etc.), status de comunicação dos IEDs e etc.

Abaixo iremos apresentá-las junto com suas características de operação.

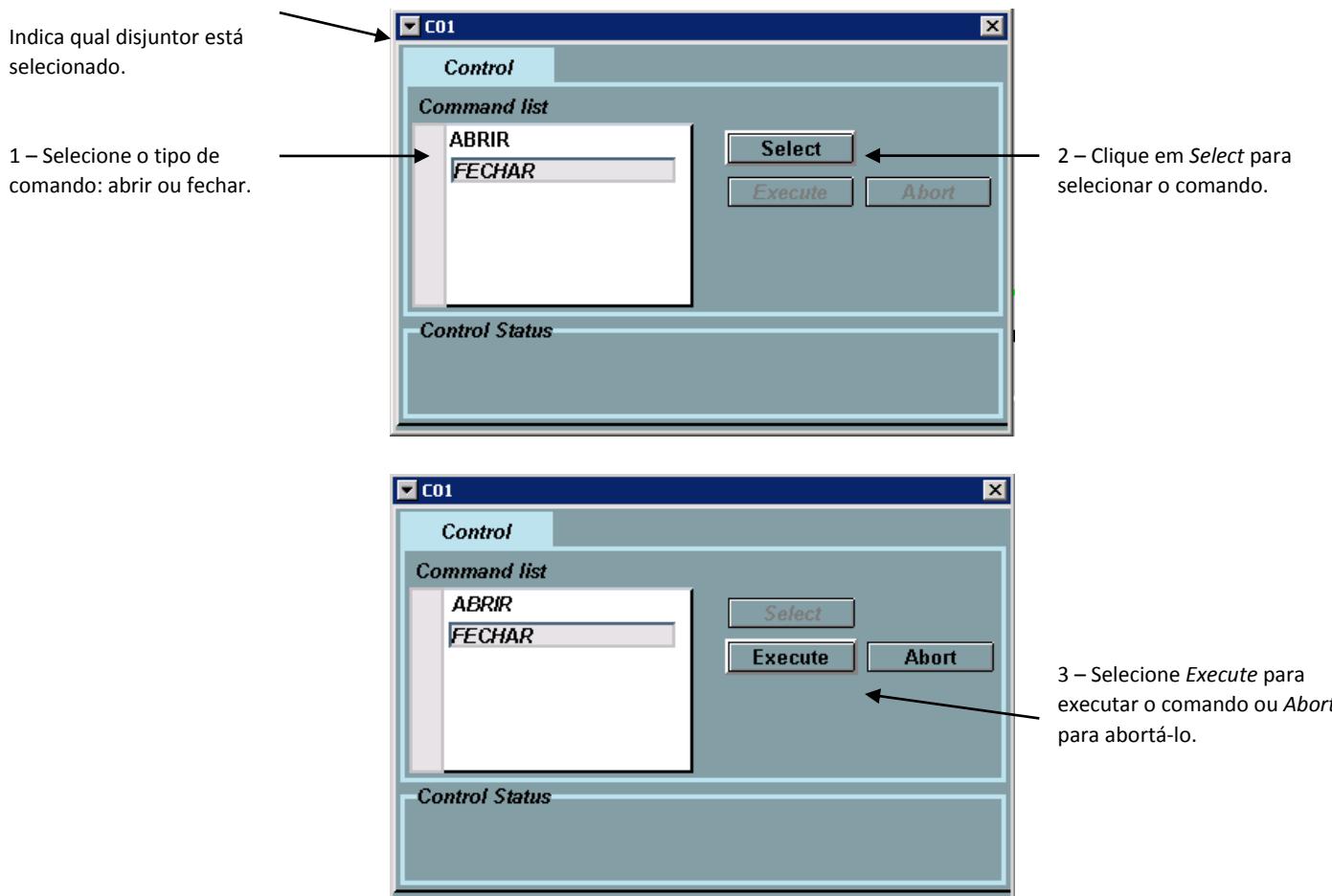
## Unifilar do sistema Vca

Esta é a tela inicial da IHM após a inicialização. Apresenta os estados e comandos dos disjuntores, das seccionadoras, valores das medições analógicas (tensão entre fases, corrente por fase, potência ativa e reativa), estado da redundância da C264, botão link para unifilar do sistema tração (Vcc).



## Operação:

Comandos – todos os disjuntores apresentados nesta tela podem ser comandados, basta que operador esteja logado na IHM, selecione o equipamento e confirme o comando de abrir ou fechar.

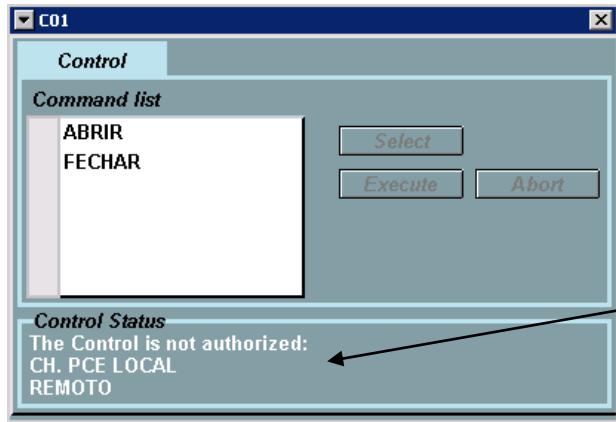


Para abrir ou fechar o disjuntor desejado é necessário respeitar os níveis hierárquicos de local/ remoto do equipamento no pátio, do IED que o controla e da IHM (subestação).

Para comando através da IHM Pacis Oi o disjuntor e o IED devem estar em REMOTO, já a IHM (subestação) deve estar em LOCAL.

Os comandos destes disjuntores estão configurados como Select Before Operate (SBO), trata-se de um comando que deve ser selecionado e em seguida confirmado. Após a seleção o operador terá 10 segundos para executá-lo, após este tempo sem execução o comando é abortado automaticamente.

Caso tenha alguma condição que bloqueia o comando do disjuntor, aparecerá na área conforme indicado na figura a seguir.



Nesta área indicado o ponto que está impedindo o comando.

### **Unifilar do Sistema Vcc (tração)**

Nesta tela são apresentadas as informações do sistema elétrico de tração (Vcc). É possível comandar os disjuntores e seccionadoras, além de visualizar seus estados (posições), e as medições analógicas dos 2 retificadores. Para acessar tela pode ser feito pelo botão tela apresentada anteriormente, ou pela barra de navegação que apresentada nos itens seguintes.

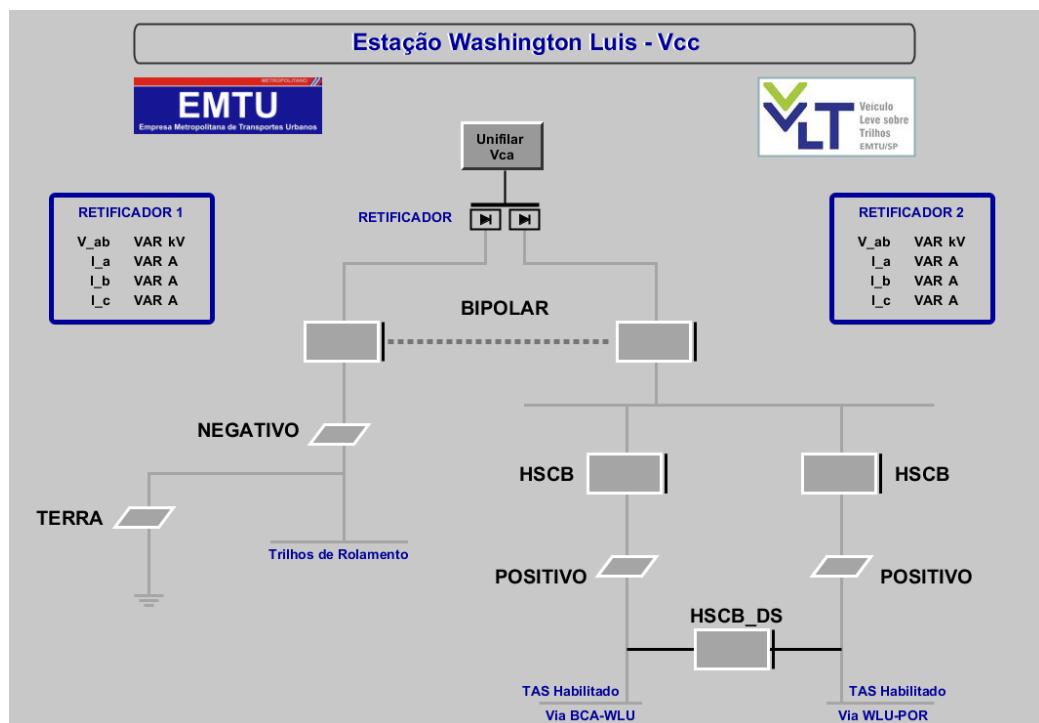


Figura 29 Tela local subestação retificadora VLT Santos (Media Tensão) ref. Projeto executivo Vlt Santos

Para comando nesta tela, o operador deverá seguir os mesmos passos do item 2.3.3.1.1 deste mesmo documento.

### ***Arquitetura***

Conforme mostrado na figura abaixo, apresentado nesta tela a arquitetura do sistema dos equipamentos de média tensão (Vca). São mostrados os estados de comunicação no sistema de cada IED e IHM. Além do status da redundância das C264.

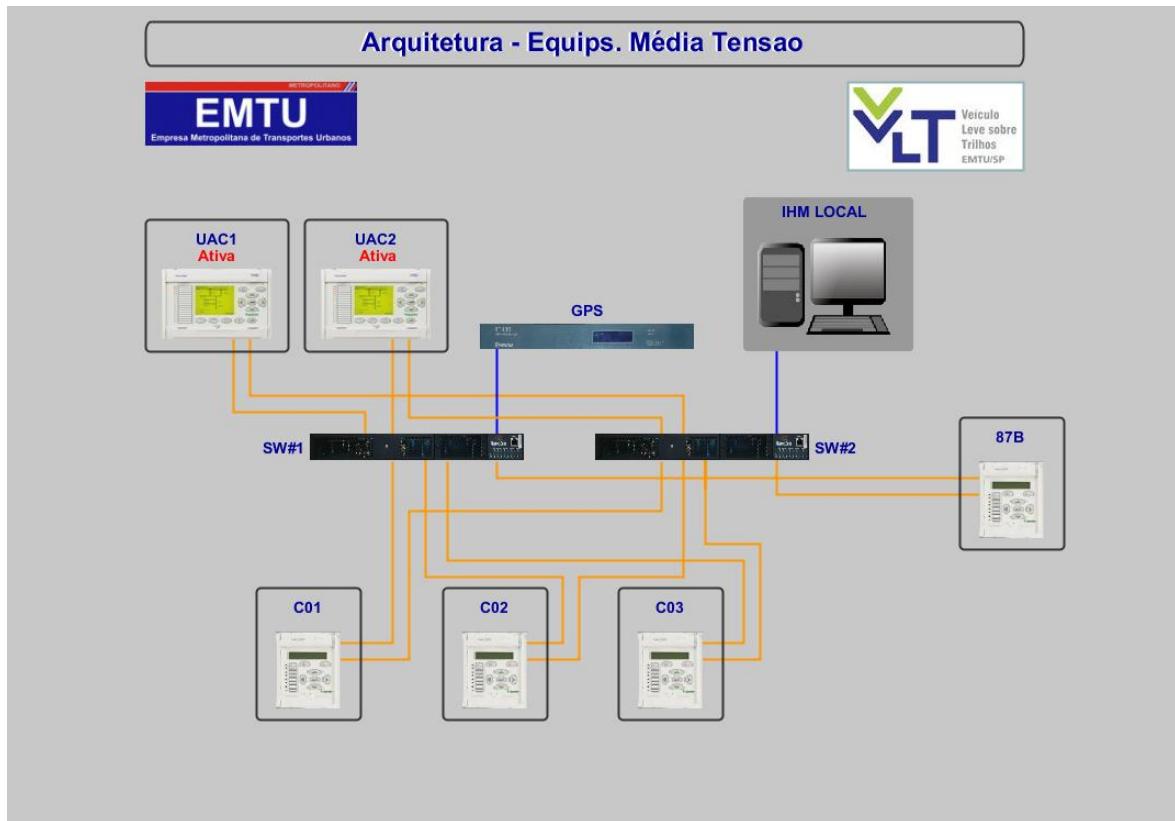


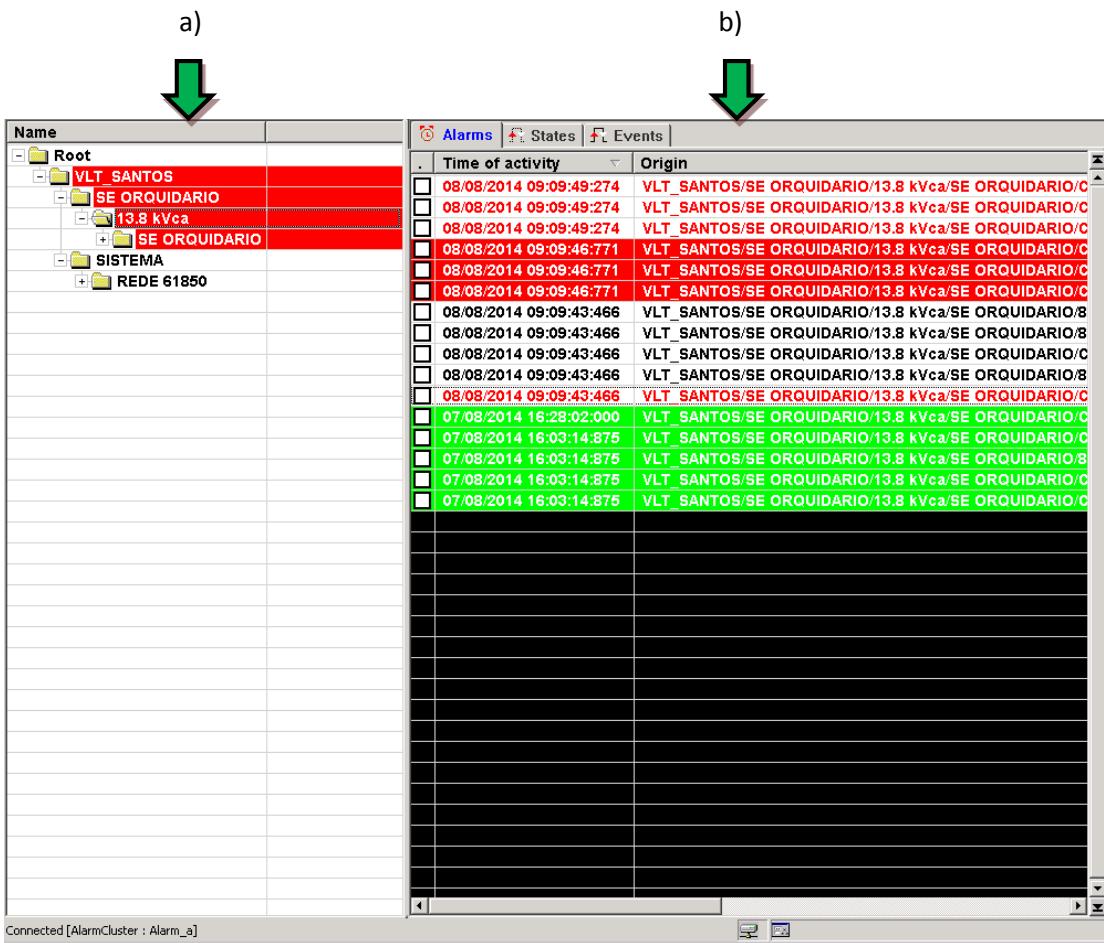
Figura 30 Tela local subestação retificadora VLT Santos (Comunicação) ref. Projeto executivo Vlt Santos

## **Alarmes, Estados e Eventos**

A tela de alarmes é dividida em duas partes:

- a) primeira se encontra a árvore de acesso aos itens e subitens de acordo com a configuração do sistema
- b) a segunda onde se visualiza os alarmes, estados e eventos do nível seccionado na árvore

Ambas estão identificadas na figura a seguir.



A segunda divisão (b) também subdivida em 3 partes: Alarms, States e Events.

Na aba Alarms, teremos os alarmes conforme definido e configurados na BD do SCE. Estes alarmes podem ser selecionados, reconhecidos e limpos. Além de organizados de acordo com suas características (estampa de tempo de inicialização do alarme, nível de alarme, nome e se ainda está ativo).

Os alarmes podem ser distinguidos em 4 arranjos de cores que identificaram o estado do alarme, são elas:

<input type="checkbox"/> 08/08/2014 09:09:46:771   VLT_SANTOS/SE ORQUIDARIO/13.8 kVca/SE ORQUIDARIO	Alarme ativo e não reconhecido
<input type="checkbox"/> 08/08/2014 09:09:49:274   VLT_SANTOS/SE ORQUIDARIO/13.8 kVca/SE ORQUIDARIO	Alarme ativo e reconhecido
<input type="checkbox"/> 07/08/2014 16:28:02:000   VLT_SANTOS/SE ORQUIDARIO/13.8 kVca/SE ORQUIDARIO	Alarme não ativo e não reconhecido
<input type="checkbox"/> 08/08/2014 09:09:43:466   VLT_SANTOS/SE ORQUIDARIO/13.8 kVca/SE ORQUIDARIO	Alarme não ativo e reconhecido

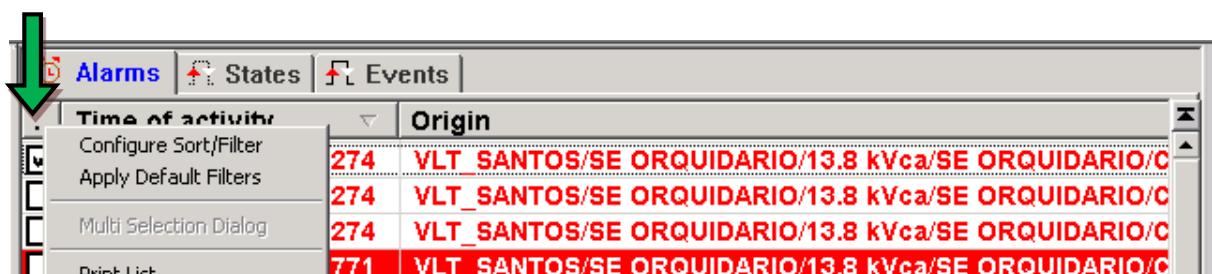
Para limpar um alarme da lista, é necessário que o ele esteja não ativo e reconhecido.

Para selecionar o alarme no check box basta um duplo clique,

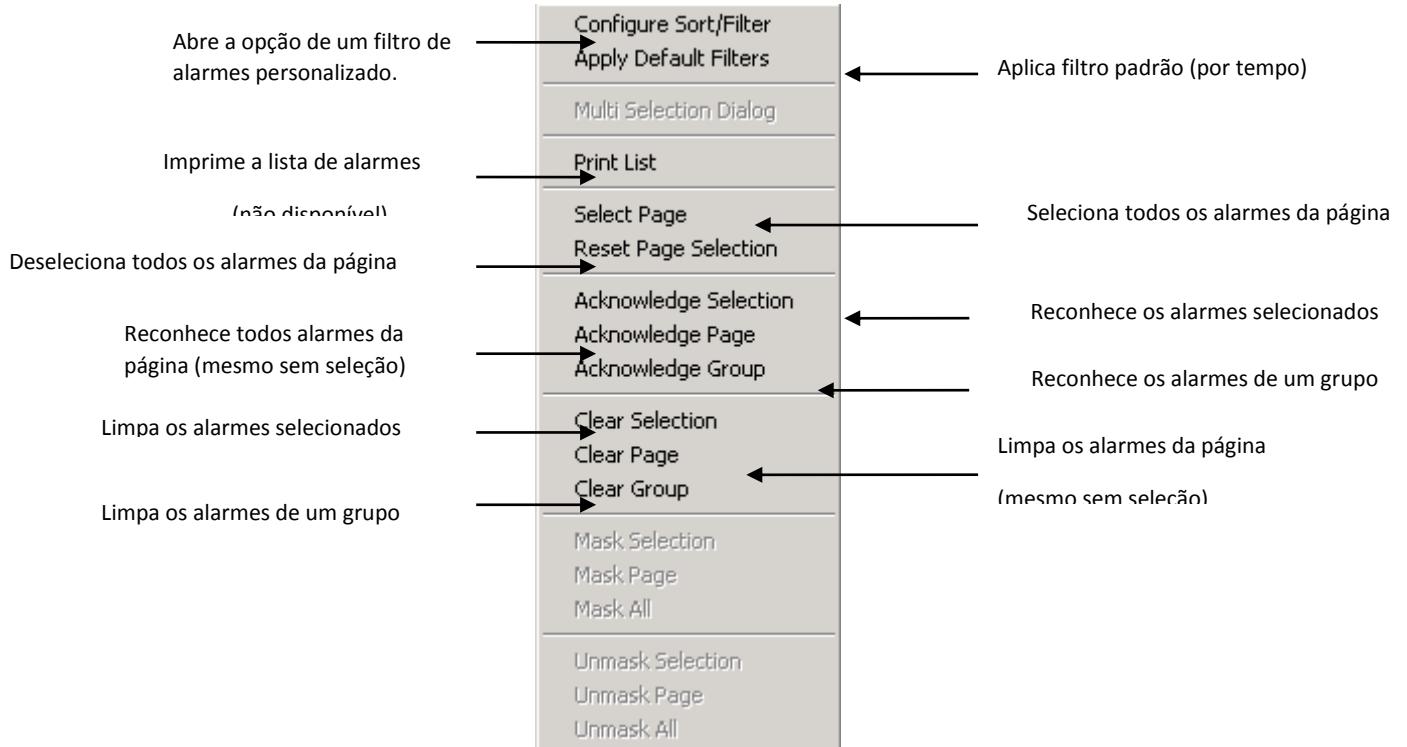
08/08/2014 09:09:49:274 | VLT\_SANTOS/SE ORQUIDARIO/13.8 kVca/SE ORQUIDARIO/C tal procedimento deve ser feito para que seja possível reconhecer e ou limpar um alarme.

Ao selecionar o alarme que deseja reconhecer ou limpar, basta um clique com o botão direito na barra acima do check box, conforme imagem.

Clique aqui com botão  
direito do mouse



O menu abaixo apresentado, a qual lhe permitirá utilizar as seguintes funções:



Na aba STATES da tela de alarmes, podemos verificar os estados dos pontos configurados no sistema, que segue a hierarquia da tela árvore.

Origem: Indica o caminho  
(mesmo da árvore)

Nome do  
ponto

Mensagem de  
estado do ponto

Connected [AlarmCluster : Alarm\_a]

Name	Alarms	States	Events
Root			
VLT_SANTOS			
SE ORQUIDARIO			
13.8 kVca			
SE ORQUIDARIO			
87B			
ANIMACOES			
C01			
C02			
C03			
C04			
C05			
GOOSE OUT			
Q3			
SISTEMA			
REDE 61850			
. T... Date	Origin	Name	State Message
08/08/2014 14:56:11:000	VLT_SA...	MOLA CARREGADA	ALARME
08/08/2014 14:55:55:000	VLT_SA...	SUPERVISÃO DE BOBINA 1	ALARME
08/08/2014 14:55:03:000	VLT_SA...	POSIÇÃO DO DISJUNTOR	FECHADO
! 07/08/2014 16:14:22:000	VLT_SA...	POTENCIA ATIVA	VÁLIDO 13800.
! 07/08/2014 16:13:59:000	VLT_SA...	CORRENTE FASE C	VÁLIDO 100.
! 07/08/2014 16:13:51:000	VLT_SA...	CORRENTE FASE B	VÁLIDO 102.
! 07/08/2014 16:13:44:000	VLT_SA...	CORRENTE FASE A	VÁLIDO 100.
! 07/08/2014 16:13:24:000	VLT_SA...	TENSÃO FASE BC	VÁLIDO 13.88
! 07/08/2014 16:13:17:000	VLT_SA...	TENSÃO FASE CA	VÁLIDO 13.87
! 07/08/2014 16:12:57:000	VLT_SA...	TENSÃO FASE AB	VÁLIDO 13.89
! 07/08/2014 16:09:44:000	VLT_SA...	CH. POSIÇÃO REMOTO	REMOTO
07/08/2014 16:08:16:000	VLT_SA...	POSIÇÃO DA SECCIONADORA	ABERTO
07/08/2014 16:03:14:875	VLT_SA...	WATHDOG	NORMAL
! 07/08/2014 16:02:52:875	VLT_SA...	POTENCIA REATIVA	VÁLIDO 0.
! 07/08/2014 16:02:52:765	VLT_SA...	TRIP DISJUNTOR	NORMAL
! 07/08/2014 16:02:52:765	VLT_SA...	TRIP 67T	NORMAL
! 07/08/2014 16:02:52:765	VLT_SA...	TRIP 67NT	NORMAL
! 07/08/2014 16:02:52:765	VLT_SA...	TRIP 67NI	NORMAL
! 07/08/2014 16:02:52:765	VLT_SA...	TRIP 67I	NORMAL
! 07/08/2014 16:02:52:765	VLT_SA...	TRIP 50BF	NORMAL
! 07/08/2014 16:02:52:765	VLT_SA...	SUPERVISÃO DE BOBINA 2	ALARME
! 07/08/2014 16:02:52:765	VLT_SA...	RESET BLOQUEIO-BOTÃO	NORMAL
! 07/08/2014 16:02:52:765	VLT_SA...	COMANDO LIGA LOCAL	NORMAL
! 07/08/2014 16:02:52:765	VLT_SA...	COMANDO DESLIGA LOCAL	NORMAL
! 07/08/2014 16:02:52:765	VLT_SA...	BLOQUEIO TRIP	NORMAL
* 07/08/2014 16:02:14:376	VLT_SA...	TENSÃO NOMINAL (GOOSE)	DESCONHECIDO
* 07/08/2014 16:02:14:376	VLT_SA...	SECCIONADORA FECHADA (GOOSE)	DESCONHECIDO
* 07/08/2014 16:02:14:376	VLT_SA...	SECCIONADORA ABERTA (GOOSE)	DESCONHECIDO
* 07/08/2014 16:02:14:376	VLT_SA...	DISJUNTOR FECHADO (GOOSE)	DESCONHECIDO

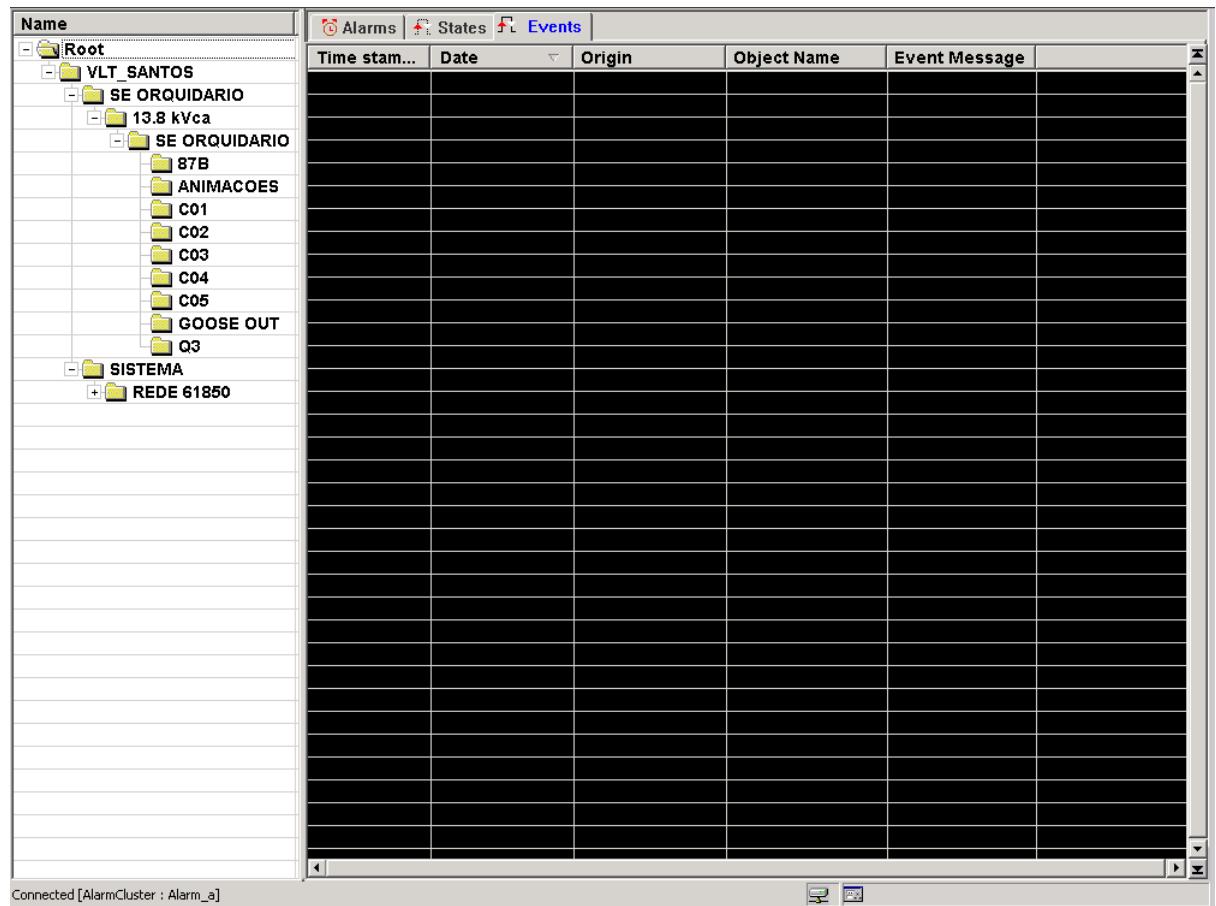
O texto da mensagem do estado do ponto, é configurado no SCE e segue a lista pontos acordada. Para consulta a mesma deve ser verificada.

Acessando a aba EVENTS onde se apresenta a sequência de eventos, os quais foram configurados. A ordem das mensagens pode ser reordenada de acordo com a necessidade, sendo por estampa de tempo, a padrão.

Origem: Indica o caminho  
(mesmo da árvore)

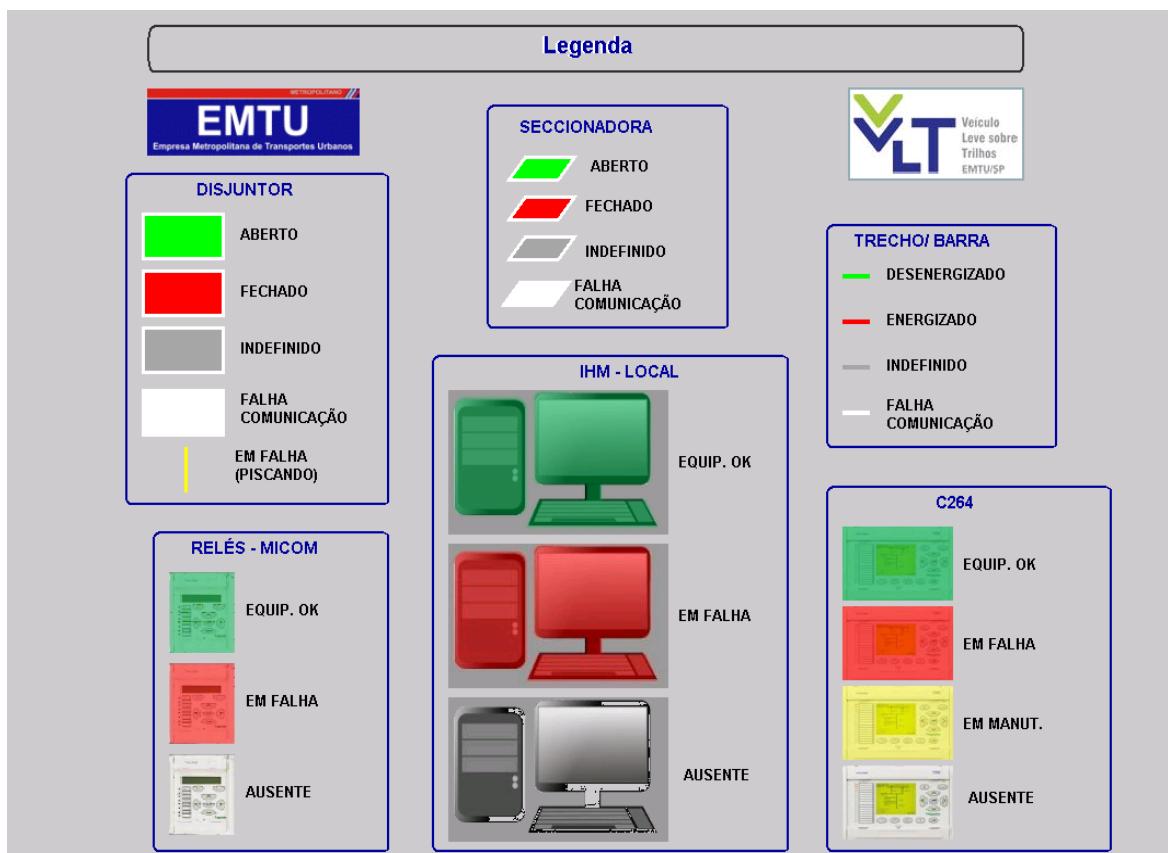
Nome do  
ponto

Mensagem de  
estado do ponto



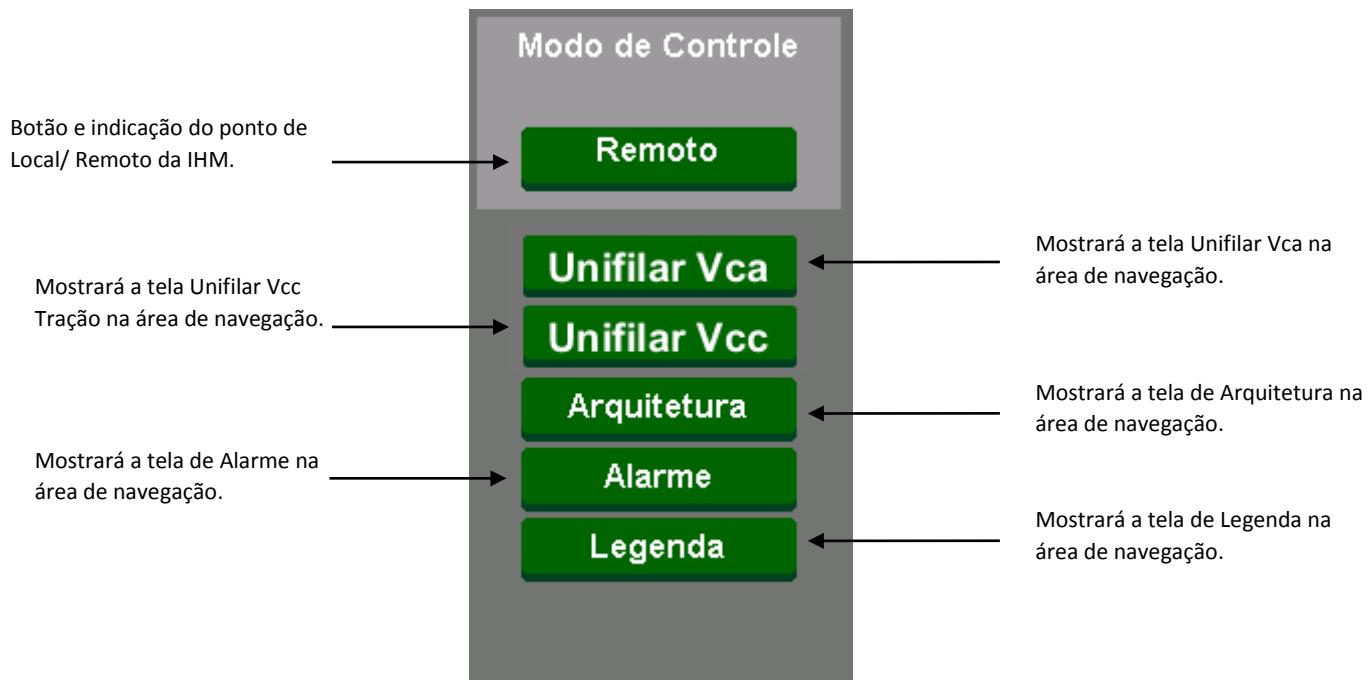
## Tela de Legenda

A função desta tela é mostrar todos os estados possíveis de uma animação e seu significado. Como mostra sua imagem abaixo, é autoexplicativa e pode ser consultada a qualquer momento no sistema.

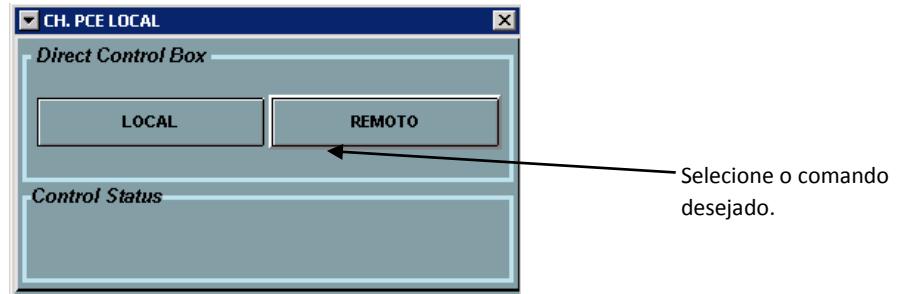


## Barra de Navegação

Situada do lado direito da tela de navegação, utilizada para visualização do estado do ponto local/ remoto da IHM e alternar entre as telas disponíveis na área de navegação.



O comando Local/ Remoto é um comando do tipo Direct Execute, ou seja, ao clicar na opção o mesmo irá atuar no mesmo momento. O pop-up a abrir é o mostrado na figura abaixo.



### **Barra de Alarmes**

Última barra inferior da tela da IHM, mostra os últimos 4 alarmes da lista de alarmes gerais. Respeita a formatação já apresentada no item 2.3.3.1.4 deste presente documento.

Não permite nenhuma ação em relação aos alarmes, apenas a simples visualização dos 4 últimos.

Time of activity	Origin	Name	Status	AI...
11/08/2014 14:06:16:031	VLT_SANTOS/SE ORQUIDARIO/13.8 KVca/SE ORQUIDARIO/C01	SUPERVISÃO DE BOBINA 2	ALARME	1
11/08/2014 14:06:16:031	VLT_SANTOS/SE ORQUIDARIO/13.8 KVca/SE ORQUIDARIO/C01	SUPERVISÃO DE BOBINA 1	ALARME	1
11/08/2014 14:06:16:031	VLT_SANTOS/SE ORQUIDARIO/13.8 KVca/SE ORQUIDARIO/C01	MOLA CARREGADA	ALARME	1

## **9. ANEXO II COMPONENTES**

### ***Subestação retificadora típico 1***

As estações que receberão a solução Típico 1 são:

- Subestação Retificadora Barreiros
- Subestação Retificadora Antônio Emmerick
- Subestação Retificadora Nossa Senhora de Lourdes
- Subestação Retificadora Bernardino de Campos
- Subestação Retificadora Universidade
- Subestação Retificadora Valongo

Compõem essa solução:

- 01 Painel IHM
- 02 Sistemas de Proteção para Entrada / Saída (13,8kV)
- 01 Sistema de Proteção para Saída Retificadora Tração
- 01 Sistema de Proteção de Barras

### ***Subestação retificadora típico 2***

As estações que receberão a solução Típico 2 são:

- Subestação Retificadora Mascarenhas de Moraes
- Subestação Retificadora José Monteiro
- Subestação Retificadora Amador Bueno

Compõem essa solução:

- 01 Painel IHM
- 02 Sistemas de Proteção para Entrada / Saída (13,8kV)
- 01 Sistema de Proteção para Saída Retificadora Tração

- 01 Sistema de Proteção de Barras
- 01 Sistema de Proteção para Entrada CPFL

### ***Subestação retificadora típico 3***

A Subestação Retificadora que receberá a solução Típico 3 é:

- Subestação Retificadora Washington Luís

Compõem essa solução:

- 01 Painel IHM
- 03 Sistemas de Proteção para Entrada / Saída (13,8kV)
- 01 Sistema de Proteção para Saída Retificadora Tração
- 01 Sistema de Proteção de Barras
- 01 Sistema de Proteção para Entrada CPFL

### ***Subestação retificadora típico 4***

A Subestação Retificadora que receberá a solução Típico 4 é:

- Subestação Retificadora Porto / Pátio de Manutenção

Compõem essa solução:

- 01 Painel IHM
- 01 Sistemas de Proteção para Entrada / Saída (13,8kV)
- 01 Sistema de Proteção para Saída Retificadora Tração
- 01 Sistema de Proteção de Barras
- 01 Sistema de Proteção para Entrada CPFL
- 02 Sistema de Proteção para Transição de Barras
- 01 Sistema de Proteção para Serviços Auxiliares
-

## **Painel de IHM**

Esse painel é constituído por:

- **02 Unidades de Controle (UAC)**

- Fabricante: Schneider Electric
- Modelo: Micom C264
- Cortec: MICOM C264C11I69501020220000S1110N00
- Funcionalidade: aquisição de medições analógicas e digitais, comunicação com o Sistema de Tração e transmissão de dados para o CCO. Processamento da lógica para fazer a Transferência Automática de Setores (TAS),

- **01 Servidor Pacis**

- Fabricante: Schneider Electric
- Modelo: Gabinete Industrial com 2U de altura, padrão 19"
- Funcionalidade: Responsável pela supervisão e controle local da Subestação Retificadora.

- **01 Monitor**

- Fabricante: LG
- Modelo: Monitor de Vídeo LCD 19"
- Funcionalidade: Visualização das telas de controle.

- **01 GPS**

- Fabricante: Reason
- Modelo: RT 430
- Funcionalidade: sincronismo de tempo dos equipamentos que compõem o SPCS.

- **02 Switches Ethernet**

- Fabricante: Garrettcom
- Modelo: 10KTR

- Cortec:10KTR-H+HSPM-H+10K2-2GSFP+10K2-F10ST+10K2-F10ST+10K2-F10ST+10K2-F10ST+10K2-F10ST+10K4-RJ45+2xSFP-ESX
- Funcionalidade: interligação entre os equipamentos do SPCS e o Sistema de Tração.